

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-  
Spezial und Si-Plast-Tray Systems**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms – Universität Münster

Vorgelegt von

Rose, Britta

aus Waren/ Müritz

2006

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms - Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. V. Arolt

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Ch. Runte

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. D. Dirksen

Tag der mündlichen Prüfung: 08.11.2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für zahnärztliche Prothetik  
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. F. Bollmann -  
Referent: Priv.-Doz. Dr. Ch. Runte  
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. D. Dirksen

## **Zusammenfassung**

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

Rose, Britta

Für die Totalprothesenherstellung existieren unterschiedliche Methoden. Der erste Arbeitsschritt ist aber immer die anatomische Abformung, bei der zwischen mundoffen und mundgeschlossen unterschieden wird. Letztere ermöglicht eine gleichzeitige orientierende Kieferrelationsbestimmung und damit eine Vereinfachung und Präzisierung der Folgeschritte.

Da für die mundgeschlossene Abformung verschiedene Systeme existieren, wirft sich die Frage der Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung auf. Anhand eines Vergleichs der Systeme *Ivotray-Spezial* (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und *Si-Plast-Tray* (Detax, Ettlingen, Deutschland) sollte dieser Aspekt in der hier vorliegenden Arbeit untersucht werden.

Zu diesem Zweck führten drei Behandler bei neun Probanden jeweils mit beiden Abformsystemen eine Situationsabformung sowie eine orientierende Kieferrelationsbestimmung durch. Mithilfe der Fotogrammetrie wurde die Relation der aus den Abformungen resultierenden Ober- und Unterkiefermodelle zueinander bestimmt und anschließend ausgewertet.

Das Ergebnis der Untersuchungen war ein signifikanter Unterschied zwischen den Abformsystemen. Bei dem System *Ivotray-Spezial* ist die Tendenz zu einer niedrigeren, bei dem *Si-Plast-Tray* System zu einer höheren resultierenden Bisshöhe festzustellen.

Tag der mündlichen Prüfung: 08.11.2006

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
1.1. Problematik und Aktualität totalprothetischer Versorgung	1
1.2. Die Bedeutung der Situationsabformung im Behandlungsablauf der Totalprothesenherstellung	2
1.3. Zielsetzung: Überprüfung der Reproduzierbarkeit und möglichen systembedingten Veränderungen der Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung mit Ivotray-Spezial und Si-Plast-Tray	3
<b>2. Literaturübersicht über die anatomische Abformung</b>	<b>5</b>
2.1. Die Bedeutung der Situationsabformung	5
2.2. Mundoffene Systeme – Definition, Beispiele und Bewertung	7
2.3. Mundgeschlossene Systeme – Definition, Beispiele und Bewertung	11
2.4. Abformmaterialien	20
2.4.1. Alginate	22
2.4.2. Silikon	25
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>28</b>
3.1. Versuchsaufbau	28
3.2. Abformung	32
3.2.1. Ivotray-Spezial	33
3.2.2. Si-Plast-Tray	35
3.3. Fotogrammetrie	39
3.4. Statistische Methodik	41
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>42</b>
4.1. Beschreibung der Patientengruppe	42
4.2. Datenbasis der fotogrammetrischen Auswertungen	42

4.3. Ergebnisse der fotogrammetrischen Auswertungen	43
4.3.1. Vergleich der Systeme Ivotray und Si-Plast-Tray	43
4.3.2. Vergleich der Behandler	44
<b>5. Diskussion</b>	<b>45</b>
5.1. Unterschiede in der praktischen Anwendung der Systeme	45
5.1.1. Ivotray-Spezial	45
5.1.2. Si-Plast-Tray	46
5.2. Beurteilung der Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Systeme	46
5.3. Konklusion und Ausblick	47
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>49</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>50</b>
<b>8. Danksagung</b>	<b>61</b>
<b>9. Lebenslauf</b>	<b>62</b>
<b>10. Anhang</b>	<b>63</b>

# 1. Einleitung und Zielsetzung

## 1.1 Problematik und Aktualität totalprothetischer Versorgung

Eine der schwierigsten Aufgaben des Zahnarztes stellt die Rehabilitation des zahnlosen Patienten dar [48]. Obwohl in der heutigen Zeit der Prophylaxe ein immer größerer Stellenwert zukommt, hat die Problematik der Versorgung des zahnlosen Kiefers an Aktualität nicht verloren [1]. Erfolgreiche Karies- und Parodontalprävention bewirken zwar einen längeren Erhalt der natürlichen Zähne, jedoch steigt die durchschnittliche Lebenserwartung der Bevölkerung immer weiter an. Sie verdoppelte sich im 20. Jahrhundert und wird in 60 Jahren bei Fortsetzung des aktuellen Zuwachses 100 Jahre betragen [58, 67]. Da in der Regel mit zunehmendem Alter Motorik und Wahrnehmungsgeschwindigkeit nachlassen [22], sind die Patienten oft nicht mehr zu intensiver Zahnpflege fähig. Durch diese Faktoren ist zu erwarten, dass sich die Altersgrenze der Patienten, bei denen erstmalig eine Totalprothese indiziert ist, in höhere Lebensalter verschiebt. Mittelfristig wird jedoch die Zahl totalprothetisch zu versorgender Patienten nicht nennenswert abnehmen.

Neben der zunehmenden durchschnittlichen Lebenserwartung macht v.a. eine drastische Veränderung der Altersstruktur mit einer wachsenden älteren Bevölkerungsgruppe deutlich [8], dass die Gerontostomatologie längst höchste Aktualität erreicht hat [48]. Jeder dritte Bürger wird in knapp 25 Jahren älter als 60 Jahre sein [58]. Dieser doppelte Alterungsprozess der Bevölkerung - höhere Lebenserwartung sowie größerer Anteil alter Menschen an der Gesamtbevölkerung - und die sich daraus ergebenden geriatrischen Aufgaben sichern der Totalprothese ihren Platz innerhalb der prothetischen Therapie [27], so dass die Totalprothetik sicher auch noch in den nächsten 30 Jahren ein bedeutendes Thema sein wird [15].

## 1.2 Die Bedeutung der Situationsabformung im Behandlungsablauf der Totalprothesenherstellung

Zu den Arbeitsschritten bei der Totalprothesenherstellung zählen anatomische Abformung, Funktionsabformung, Kieferrelationsbestimmung und Bestimmung der Führungsparameter der Kiefergelenke, Anprobe sowie Fertigstellung und Eingliederung. Je nach Herstellungsmethode variiert die Reihenfolge der Behandlungsgänge. Der erste Arbeitsschritt beginnt jedoch immer mit der anatomischen Abformung der zahnlosen Kiefer [18]. Diese wird dementsprechend auch als Erstabformung oder Situationsabformung bezeichnet. Ihr Gelingen ist folglich Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der weiteren Abläufe bei den verschiedenen Verfahren [38]. Die Situationsabformung dient der technischen Herstellung der Situationsmodelle [18], auf denen sich die individuellen Löffel für die Funktionsabformung anfertigen lassen. Das Ziel der Funktionsabformung ist die Ausformung der Prothesenbasis und des Prothesenkörpers [48, 38]. Sie ist damit maßgebend für die spätere Haftung der Prothese am Kiefer.

Aus diesen Zusammenhängen kann geschlossen werden, dass die Situationsabformung der Grundbaustein für die Totalprothese ist [36] und infolgedessen mit großer Sorgfalt durchgeführt werden sollte [19].

Bei der anatomischen Abformung kann zwischen mundoffenen und mundgeschlossenen Systemen unterschieden werden.

Die mundoffene Situationsabformung erfolgt in der Regel auf jeden Kiefer bezogen als Einzelabformung. Hierfür stehen neben halbindividuellen Löffeln wie z.B. den *Clan-Tray-Löffeln* nach *Schreinemakers* oder den *HM-Situationsabformlöffeln* nach *Meist* [38] herkömmliche Konfektionslöffel bzw. Serienlöffel zur Verfügung.

Die mundoffene Einzelabformung gibt die anatomische Situation des jeweiligen Kiefers wieder. Es findet jedoch keinerlei Zuordnung zwischen Ober- und Unterkiefer statt. Daher müssen die Bisswälle im Labor nach Durchschnittswerten hergestellt und im Mund des Patienten einander wieder zugeordnet werden [28].

Dagegen stellt die mundgeschlossene, gleichzeitige Erstabformung beider Kiefer mit orientierender Kieferrelationsbestimmung eine rationellere Methode dar. Da schon bei der anatomischen Abformung die Lagebeziehung der Kiefer zueinander festgehalten wird, können die Situationsmodelle in weitgehend horizontal und vertikal richtiger Relation in einen Artikulator (es genügt im Prinzip ein Okkludator) übertragen werden. Auf diese Weise wird eine entsprechende Gestaltung der Bisswälle auf den Löffelbasen, ihre Zuordnung zueinander sowie die Ausrichtung nach einer arbiträren Okklusionsebene ermöglicht [7].

Zu den Abformsystemen, die eine orientierende Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der Erstabformung für Totalprothesen erlauben, gehören das von *Schwarzkopf* entwickelte und von *Marxkors* und *Holstermann* verbesserte *Ivotray-Verfahren*, die *Si-Plast-Tray-Methode* nach *Hofmann* sowie das *Centric-Tray-System*.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass auch eine mundgeschlossene Abformung mit hinreichend passgenauen, bereits bestehenden Prothesen möglich ist. Diese werden vor der Abformung zu individuellen Löffeln mit Zahnreihen umgearbeitet.

### **1.3 Zielsetzung**

Die Auswahl geeigneter Abform- und Übertragungsmethoden stellt eine wichtige Voraussetzung für den Behandlungserfolg mit Totalprothesen dar [3]. Wie bereits erwähnt, kann dabei auf unterschiedliche Methoden zurückgegriffen werden. Jede hat ihre Vor- und Nachteile, die in den nächsten Abschnitten zum Teil detailliert erläutert werden.

In dieser Arbeit soll auf die mundgeschlossenen Systeme und dabei speziell auf den Vergleich von *Ivotray-Spezial* (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und *Si-Plast-Tray* (Detax, Ettlingen, Deutschland) eingegangen werden.

Der Focus liegt dabei auf dem Aspekt der Reproduzierbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung. Dazu wurde in praktischen Untersuchungen an Patienten überprüft, ob die wiederholte Ausführung der Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung mit *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* durch verschiedene Behandler stets zu reproduzierbaren Ergebnissen führt. Anhand des Vergleichs der Abformsysteme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* werden dabei außerdem mögliche systembedingte Veränderungen der Kieferrelationsbestimmung überprüft.

## 2. Literaturübersicht über die anatomische Abformung

Wie bereits in der Einleitung geschildert, ist das Thema der Totalprothetik ebenso aktuell wie anspruchsvoll. Bei der Konstruktion totaler Prothesen erfordern die Ausführung der einzelnen Arbeitsschritte und die Anwendung der verschiedenen Materialien sowohl Kenntnisse der Mechanismen und Physik als auch Geschick in der Handhabung [20]. Die erfolgreiche Gestaltung der Totalprothese ist daher abhängig von der Kooperation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker [2]. Aber auch der Patient hat eine Schlüsselrolle in der Realisierung dieser Aufgabe. Akribische Genauigkeit in der technischen Herstellung und ein positives Arzt-Patient-Verhältnis sind somit von größter Wichtigkeit für den Erfolg der Totalprothetik [24].

Die folgende Literaturübersicht soll v.a. die Bedeutung der Erstabformung bei der Totalprothesenherstellung aufzeigen und über die gebräuchlichsten Systeme für die anatomische Abformung informieren.

### 2.1 Die Bedeutung der Situationsabformung

Die Reihenfolge der Arbeitsschritte bei der Totalprothesenherstellung variiert dem Verfahren entsprechend. Allen Methoden gemeinsam ist jedoch der Beginn mit der Situationsabformung. Ihren Zweck haben *Huber* und *Kobes* [32] wie folgt beschrieben:

„Mit dem anatomischen Abdruck (Situationsabdruck, Erstabdruck) soll ein Modell gewonnen werden, das alle für die Totalprothese relevanten Areale und Räume in Ober- und Unterkiefer wiedergibt.“ (S. 60)

*Marxkors* [48] schlussfolgert in diesem Zusammenhang:

„Also muss schon die Situationsabformung alle für den Halt der totalen Prothese wichtigen Räume darstellen.“ (S. 142)

Ebenso mahnt *Haase* [19] zu großer Sorgfalt bei der Anfertigung der Erstabformung und begründet weitergehend:

„Gewebesituationen, die durch die Erstabformung nicht berücksichtigt werden, sind für immer verloren; denn es folgt über das daraus entstehende Modell der individuelle Löffel. Dieser kann nur so gut sein, wie der Erstabdruck es war.“ (S. 739)

Die Situationsabformung dient also über das Situationsmodell zur Herstellung des individuellen Löffels. Da durch den individuellen Löffel bereits die Ausdehnung der späteren Prothesenbasis vorgegeben wird, ist *Holstermann* [28] der Meinung:

„Eine ungenügende Erstabformung muss deshalb zu Mängeln an den fertigen Prothesen führen.“ (S. 677)

Im Umkehrschluss folgern *Besimo*, *Graber* und *Stutz* [3]:

„Die präzise Abformung der anatomischen und funktionellen Verhältnisse des zahnlosen Kiefers ist eine wichtige Voraussetzung für die gute Passgenauigkeit und den zuverlässigen Halt des totalprothetischen Zahnersatzes.“ (S. 874)

Diese Ausführungen stellen die Bedeutung der Situationsabformung für alle folgenden Arbeitsschritte, egal welcher Herstellungsmethode, bis zur Fertigstellung der Totalprothese heraus. *Kobes* [38] formulierte dies so:

„Vorraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der verschiedenen in Frage kommenden Verfahren ist jedoch immer die exakte Erstabformung.“ (S. 79)

*Wöstmann* und *Schulz* [68] geben zu bedenken, dass bei der Situationsabformung oft nachlässig vorgegangen werde in der falschen Annahme, Unzulänglichkeiten bei der im nächsten Behandlungsschritt folgenden Funktionsabformung wieder ausgleichen zu können. Dem sei aber keineswegs so:

„Notwendige Voraussetzung einer gelungenen Funktionsabformung ist ein exakt passender individueller Löffel. Dieser jedoch genügt nur den Anforderungen, wenn er auf einem Modell hergestellt wurde, auf dem die zur Löffelausdehnung maßgeblichen anatomischen Strukturen gut erkennbar dargestellt sind.“ (S.15)

Als einen weiteren nicht zu vernachlässigenden Gesichtspunkt, der für Präzision in der Anfertigung von Erstabformung und Situationsmodell spricht, nennt *Hromatka* [31] den Zeitaspekt:

„Je genauer das Situationsmodell die spätere Basis wiedergibt, desto größer wird beim endgültigen Abdruck die Arbeits- und Zeitersparnis sein.“ (S. 335)

Die Wichtigkeit der umfassenden Darstellung aller für die Totalprothese bedeutenden anatomischen Bereiche im Rahmen der Situationsabformung unterstreicht *Kobes* [38] mit seiner Feststellung, dass gerade der Träger für die erste Abformung die wesentliche Grundlage für die Erfassung aller für die zukünftige Prothesenlagerung zur Verfügung stehenden Gewebsbezirke darstellt.

Dementsprechend sollen die folgenden Kapitel eine Literaturübersicht über die gebräuchlichsten Abformsysteme für die Erstabformung geben.

## **2.2 Mundoffene Systeme – Definition, Beispiele und Bewertung**

Die mundoffene Abformung erfolgt als Einzelabformung des jeweiligen Kiefers. **Huber** und **Kobes** [32] haben sie folgendermaßen beschrieben:

„Der Abformlöffel wird vom Behandler im Munde des Patienten gehalten, so dass ein Kieferschluss nicht möglich ist und die Abformung mit erhöhter Vertikaldimension erfolgt. Funktionsbewegungen können aktiv oder passiv erfolgen oder gar nicht durchgeführt werden. Der Prothesenkörper kann individuell ausgeformt werden.“(S. 59)

Für diese Art der anatomischen Abformung stehen verschiedene Konfektionslöffel bzw. Serienlöffel zur Verfügung, die jeweils standardmäßig verwendet werden [14, 18, 29, 37, 70, 13, 44]. *Gründler* und *Stüttgen* [18] geben den Hinweis, dass konfektioniert hergestellte Abformlöffel, welche für die erfolgreiche Abformung eine ungenügende Passform aufweisen, im Einzelfall mit Hilfe von thermoplastischen Kompositionsabdruckmaterialien individualisiert werden können.

Eine andere Möglichkeit stellt die Verwendung halbindividueller Abformlöffel dar. Sie sind nach *Marxkors* [48] den herkömmlichen Serienlöffeln vorzuziehen. So fanden *Genieser* und *Jakstat* [16] in einer Befragung von 603 Zahnärzten heraus, dass 72% der befragten Zahnärzte die Erstabformung zur Anfertigung von totalen Prothesen mit Hilfe von halbindividuellen Löffeln durchführen. Als Beispiel für halbindividuelle Abformlöffel werden in der Literatur v.a. die *Clan-Tray-Löffel* von *Schreinemakers* genannt [3, 17, 18, 32, 38, 31, 62, 34]. Ein Satz von 7 Löffeln für den Oberkiefer und 13 Löffeln für den Unterkiefer ermöglicht die Auswahl einer passenden Größe. *Schulz* [63] sieht darin einen großen Vorteil:

„Hierdurch wird vor allem das Einklemmen der Unterzungenspeicheldrüse zwischen Löffelrand und Kieferinnenseite verhindert.“ (S. 58)

Auch *Holstermann* [28] favorisiert das Schreinemakers-System gegenüber den herkömmlichen Serienlöffeln und begründet:

„Bei der Einzelabformung eines Kiefers sind halbindividuelle Löffel, wie die von Schreinemakers den Serienlöffeln vorzuziehen. Sie entsprechen dem abzuformendem Raum besser als die, die oftmals durch ihre starke Extension ins Vestibulum zur übermäßigen Verdrängung der Weichgewebe führen.“ (S. 678)

Als weiteres spezielles System für die Einzelerstabformung führen einige Autoren die halbindividuellen *HM-Situationsabformlöffel* nach *Meist* an [18, 32, 38].

Abgesehen von der Art des Löffels ist die Durchführung der mundoffenen anatomischen Einzelabformung zahnloser Kiefer jedoch im Wesentlichen gleich. Nach Ermittlung der passenden Größe wird der entsprechende Löffel mit Abformmasse beschickt und im Patientenmund richtig positioniert. Bei leicht geöffnetem Mund des Patienten hält der Behandler den Löffel bis zur Erstarrung der Abformmasse fest.

Aus dieser Vorgehensweise ergeben sich jedoch auch einige Kritikpunkte. Von den Befürwortern der mundgeschlossenen Systeme werden

insbesondere folgende Schwachpunkte der mundoffenen Systeme herausgestellt:

Laut *Gasser* [14] ergibt sich aus der Mundöffnung folgender Nachteil:

„Der Druck auf das Schleimhautpolster, das Überquellen der Abformmasse über die Löffelränder und der halboffene Mund bewirken neben der Verzerrung der Kieferschleimhäute auch eine Störung des harmonischen Tonus der Muskelgruppen im Fornix vestibuli und im Bereich der paralingualen Zonen. Es können sich reaktive Muskelspasmen bilden, so dass schon hierbei die Möglichkeit besteht, unphysiologisches Geschehen mit in den Arbeitsprozess aufzunehmen.“ (S. 42)

In der Mundöffnung sehen auch *Gerber, Haschee* und *Musil* [17] ein Problem:

„Bei der Mundöffnung verändern die Weichgewebe ihre Form und Beziehung zur knöchernen Unterlage. [...] Das Ergebnis ist eine Verfälschung des Schleimhautreliefs während der Abformung.“ (S. 24)

Da die Erstabformung wie bereits beschrieben der Herstellung eines Situationsmodells dient, auf dem der individuelle Löffel für die Funktionsabformung angefertigt werden soll, kann sich ein Fehler in der Erstabformung auch auf alle weiteren Arbeitsschritte übertragen. Ein stabiler individueller Löffel ist deshalb grundlegend für eine genaue Kieferrelationsbestimmung und eine exakte Funktionsabformung bei zahnlosen Patienten [60]. Mit einem fehlerhaften individuellen Löffel kann demzufolge keine korrekte Funktionsabformung genommen werden, obwohl diese für den Halt der Prothese von großer Wichtigkeit ist [48].

Ein weiterer Schwachpunkt der mundoffenen anatomischen Abformung besteht in der Irrationalität der Folgearbeitsschritte. Für eine erfolgreiche Funktionsabformung sollte die gleiche Situation geschaffen werden, wie sie der Patient mit eingefügten Prothesen auffindet [48], d.h. mundgeschlossen und in richtiger Relation. Auch *Haase* [19] kommt zu der Schlussfolgerung:

„Sieht man die Literatur über Abformmethoden durch, so lässt sich zusammenfassend sagen, dass heute den mundgeschlossenen myodynamisch - aktiven Methoden der Vorzug gegeben wird.“ (S. 747)

Für diese Art der Abformung werden auf den Situationsmodellen individuelle Löffel ohne Griff angefertigt. Der Griff wird gewissermaßen durch Wachswälle ersetzt, die - eine korrekte Dimensionierung vorausgesetzt - den Löffel durch okklusale Kräfte an der richtigen Position halten. Da die dem individuellen Löffel aufmodellierten Wachswälle die spätere Zahnreihe imitieren sollen, müssen sie sich zumindest ähnlich wie die natürlichen Zähne in das Gesicht des Patienten einfügen [7]. *Fahmi* behauptet sogar, die erfolgreiche Behandlung von Patienten mit Totalprothesen sei abhängig von der korrekten Position der künstlichen Zähne [11]. Wird also der Wachswall schon zu Beginn falsch positioniert, bedeutet das entweder eine ebenso fehlerhafte Positionierung der Zähne entsprechend dem Wachswall [57, 42] oder eine Funktionsabformung, bei der die Abstützung der umliegenden Weichgewebe nicht der Situation mit den künstlichen Zähnen entspricht. Eine korrekte Dimensionierung der Bisswälle ist dementsprechend für den Erfolg der Funktionsabformung sowie aller weiteren Arbeitsschritte unerlässlich.

Aus einer getrennten mundoffenen Abformung von Ober- und Unterkiefer resultieren aber zwei einander nicht zugeordnete Situationsmodelle, auf denen die individuellen Löffel hergestellt werden. Das Aufmodellieren der Wachswälle muss dann nach Durchschnittswerten erfolgen. *Wöstmann* und *Schulz* [68] sehen darin folgendes Problem:

„Im Munde des Patienten werden diese Löffel nie von vornherein bündig schließen. Vielmehr gilt es dann, durch zeitaufwendiges Trimmen der Bisswälle die verlorengegangene Kieferrelation wiederherzustellen.“ (S. 15)

*Holstermann* und *Böcker* [29] meinen dazu:

„Diese an sich sehr genaue Verfahrensweise ist nicht unbedingt rationell, da hierbei die Einheit zwischen Ober- und Unterkiefer zerlegt wird. Nur unter großem Zeitaufwand ist es dann möglich, die Wachswälle in der vertikalen Dimension sowie in der zentralen Relation richtig festzulegen und zu dimensionieren.“ (S. 9)

Die gleiche Meinung äußert *Holstermann* [28] ein Jahr später erneut in einem anderen Beitrag:

„Diese Verfahrensweise ist nicht unbedingt rationell. Die Beziehung, die im Munde zwischen Ober- und Unterkiefer vorhanden ist, geht verloren und muss durch Zurechtschneiden der Wachswälle mit viel Zeitaufwand wiederhergestellt werden, d. h. die Wachswälle müssen dahingehend umgeformt werden, dass sie in richtiger Höhe bündig schließen.“ (S. 679)

In Ergänzung dazu weist *Marxkors* [48] auf einen weiteren Kritikpunkt hin:

„Vor allem stellt das Verfahren der Einzelabformung keine Hilfe dar in dem Bemühen, den Unterkiefer richtig zu positionieren.“ (S. 154)

Basierend auf den vorausgegangenen Ausführungen lassen sich folgende Schwachpunkte der mundoffenen anatomischen Einzelabformung zusammenfassen:

- Verfälschung des Schleimhautreliefs während der Abformung
- Irrationalität der Folgearbeitsschritte
- Fehlende Positionierung des Unterkiefers

Inwieweit die mundgeschlossene Erstabformung geeignet ist, diese Probleme zu lösen, soll im nächsten Kapitel erörtert werden.

### **2.3 Mundgeschlossene Systeme - Definition, Beispiele und Bewertung**

Die mundgeschlossene Abformung ermöglicht die gleichzeitige Abformung des zahnlosen Ober- und Unterkiefers. *Haase* [19] beschreibt sie wie folgt:

„Hier kann bereits die Erstabformung beider Kiefer zusammen in einem Arbeitsgang durch Bereitstellung spezieller Abformlöffel mundgeschlossen, myodynamisch-aktiv erfolgen. Auch die Lagebeziehung beider Kiefer zueinander wird schon berücksichtigt. Während des Abformvorganges wird der Patient nicht durch die Finger des Behandlers irritiert. Er kann selbst eine ihm bequeme Lage seines Unterkiefers zum Oberkiefer bestimmen, die erstaunlicherweise von der von uns oft so schwer aufzufindenden habituellen Relation nur wenig abweicht.“ (S. 745)

Bei der mundgeschlossenen Erstabformung befinden sich also die Löffel im Mund des Patienten, ohne dass sie vom Behandler festgehalten werden müssen. *Gasser* [14] bewertet dies ebenfalls positiv und begründet:

„Der Situationsabdruck lässt sich bei spannungsfreiem Muskeltonus im Vestibulum oris und in den paralingualen Bezirken gewinnen.“ (S. 42)

*Böttger* ist gleichfalls der Meinung, die Lippen- und Wangenschleimhaut bzw. Muskulatur werde im spannungsfreien Zustand abgeformt [4]. Somit tritt bei der mundgeschlossenen Abformung das Problem der Verfälschung des Schleimhautreliefs während der Abformung nicht auf.

Die Frage der Irrationalität der Folgearbeitsschritte kann durch eine orientierende Kieferrelationsbestimmung während des Doppelabdrucks von Oberkiefer und Unterkiefer gelöst werden. *Holstermann* [28] vertritt den Standpunkt:

„Es liegt nahe, sich darum zu bemühen, beide Situationsabformungen von Ober- und Unterkiefer gleichzeitig durchzuführen und dabei durch Verschlüsselung der Abdrücke in zentraler Position des Unterkiefers eine orientierende Relationsbestimmung durchzuführen.“

Dafür ist es notwendig, die vertikale Relation vor der Abdrucknahme festzulegen. *Marxkors* [48] bezeichnet sie als sehr erfolgsrelevante Größe und begründet:

„An eine zu große vertikale Relation kann sich der Patient nicht gewöhnen. Auch eine Prothese, die in allen übrigen Bereichen befundgerecht und sachlich richtig ausgeführt wurde, wird durch eine zu große vertikale Relation für den Patienten unbrauchbar.“ (S. 160)

Ebenso warnt *Mohindra* vor falscher vertikaler Dimensionierung: Während eine zu große vertikale Relation Probleme wie wunde Kieferkämme, verspannte Gesichtsmuskulatur, beim Sprechen klappernde Prothesen und vermehrte Resorption des Alveolarknochens verursachen könne, wirke sich eine zu geringe vertikale Relation durch älteres Aussehen des Patienten, Mundwinkel-Rhagaden und möglicherweise Kiefergelenksprobleme aus [55]. So behaupten *Helft*, *Cardash* und *Kaufman* [21], dass die meisten nach der Eingliederung totaler Prothesen auftretenden Probleme ihre Ursache in

Fehlern hätten, die während der Kieferrelationsbestimmung gemacht worden seien. Diese Meinung vertreten auch *Meyer* und *Silverman* [53]. Ebenfalls der gleichen Ansicht ist *Palla* [59]:

„Die Festlegung einer korrekten vertikalen Kieferrelation spielt in der Totalprothetik eine entscheidende Rolle [...] für die Inkorporation des Zahnersatzes.“ (S. 596)

Die korrekte vertikale Dimension kann somit als Basisanforderung für eine erfolgreiche prothetische Versorgung angesehen werden [64].

An dieser Stelle sei angemerkt, dass bisher keine Methode als Goldstandard für die orientierende Kieferrelationsbestimmung angesehen wird [54], sondern nur verschiedene Techniken existieren. Es sind im Laufe der Zeit viele Verfahren zur Kieferrelationsbestimmung bei bezahnten und zahnlosen Patienten entwickelt und erprobt worden [12]. Im Wesentlichen lassen sich jedoch drei grundsätzliche Techniken zur orientierenden Bestimmung der Kieferrelation zusammenfassen, die allerdings im Rahmen der Rehabilitation des Zahnlosen in sehr unterschiedlicher Gewichtung eine Rolle spielen.

Eine Maßnahme, die vertikale Relation zu ermitteln, ist die Messung der Vestibulumdistanz als Beispiel für die anatomische Distanzmessung. Die Vestibulumdistanz wird seitlich der Lippenbändchen in der Umschlagfalte der Ober- und Unterlippe gemessen und beträgt ca. 34 plus/minus 2mm [48]. Die Vestibulumdistanzmessung ist allerdings eher geeignet, die bereits im Rahmen der Wachsbissnahme festgelegte vertikale Kieferrelation zu kontrollieren. *Marxkors* empfiehlt:

„Weicht der am Patienten gefundene Wert wesentlich von diesem Wert ab, so sollte das ein Grund sein, die eingestellte Höhe nochmals kritisch zu prüfen.“ (S. 161)

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der vertikalen Relation ist die Distanzmessung anhand skelettaler Parameter. Diese Technik der Kieferrelationsbestimmung bedient sich der Fernröntgenanalyse. Mittels Analyse skelettaler Fixpunkte und der aus ihnen zu ermittelnden Ebenen und Winkel wird eine präzise Darstellung und Untersuchung der knöchernen Situation ermöglicht. Aus vorgegebenen Mittelwerten kann das Maß einer

Absenkung oder Anhebung der vertikalen Dimension abgeleitet werden. Muskuläre Parameter bleiben dabei unberücksichtigt.

Die Methode der muskulären Distanzmessung durch Orientierung an der Ruhelage zur Bestimmung der vertikalen Relation ist von allen Methoden die gebräuchlichste [54]. Sie findet in Verbindung mit vielen Verfahren der Totalprothesenherstellung Verwendung. Die Ruhelage wird von vielen Autoren als lebenslang konstante Größe betrachtet, die unabhängig von der An- oder Abwesenheit der Zähne ist [12]. Deshalb wird sie gern als Basis für die Bestimmung der vertikalen Relation bei Zahnlosen verwendet [33].

Die Ruhelage ist laut *Lotzmann* [45] definiert als „unbewusste Abstandhaltung des Unterkiefers zum Oberkiefer bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung. Sie wirkt der auf den Unterkiefer einwirkenden Schwerkraft entgegen und ist das Resultat von muskulärer Restaktivität und Elastizität der Weichgewebe.“ (S. 35)

In dieser Position berühren sich die Lippen linienförmig. An zwei Markierungspunkten, z.B. Nasale und Gnathion, wird der Abstand zwischen Ober- und Unterkiefer gemessen und der interokklusalen Distanz entsprechend um 2-3 mm reduziert [10]. Dabei entspricht der Betrag des Interokklusalabstandes der physiologischen Differenz zwischen der Ruhelage und der Schlussbissposition [46]. Um individuelle Fehler zu minimieren, ist eine mehrmalige Messung empfehlenswert.

Bei der mundgeschlossenen Doppelabformung beider Kiefer können die Löffel in der so ermittelten vertikalen Relation je nach System verschlüsselt werden. Durch Ausgießen der Abdrücke und gleichzeitiges Einartikulieren der Modelle erfolgt die Übertragung der orientierenden Kieferrelation in den Artikulator. Die individuellen Löffel werden anschließend auf den Modellen angefertigt, die eine bestimmte Zuordnung zueinander haben. Die Wachswälle können nun der Kauebene entsprechend in den zwischen den Kiefern vorhandenen Raum eingearbeitet werden. *Engelhardt* [10] stellt fest: „Erfahrungsgemäß sind bei der Kontrolle im Mund keine oder nur geringe Korrekturen der Bisshöhe erforderlich.“ (S. 192)

*Gasser* [14] folgert daraus:

„Dadurch entfällt das oft mühsame und zeitraubende Zurechtschneiden der Bisswälle auf den individuellen Löffeln.“ (S. 42f)

Schon die Doppelabformung beider Kiefer an sich stellt laut *Böttger* [4] einen Zeitgewinn dar:

„Der Vorteil der eigentlichen Abformung liegt darin, dass eine gleichzeitige Abformung von Ober- und Unterkiefer erfolgt, was eine Zeitersparnis bedeutet.“ (S. 101)

*Hromatka* [31] dagegen sieht den Nutzenschwerpunkt eher im Bereich der Kieferrelationsbestimmung:

„Der wesentliche Gewinn ist nicht die gemeinsame Abformung an sich sondern ein große Erleichterung der Bissnahme“ (S. 336).

Die obigen Ausführungen lassen bereits erkennen, dass mit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung während der mundgeschlossenen Erstabformung nicht nur ein rationeller Ablauf der Folgearbeitsschritte ermöglicht wird, sondern sogar das Problem der fehlenden Positionierung des Unterkiefers behoben werden kann. *Holstermann* [28] konstatiert:

„Betrachten wir noch einmal die Mängelstatistik totaler Prothesen, so ist bei dem subjektiv insuffizienten Zahnersatz der häufigste objektive Mangel die falsch gewählte Position des Unterkiefers zum Oberkiefer. Die Relationsbestimmung bei der Situationsabformung ermöglicht aufgrund ihrer guten Genauigkeit ein Weiterarbeiten auf dieser Grundlage.“ (S. 679)

Damit bietet die mundgeschlossene Doppelabformung Lösungen für alle im Kapitel 2.2 festgestellten Probleme der mundoffenen Einzelabformung. Zusätzlich ergibt sich aus der mundgeschlossenen Methode möglicherweise ein weiterer Vorteil. Denn folgt man *Heymer* [23] und *Böttger* [4], so wird durch die mundgeschlossene Abformung der Brechreiz verhindert.

*Musil* [56] fasst den obigen Ausführungen entsprechend zusammen:

„Die mundgeschlossene Abformung mit gleichzeitiger Relationsbestimmung hat ihre Bewährungsprobe in der Praxis bestanden.“ (S. 492)

Für die Doppelabformung beider Kiefer werden spezielle Abformsysteme benötigt, die in unterschiedlichen Ausführungen erhältlich sind. Als Beispiele für diese Systeme zur gleichzeitigen Abformung von Ober- und Unterkiefer

werden in der Literatur vor allem *Ivotray* und *Si-Plast-Tray* genannt. Ebenfalls zu dieser Art von Systemen zählt das *Centric-Tray*. Im Folgenden sollen diese Systeme kurz erläutert werden.

Am häufigsten in der Literatur zu finden sind die von *Schwarzkopf* inaugurierten und von *Holstermann* und *Marxkors* modifizierten *Ivotray-Löffel* (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) [7, 10, 14, 17, 23, 28, 29, 32, 51, 56, 61, 63, 68, 38, 4, 19, 30, 31, 69, 48, 47, 39]. *Schwarzkopf* entwickelte zunächst einen Satz von drei Ober- und vier Unterkieferlöffeln, die durch Einrasten einer Leiste am Oberkieferenteil in eine der fünf Nuten am Unterkieferenteil miteinander verbunden wurden [14]. Auf diese Weise wurde das Gerät der Bisslage des jeweiligen Patienten entsprechend auf Normalbiss, Vorbiss oder Rückbiss eingestellt und durch Gummiringe fixiert [63]. Die zu einem Gerät zusammengefügte Löffel wiesen einen Zungenhohlraum auf [31], dessen Nutzen *Gasser* [14] erklärt:

„Diese Aussparung erlaubt eine bequemere Lage der Zunge und eine vollständige Wiedergabe der paralingualen Bezirke in spannungsfreiem Zustand. Außerdem wird der Zungenrand während der Abdrucknahme gegen den Rachen gedrückt; dadurch fließt weniger überschüssige Abformmasse nach hinten ab und der Brechreiz vermindert sich beträchtlich.“

Dass gerade die Zungenposition bei der Abformung immer wieder Probleme bereitet, wissen auch *Breustedt* und *Hoffmeier* [6]:

„Die praktischen Schwierigkeiten bestehen im Bereich der gegenüber räumlichen Veränderungen sehr empfindlichen Zungenspitze.“(S. 352)

In dieser Hinsicht befindet *Heymer* [23] das mundgeschlossene *Ivotray*-Abformsystem für günstiger als die mundoffene Einzelabformung:

„Während die Zunge bei der bisher üblichen Einzelabformung des Unterkiefers gelegentlich sehr hinderlich ist, beobachtet man, dass besonders ungeschickte Patienten bei der mundgeschlossenen Abformung ihre Zunge mühelos in den am *Ivotray-Gerät* dafür vorgesehenen Hohlraum einlegen und dadurch eine Ruhigstellung des Gerätes bewirken.“

Hinzuzufügen ist, dass bei dem von *Schwarzkopf* entwickelten *Ivotray-Gerät* die Ober- und Unterlippe während der Abformung entspannt in der am Oberkieferenteil befestigten Lippenstütze ruhten [51].

Bis Anfang der 70er Jahre wurde die beschriebene Methode als innovativ akzeptiert und angewandt bis *Holstermann* und *Marxkors* [30] das von *Schwarzkopf* entwickelte System für noch weiter verbesserungsfähig befanden:

„Es muss als Nachteil angesehen werden, dass manche Patienten den Unterkiefer nicht in die Okklusionshöhe bringen können, wenn das zusammengefügte Gerät leer - also ohne Abformmaterial - in den Mund gebracht wird. Die Ursache besteht darin, dass das Gerät zu voluminös ist.“ (S. 519)

Die daraufhin von *Holstermann* und *Marxkors* weiterentwickelten *Ivotray-Spezial-Löffel* sind deshalb graziler gehalten. Außerdem fehlt ihnen die Lippenstütze, um dem Patienten die Möglichkeit zu nehmen, das Gerät mit der Unterlippe zu dislozieren [30]. Die Haut über der Kinnspitze werde dadurch nicht mehr verzerrt, woraus eine erleichterte und genauere Kontrolle der Bisshöhe während der Abdrucknahme resultiere. Für die Abformung steht ein Sortiment von zwei oberen und drei unteren Löffeln zur Verfügung [68]. Die Verschlüsselung erfolgt nicht mehr primär mechanisch zu einem Gerät sondern mittels des überschüssigen Abformmaterials, das sich sowohl aus beiden Löffeln im Vestibulum vereint als auch durch die Aussparungen des Oberkieferlöffels auf den Aufbisswall des Unterkieferlöffels abfließt [29]. Zwei Vorteile ergeben sich laut *Holstermann* und *Marxkors* [30] aus der Teilung in zwei Löffel. Einerseits sei das Einführen in den Patientenmund erheblich erleichtert. Andererseits bewirke die Trennung ein „Schwimmen“ der Löffel in der noch weichen Abformmasse, weshalb beim Anstoßen eines Kiefers an einen Löffel nicht der Unterkiefer sondern der Löffel ausweiche. Dadurch wird dem Patienten ein Schließen des Mundes auf die zuvor bestimmte Vertikalrelation ermöglicht.

Die *Ivotray-Spezial-Löffel* stellen auch heute noch eine gängige und häufig eingesetzte Abformmethode in der Totalprothesenherstellung dar.

Das *Centric-Tray*-System wird ebenfalls von der Firma Ivoclar hergestellt. Es gestattet wie die *Ivotray-Löffel* eine orientierende Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung. Der Träger selbst ist wie eine nach dorsal verlängerte Mundvorhofplatte aufgebaut, an der sich oral eine Retentionsleiste befindet. Auf diese können bedarfsgerecht Standardstützen und Stützflügel gesteckt werden, was wiederum das Einsatzgebiet auf teilbezahnte Patienten erweitert. Wie das von *Schwarzkopf* entwickelte *Ivotray-Gerät* hat das *Centric-Tray* eine Lippenstütze, an welcher sich die Transferbogen-Kupplung für eine schädel- und gelenkbezogene Übertragung in den Artikulator befindet. Für die Lippenstütze gilt, wie bereits beim *Ivotray-Gerät* erwähnt, die Kritik, dass der Patient verleitet wird, das Tray mit der Lippe zu stützen. Es wird vom Hersteller empfohlen, vor der orientierenden Kieferrelationsbestimmung mit dem *Centric-Tray* Einzelabdrücke anzufertigen und nach der Bisslagenbestimmung die aus den Einzelabformungen resultierenden Modelle über die vorgegebene Relation des *Centric-Trays* zuzuordnen. Obwohl die anatomische Abformung der zahnlosen Kiefer als mundoffene Einzelabformung erfolgt, ist das *Centric-Tray* an sich für die Übertragung der Lageposition der abgeformten Kiefer auf die erstellten Modelle gedacht. Damit entspricht es dem Hauptvorteil der mundgeschlossenen Abformsysteme, dem Erhalt der im Mund vorhandenen Einheit von Ober- und Unterkiefer, und wird aus diesem Grund hier in dem entsprechenden Kapitel aufgeführt. Dennoch gilt für die Einzelabformungen der im Kapitel 2.2 aufgeführte Kritikpunkt der Verfälschung des Schleimhautreliefs während der Abformung.

In der Literatur ist noch keine Bewertung dieses neuen Abformsystems zu finden, so dass nicht absehbar ist, ob es als gleichwertiger Ersatz für die *Ivotray-Löffel* akzeptiert werden wird.

Während das *Ivotray*- und das *Centric-Tray*-System für verschiedene Verfahren der Totalprothesenherstellung eingesetzt werden können, wurde das dritte hier zu beschreibende System - *Si-Plast-Tray* - zunächst von *Hofmann* speziell für das von ihm beschriebene All-Oral-Verfahren entwickelt. Dennoch sei hier vorab ergänzt, dass Si-Plast-Träger grund-

sätzlich auch in anderen Verfahren der Totalprothesenherstellung Anwendung finden können.

Die *Si-Plast-Träger* nach *Hofmann* (Fa. Detax) stellen eine sowohl den mundoffenen als auch den mundgeschlossenen Systemen zuzuordnende Methode der Erstabformung dar [25, 32, 38, 26]. Da mit den *Si-Plast-Trays* wie auch mit den *Ivotray-Löffeln* und dem *Centric-Tray* gleichzeitig mit der anatomischen Abformung eine orientierende Kieferrelationsbestimmung durchgeführt werden kann [32], sollen die *Si-Plast-Träger* hier ebenfalls bei den mundgeschlossenen Systemen aufgeführt werden. **Hofmann** [25] selbst hält die Systeme *Ivotray* und *Si-Plast-Tray* im Bereich der anatomischen Abformung von Ober- und Unterkiefer sowie der orientierenden Relationsbestimmung von Unterkiefer zu Oberkiefer für austauschbar:

„Die Arbeitsgänge (...) lassen sich auch mit dem SR-Ivotray-Mundabformgerät durchführen.“ (S. 883)

Der *Si-Plast-Trägersatz* umfasst vier Unterkiefer- und vier Oberkieferformen, Gaumenschablonen sowie individuell aufsteckbare Griffe. Eine extra flache Gestaltung der Träger gestattet die problemlose Abformung auch stark atrophierter Kiefer [26]. Für die anatomische Einzelabformung des Oberkiefers wird der entsprechenden Löffelgröße ein Griff nach außen aufgesteckt. Dann kann in herkömmlicher Weise die mundoffene Erstabformung genommen werden. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass deshalb auch bei der Verwendung von *Si-Plast-Trays* die in Kapitel 2.2 beschriebene mögliche Verfälschung des Schleimhautreliefs während der Abformung akzeptiert werden muss, sofern der Löffelgriff eingesetzt wird.

Die in Verbindung mit dem *All-Oral-Gesichtsbogen* mögliche schädel- und gelenkbezügliche Ausrichtung der Abformung ist nicht Gegenstand der Untersuchungen und soll deshalb hier nicht näher erläutert werden.

Auch die Erstabformung des Unterkiefers wird mundoffen durchgeführt. Dabei ruht der Zeigefinger des Behandlers auf dem nach innen aufgesteckten Griff während der Daumen das Kinn unterstützt [25]. Diese Verfahrensweise sorgt für einen gleichmäßigen zentrischen Andruck

während der Abformung und verhindert Löffelverschiebungen [46, 26]. Der nach innen gerichtete Griff bietet somit auch Raum für die Zunge des Patienten. Diese Tatsache hat *Heymer* schon beim *Ivotray*-System als Vorzug der mundgeschlossenen gegenüber den mundoffenen Methoden herausgestellt [23].

Für die orientierende Festlegung der Unterkieferrelation wird dem Griff des Unterkieferträgers eine Gaumenschablone aufgesetzt. Ist der Patient nicht in der Lage, die zuvor bestimmte Vertikaldimension einzunehmen, kann der Gaumenaufsatz gekürzt werden. Trotzdem ist auch hier ein gewisser Vertikalabstand durch das Gerät vorgegeben. Diesen Aspekt hatten bereits *Marxkors* und *Holstermann* an dem *Ivotray*-Gerät von Schwarzkopf bemängelt und mit ihren weiterentwickelten *Ivotray-Spezial*-Löffeln verändert. Deshalb wird auch dieser Punkt im Rahmen der Kieferrelationsbestimmung Gegenstand der praktischen Untersuchungen zum Vergleich beider Methoden sein.

In dieser Arbeit wird ein Vergleich der beiden Systeme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* insbesondere vor dem Hintergrund der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der orientierenden Kieferrelationsbestimmung vorgenommen. Außerdem sollen mögliche systembedingte Veränderungen der Kieferrelationsbestimmung überprüft werden.

Der Vergleich liegt bereits durch die oben angegebenen Ausführungen von Hofmann zur Austauschbarkeit der Systeme nahe.

## **2.4 Abformmaterialien**

Im Rahmen der Totalprothesenherstellung sind mehrere Abformungen des zahnlosen Kiefers erforderlich. Je nach Herstellungsmethode kommen dabei unterschiedliche Abformtechniken in Frage. Dementsprechend vielfältig sind die Anforderungen, die an die verwendeten Abformmaterialien gestellt werden.

Grundsätzlich sollten Abformmaterialien volumenbeständig, formtreu, biokompatibel, umweltfreundlich, unkompliziert in der Verarbeitung und möglichst noch kostengünstig sein. Im Kapitel 2.1 wurde bereits die Bedeutung der präzisen Darstellung aller für die Totalprothese relevanten Areale und Räume in Ober- und Unterkiefer im Rahmen der anatomischen Abformung hervorgehoben. Daraus ergeben sich speziell für diese Erstabformung zusätzlich besondere Anforderungen an das Abformmaterial: minimale Weichgewebsverdrängung, Genauigkeit, weiche Konsistenz und gutes Fließvermögen, regulierbare Abbindezeit, vollständige Erhärtung der Abformmasse auch in den vom Löffel nicht unterstützten Bereichen, Korrekturfähigkeit [36, 31].

Für die anatomische Abformung des zahnlosen Kiefers stehen verschiedene Abformmaterialien zur Verfügung, welche die vorgenannten Ansprüche in unterschiedlichem Ausmaß erfüllen. Sie lassen sich wie alle zahnärztlichen Abformmaterialien ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften entsprechend in vier Gruppen einteilen: irreversibel - starr, reversibel - starr, reversibel - elastisch, irreversibel - elastisch. Nach ihren mechanischen Eigenschaften in verfestigtem Zustand werden starre und elastische Abformmaterialien unterschieden. Findet die Verfestigung des Materials durch eine chemische Reaktion statt, zählt es zu den irreversiblen Werkstoffen. Erfolgt durch Abkühlung eine Erstarrung des Abformmaterials, ist es reversibel. [50]

Zur Gruppe der irreversibel - starren Materialien zählt der Abformgips. Als eines der ältesten und bekanntesten Abformmaterialien ermöglicht Abformgips eine verzerrungsfreie Abformung der zahnlosen Kiefer [18]. Jedoch kommt dieser Werkstoff als Abformmaterial in der Totalprothetik heute kaum noch zur Anwendung, da er in dieser Funktion sowohl für den Patienten und den Behandler als auch für den Zahntechniker nicht besonders komfortabel zu handhaben ist [41]. Eine gewisse Bedeutung in der Totalprothetik haben dagegen die ebenfalls irreversibel - starren Zinkoxid-Eugenol-Pasten.

Ein Beispiel eines reversibel - starren Abformmaterials stellt Abformwachs dar. Allerdings weist es eine leichte Deformierbarkeit auf und findet in der Totalprothetik eher Verwendung zur Verbesserung posteriorer Abschlüsse an OK - Totalprothesen (z.B. in Form von Schwarzwachs) [18] oder als Bisswall auf dem individuellen Löffel [5].

Vertreter der reversibel - elastischen Gruppe sind als älteste elastische Abformmaterialien die Hydrokolloide [50]. Ihr Einsatz in der Totalprothetik ist aufgrund des hohen Verarbeitungsaufwandes sehr begrenzt [18]. Die Reversibilität des Erhärtens ist aus hygienischen Gründen ohne klinische Bedeutung.

Den irreversibel - elastischen Materialien sind unter anderem Alginat und Silikone zuzurechnen. Sie gehen nach dem Anmischen vom plastischen in den elastischen Zustand über. Weil dieser Vorgang nicht wiederholbar ist, kann mit diesen Werkstoffen nur einmal eine Abformung durchgeführt werden [63].

Elastische Abformmaterialien lassen sich je nach Materialtyp und dessen Konsistenz bis zu einem gewissen Grad reversibel verformen [40]. Aus diesem Grund sind elastische Abformmassen notwendig, wenn am Kieferkamm untersichgehende Partien vorhanden sind [34].

Im Folgenden sollen die für diese Dissertation in den praktischen Arbeiten am Patienten verwendeten Abformmaterialien Alginat und Silikon genauer besprochen werden.

### **2.4.1 Alginat**

Im Jahre 1940 führte *Wilding* einen Abformwerkstoff aus Meeresalgen (Alginat) in die Zahnheilkunde ein [18]. Heute ist Alginat das wohl mengenmäßig am meisten benutzte Material [63]. Für die Erstabformung im Rahmen der Totalprothesenherstellung wird recht einheitlich Alginat herangezogen [65].

Der Grund liegt vor allem in den guten Materialeigenschaften. Als Abformmaterial für funktionelle Situationsabformungen halten *Marxkors* und *Meiners* [50] das Alginat für praktisch konkurrenzlos. Die Fließfähigkeit sei ausreichend, die Konsistenz so beschaffen, dass weiches Gewebe zwar in der wünschenswerten Weise verdrängt werde, dass aber funktionell angespanntes Gewebe das Material verdränge.

Aber auch die einfache Verarbeitung des Alginats spricht für seine Beliebtheit. Als Zweikomponentensystem wird Alginat in Pulverform in einem bestimmten Verhältnis mit Wasser angemischt. Die empfohlene Wassertemperatur liegt bei 20°C, da höhere Temperaturen den Abbindevorgang beschleunigen, wohingegen niedrigere ihn verzögern [50]. Das Pulver enthält das eigentliche Alginat, das Salz eines zweiwertigen Metalls, Verzögerer und Füllstoffe [49] sowie Farb- und Geschmackstoffe [63]. Das eigentliche Alginat besteht aus in Wasser leicht löslichen Salzen der Alginsäure (=Polymannuronsäure), einem aus Meeresalgen gewonnenen Naturprodukt [18], mit Natrium, Kalium oder Ammonium. Da diese Salze mit allen mehrwertigen Metallen außer Magnesium vernetzte elastische Gele bilden, wird das Alginat mit den Salzen des Calciums, Bariums oder Bleis in Verbindung gebracht [49]. Das Pulver enthält also beispielsweise Natriumalginat und Kalziumsulfat. In Gegenwart von Wasser reagiert nach dem Dissoziieren des Natriumalginates die Alginsäure in einer Vernetzungsreaktion mit den Kalziumionen des Kalziumsulfates [50], so dass Kalziumalginat und Natriumsulfat entstehen. Diese Reaktion verläuft sehr stürmisch [40]. Die zugesetzten Verzögerer sorgen jedoch für eine ausreichende Verarbeitungszeit. Wird z.B. Natriumphosphat als Verzögerer verwendet, fällen die Phosphationen dieses leichtlöslichen Salzes die Kalziumionen des Kalziumsulfates zum schwerlöslichen Kalziumphosphat, wodurch erst nach Verbrauch des Verzögerers die vollständige Abbindereaktion mit der Alginsäure erfolgen kann [50]. Die dem Pulver zugesetzten Füllstoffe wie Kreide, Talkum oder Zinkoxid dienen der Verbesserung der elastischen Eigenschaften, der Konsistenz und des

Volumenverhaltens [40]. Sie beeinflussen somit die Fließfähigkeit nach dem Anmischen sowie die Festigkeit im abgebundenen Zustand [49].

Trotz der einfachen Handhabung des Alginates sind einige Aspekte bezüglich der Lagerung zu berücksichtigen.

Während des Abbindevorganges entsteht nach der beschriebenen Gelbildung ein verzweigtes Maschenwerk, in dem sich neben den Füllstoffen auch Wasser befindet und das sich Wasser gegenüber wie ein Schwamm verhält [49]. Bei zu trockener oder zu feuchter Lagerung verändern die Alginatabdrücke durch Wasserverlust bzw. Wasseraufnahme schnell ihre Form [18]. Selbst übliche Verfahren, wie Lagerung in Wasser, feuchter Kammer oder unter einem nassen Tuch, bedingen nach kurzer Zeit starke Dimensionsänderungen [40]. Um sowohl ein Schrumpfen als auch ein Quellen der Abformmasse und die damit verbundene Volumenänderung zu verhindern, ist deshalb das sofortige Ausgießen des Abdruckes zu empfehlen [63].

Ferner muss bereits vor der Verarbeitung die Feuchtigkeitssensibilität des Alginatpulvers berücksichtigt werden. Es sollte in luftdichten Behältern aufbewahrt werden [40]. Einem Sedimentieren der verschiedenen schweren Pulverbestandteile sollte außerdem durch Schütteln vorgebeugt werden [50].

Im Rahmen dieser Arbeit wurde bewusst Alginat im Zusammenhang mit den *Ivotray-Spezial*-Löffeln verwendet. Wie bereits im Kapitel „2.3 Mundgeschlossene Systeme“ erläutert, erfolgt die Verschlüsselung des Oberkieferlöffels mit dem Unterkieferlöffel nicht mehr durch ein Kopplungselement sondern mittels des überschüssigen Abformmaterials, das sich sowohl aus beiden Löffeln im Vestibulum vereint als auch durch die Aussparungen des Oberkieferlöffels auf den Aufbisswall des Unterkieferlöffels abfließt. Die dafür erforderliche Fließfähigkeit erfüllt das Abformmaterial Alginat am besten, ohne dabei den Vorteil der genauen Darstellung auch untersichgehender Bereiche zu verlieren.

## 2.4.2 Silikon

In den Jahren 1954 bis 1975 führten die weiteren Entwicklungen im Bereich Abformwerkstoffe zu gummielastischen Abformmaterialien auf Silikon-Basis [18]. Ihre besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften machen die Silikonmassen zu universell anwendbaren Abformmitteln [63]. So haben sie sich durch ihren problemlosen Einsatz auch innerhalb der Totalprothetik sehr bewährt [18].

Die zur Gruppe der Polysiloxane gehörenden Silikone sind organische makromolekulare Siliziumverbindungen [40], die durch katalytische Polykondensation von Silikonöl entstehen [63]. Die Molekülketten der Silikone bestehen aus Siliziumoxid-Bausteinen, wobei die beiden anderen Valenzen des Siliziumatoms durch Alkylreste abgesättigt sind [49]. Da die Si-O-Bindung stabiler ist als die C-C-Bindung, sind Silikone relativ temperaturunempfindlich [40]. Durch Verwendung von Polysilanolen unterschiedlicher Kettenlänge als Grundsubstanz sowie dem Zusatz von organischen Stoffen wie  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  oder  $\text{ZnO}$  als Füllmittel wird die gewünschte Viskosität der Silikonmasse erreicht [40]. Es stehen vier Konsistenzen zur Verfügung: light (dünnfließend), heavy (dickfließend), regular body (normalfließend) sowie putty (knetbar) [18]. Sowohl die Makromolekularstruktur als auch die organischen Bestandteile ergeben die weiteren Eigenschaften: hydrophob, ölig-plastisch-harzig, gute elektrische Isolierfähigkeit [40].

Nach der Art des Abbindevorganges werden kondensationsvernetzende und additionsvernetzende Silikone unterschieden.

Die Basiskomponente der kondensationsvernetzenden Silikone enthält lineare Ketten mit endständigen OH-Gruppen, während die Härterkomponente aus mehrfachfunktionellem Äthylsilikat und einer organischen Zinnverbindung als Katalysator zusammengesetzt ist [50]. Für die Überführung der Basispaste in den gummielastischen Zustand werden durch Zumischen der Aktivatorflüssigkeit die Ketten verlängert und gleichzeitig untereinander vernetzt [49]. Im Rahmen dieser

Kondensationsreaktion reagiert das Äthylsilikat mit den endständigen OH-Gruppen der Ketten unter Abspaltung von Alkohol (Kondensat), wodurch die Kettenenden multi-funktionell werden und durch Reaktion mit weiteren OH-Endgruppen anderer Ketten reagieren können [50]. Es kommt zur Kettenverlängerung, -verzweigung und -vernetzung [49]. Die Verdunstung des freigesetzten Alkohols hat eine Kontraktion des abgebundenen Materials zur Folge [50].

Bei den kondensatfreien additionsvernetzenden Silikonen besitzen die Kettenmoleküle der einen Komponente endständige Vinylgruppen, die der zweiten Komponente seitliche SiH-Gruppen [40]. In Gegenwart von geeigneten Edelmetallkatalysatoren, meist organischen Platinverbindungen, bilden sich Äthylbrücken zwischen den einzelnen Silikonmolekülen, wobei sowohl die Verlängerung als auch insbesondere die Vernetzung der Kettenmoleküle untereinander für die Verfestigung der Silikone sorgen [50].

Auf diese Weise verändern sie ihre Form selbst bei längerer Lagerung nicht und sind in ihrer Elastizität und Zugfestigkeit allen anderen Abformmassen überlegen [63].

Da Silikon nicht selbständig am Abformlöffel haftet, müssen mechanische Verankerungen wie Unterschnitte oder Löcher bzw. chemische Haftvermittler eingesetzt werden [18].

Ein Vorzug von Silikonen egal welcher Konsistenz ist der chemisch ähnliche Aufbau, weshalb es bei der Kombination zweier Massen zur Vereinigung an der Grenzfläche kommt [40]. Ein Silikonabdruck ist damit korrigierbar [63].

Silikon kam im Rahmen dieser Studie in Verbindung mit dem *Si-Plast-Tray* zum Einsatz. Die Situationsabformung und die orientierende Kieferrelationsbestimmung mit diesem Abformsystem erfolgen zwar in derselben Sitzung, nicht jedoch zeitgleich, wie es bei dem Ivotray-System der Fall ist. Zunächst wird eine Einzelabformung des Unterkiefers genommen. Anschließend erfolgt für die orientierende Kieferrelationsbestimmung eine Veränderung des Abformgerätes durch Aufstecken der Gaumenschablone auf den Griff des Unterkieferlöffels. Sowohl für die Ergebniskontrolle der Unterkiefererstabformung als auch für den Umbau des *Si-Plast-Trays* sind

ein Herausnehmen der Situationsabformung aus dem Mund des Patienten und ein Reponieren erforderlich. Da Silikon formstabiler als Alginat ist und selbst Hofmann das Beschicken der Gaumenschablone mit knetbarem Silikon beschreibt, wurde für die gesamte Abformung mit den *Si-Plast-Trays* Silikon verwendet. Eine umfassende Darstellung aller Bereiche der zahnlosen Kiefer war ohnehin nicht notwendig, es mussten jedoch zumindest die für die Messung relevanten Bereiche vollständig und präzise erfasst werden.

## 3. Material und Methoden

### 3.1 Versuchsaufbau

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung sowie eventueller systembedingter Veränderungen wurden neun Personen mit zahnlosem Ober- und Unterkiefer in die Untersuchung einbezogen. Bei den Probanden handelt es sich um Patienten der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster, die zwischen 1914 und 1939 geboren sind. Es wurden nur Patienten aufgenommen, bei denen eine reproduzierbare Differenzmessung möglich war. Weiterhin wurde darauf geachtet, dass die Personen möglichst keine besonders schwierigen anatomischen Verhältnisse wie z.B. Schlotterkamm oder starke Atrophie aufweisen, um die später beschriebene Vermessung der aus den anatomischen Abformungen resultierenden Situationsmodelle nicht zu erschweren.

Alle Probanden waren bereits suffizient mit Totalprothesen versorgt, so dass alle Behandlungsschritte ausschließlich den Untersuchungen dieser Arbeit und nicht der Herstellung neuen Zahnersatzes dienen.

Mit den Systemen *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* erfolgte die anatomische Abformung der zahnlosen Kiefer sowie eine orientierende Kieferrelationsbestimmung. Der Vergleich von *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit sowie mögliche systembedingte Veränderungen der Kieferrelationsbestimmung sollen Gegenstand dieser Arbeit sein.

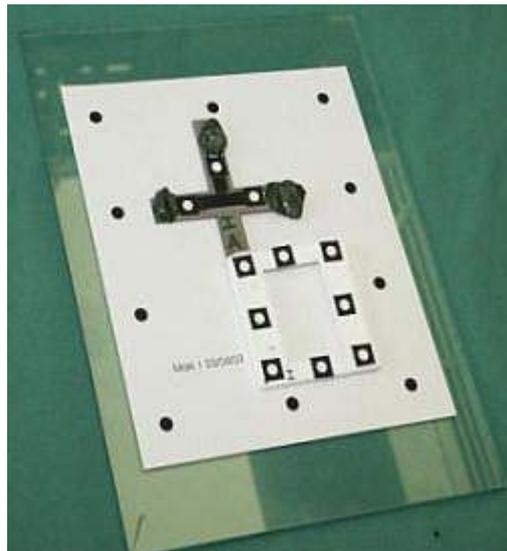
Die beiden Systeme wurden jeweils von drei Behandlern verwendet, um eventuelle subjektive Einflüsse auszuschließen. Jeder Behandler benutzte beide Systeme jeweils für die anatomische Abformung der zahnlosen Kiefer und die orientierende Kieferrelationsbestimmung jedes Patienten. Die genaue Vorgehensweise mit den Systemen *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* wird in den entsprechenden Kapiteln näher beschrieben.

Anschließend wurden alle Abformungen mit Klasse II Gips ausgegossen und die so erstellten Modelle in der festgelegten Kieferrelation in einem SAM – Artikulator einartikuliert. Um stets gleiche Rahmenbedingungen zu schaffen, fand immer derselbe Artikulator Verwendung, in dem die Modelle durch Magnetsockelplatten austauschbar waren. Für die Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit der Kieferrelation war eine schädel-/gelenkbezügliche Übertragung der Modelle in den Artikulator unnötig. Aus diesem Grund blieb der teiljustierbare SAM – Artikulator stets mittelwertig eingestellt.

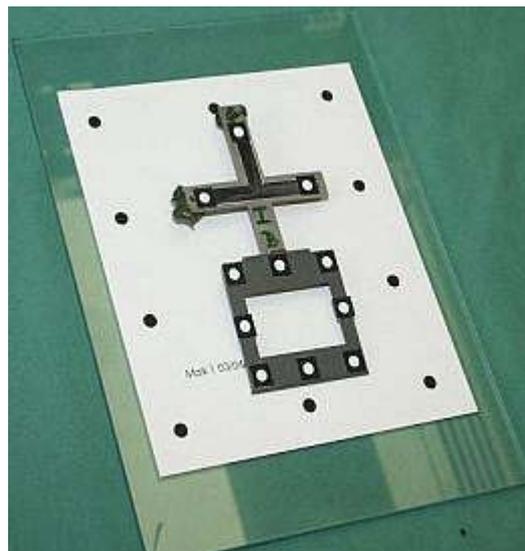
Bei der Auswahl der Gipssorte spielte die kurze Abbindezeit eine Rolle. Da die Abformungen möglichst dem Abformmaterial entsprechend zeitgerecht ausgegossen werden sollten und nur ein Artikulator in Benutzung war, stellte Gips der Klasse II eine zeitsparende Variante dar. Die Endhärte dieses Gipses war für die Zwecke Modellherstellung und Modellvermessung ausreichend, zumal keine weiteren der Prothesenherstellung dienenden Schritte auf dem Modell vorgenommen werden mussten.

Auf diese Weise entstanden pro Patient sechs Modellpaare, deren Relation jeweils zwischen Ober- und Unterkiefer im Artikulator festzustellen war. Die Auswertung erfolgte mittels eines optischen 3D-Koordinatenmessverfahrens, dessen Grundlagen im Kapitel Fotogrammetrie näher erläutert werden. Zum besseren Verständnis soll vorweggeschickt werden, dass aus Fotografien eine dreidimensionale Rekonstruktion der Lage und der Form von Objekten, in diesem Fall der Modelle, erfolgt. Dafür mussten die entsprechenden Modellpaare im Artikulator von zwei Seiten fotografiert werden. Der Artikulator schränkte das Blickfeld auf die Modelle ein, so dass die Lage von Ober- und Unterkiefer zueinander nicht erfasst werden konnte. Aus diesem Grund war die Herstellung von Messplatten notwendig, anhand derer die Relation der Kiefer auch außerhalb des Artikulators und somit auf den Fotos zu erkennen war. Die Messplatten bestehen aus einem Metallkreuz, das an drei Stellen dem Kieferkamm des jeweiligen Modells aufliegt. Um eine eindeutige Position zu erhalten, wurde das Kreuz an diesen drei Punkten mit Kerr Impression Compound Green der Modelloberfläche angepasst. Die Masse wurde an allen drei Auflagebereichen durchgedrückt, damit das

Metallkreuz mit der Modelloberfläche in Kontakt blieb. Vergleiche zwischen zwei Modellpaaren wären sonst nicht möglich gewesen. An dem längeren, auf der Rückseite aus dem Artikulator zeigenden Ende des Kreuzes befand sich ein Diarahmen. Sowohl das Kreuz als auch der Rahmen wurden mit Zielmarken versehen, welche für die Auswertung mit der Fotogrammetrie eine wichtige Rolle spielten.



**Abbildung 1:** Messmarken OK, Anordnung auf einer Platte mit weiteren Zielmarken zur Kalibrierung des Messsystems.



**Abbildung 2:** Messmarken UK



**Abbildung 3:** Modellpaar mit darauf befestigten Messmarken im Artikulator  
(Foto von links)

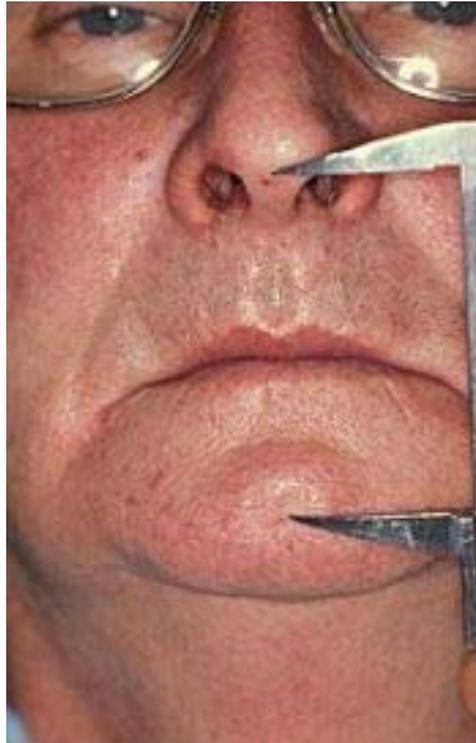


**Abbildung 4:** Modellpaar mit darauf befestigten Messmarken im Artikulator  
(Foto von rechts)

## 3.2 Abformung

Wie bereits im Kapitel Versuchsaufbau erläutert, wurden die beiden Systeme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* jeweils von drei Behandlern für die anatomische Abformung der zahnlosen Kiefer aller Patienten sowie die orientierende Kieferrelationsbestimmung verwendet, um sowohl die Reproduzierbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung als auch mögliche systembedingte Veränderungen zu überprüfen.

Als vorbereitende Maßnahme für beide Systeme war es deshalb notwendig, vor der Abdrucknahme die vertikale Relation festzulegen. Dafür erschien eine Orientierung an der Ruhelage sinnvoll. Mit einem giftfreien Blaustift wurde zu diesem Zweck dem Patienten zunächst jeweils ein Markierungspunkt auf die Nasenspitze und das Kinn gezeichnet, um die Punkte Nasale und Gnathion für die spätere Abstandsmessung festzulegen. Da sich die Lippen in Ruheschwebe linienförmig berühren, wurde der Patient als Hilfestellung aufgefordert, die Lippen mit der Zunge zu befeuchten und anschließend ein stimmhaftes „M“ zu summen. Für die Differenzmessung zwischen den beiden Markierungspunkten nahm der Patient außerdem eine entspannte und aufrechte Körper- und gerade Kopfhaltung ein. Um individuelle Fehler zu minimieren, erfolgte die Messung mehrmals. Die so ermittelte Distanz zwischen Nasale und Gnathion wurde dem interokklusalen Abstand entsprechend um 2-3 mm reduziert. Aus diesen Arbeitsschritten resultierte die gewünschte vertikale Relation in Okklusionshöhe, welche für die Abdrucknahme und die orientierende Kieferrelationsbestimmung mit beiden Systemen erforderlich war.



**Abbildung 5:** Ermittlung der vertikalen Relation

Im Folgenden soll nun die genaue Vorgehensweise mit den Systemen *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* während der anatomischen Abformung und der orientierenden Kieferrelationsbestimmung näher beschrieben werden. Alle Behandler verfahren in gleicher Weise.

### **3.2.1 Ivotray-spezial**

Das praktische Vorgehen bei der anatomischen Abformung und der orientierenden Kieferrelationsbestimmung mit den *Ivotray-Spezial*-Löffeln wurde in der Literatur mehrfach beschrieben [7, 28, 29, 68, 48]. An diese Abläufe hielten sich alle drei Behandler in dieser Studie.

Es stand ein Sortiment aus zwei oberen und drei unteren *Ivotray-Spezial*-Löffeln zur Verfügung, aus jeweils für Oberkiefer und Unterkiefer getrennt die passende Löffelgröße ausgewählt wurde.



**Abbildung 6:** Ivotray-Spezial-Löffel

Bei der Anprobe der ausgewählten Löffel wurde überprüft, ob der Patient mit den beiden Abformgeräten im Mund die zuvor ermittelte Okklusionshöhe einnehmen konnte. Für die Abdrucknahme wurden die Abformgeräte mit Alginat beschickt und einzeln in den Patientenmund eingebracht. Das getrennte Einbringen der Löffel erleichterte nicht nur die Abdrucknahme sondern ermöglichte auch eine bessere Kontrolle während der Abformung. Begonnen wurde mit dem Unterkieferlöffel. Beim Aufbringen des Abformmaterials musste beachtet werden, dass vor allem die dorsalen Löffelbereiche mit ausreichend Alginat beschickt werden, damit der das Messkreuz tragende Alveolarfortsatz ausreichend dargestellt wurde. Ein Vorkonturieren des Alginats erleichtert das richtige Platzieren des Löffels auf dem Kieferkamm. Nachdem mit dem Oberkieferlöffel entsprechend verfahren worden war, konnte der Patient aufgefordert werden, den Mund langsam und zwanglos zu schließen, bis sich seine Lippen entspannt berührten. Währenddessen kontrollierte der Behandler das Erreichen der zuvor festgelegten vertikalen Distanz mithilfe einer Schieblehre. Dabei wurden die beiden Abformlöffel im Mund des Patienten durch das überschüssige, vestibulär und durch Aussparungen im Oberkieferlöffel abfließende Alginat

miteinander verbunden. Meist haften die Abformungen am Kiefer so stark, dass es bei plötzlicher Mundöffnung zur ungewollten Trennung der zu einer Einheit verbundenen Geräte kommen kann. Um dies zu verhindern, wurden die Patienten aufgefordert, den Mund geschlossen zu halten, bis der Behandler die Unterkieferabformung durch Vorziehen der Unterlippe und durch Rotation eines Fingers vom Vestibulum her von der Schleimhaut gelöst hatte. Für die Entfernung des Abdrucks in toto wurde der Patient nun gebeten, bei der Mundöffnung den Unterkiefer vollständig aus der Abformung zu ziehen und mit seiner Zunge die Abformung im Ganzen hinaus-zuschieben.

Wie bereits im Kapitel "Versuchsaufbau" beschrieben, wurden im Anschluss alle Abformungen mit Gips der Klasse II ausgegossen und gleichzeitig die so erstellten Modelle in der festgelegten Kieferrelation in einem etwa mittelwertig eingestellten SAM – Artikulator einartikuliert.

### **3.2.2 Si-Plast-Tray**

Die *Si-Plast-Träger* nach *Hofmann* wurden bereits als eine sowohl den mundoffenen als auch den mundgeschlossenen Systemen zuzuordnende Methode der Situationsabformung dargestellt.

Die Situationsabformung und die orientierende Kieferrelationsbestimmung mit diesem Abformsystem erfolgen zwar in derselben Sitzung, nicht jedoch zeitgleich, wie es bei dem Ivotray-System der Fall ist. Im Rahmen dieser Studie kam Silikon in Verbindung mit dem *Si-Plast-Tray* zum Einsatz. Grund dafür war die allgemeine Vorgehensweise bei der Erstabformung und orientierenden Kieferrelationsbestimmung mit *Si-Plast-Trays*. Zunächst wird eine Einzelabformung des Unterkiefers genommen. Anschließend erfolgt für die orientierende Kieferrelationsbestimmung eine Veränderung des Abformgerätes durch Aufstecken der Gaumenschablone auf den Griff des Unterkieferlöffels. Sowohl für die Ergebniskontrolle der Unterkiefererstabformung als auch für den Umbau des *Si-Plast-Trays* sind ein Heraus-

nehmen der Situationsabformung aus dem Mund des Patienten und ein Reponieren erforderlich. Da Silikon formstabiler als Alginat ist und auch *Hofmann* das Beschicken der Gaumenschablone mit knetbarem Silikon beschreibt, wurde für die gesamte Abformung mit den *Si-Plast-Trays* Silikon verwendet. Eine dünnfließende Komponente zur Detailwiedergabe der Schleimhauttextur ist nicht vorgesehen und war im Zusammenhang mit unserer Studie auch nicht erwünscht.

Der komplette Satz *Si-Plast-Trays* umfasst vier Ober- und vier Unterkieferlöffel in unterschiedlichen Größen. Aus diesem Set wurde der jeweils passende Abformlöffel für Ober- und Unterkiefer ausgesucht. Um zu überprüfen, ob der Patient für die orientierende Kieferrelationsbestimmung die zuvor ermittelte Okklusionshöhe einnehmen kann, musste der Unterkieferlöffel um die Gaumenschablone erweitert werden. Dafür wurde dem Unterkieferlöffel der Griff nach lingual zeigend aufgesteckt und auf diesen die Gaumenschablone aufgesetzt. Nach dem Einführen dieses kombinierten Trägers in den Mund des Patienten wurde dieser aufgefordert, den Mund bis zur festgelegten Bisshöhe zu schließen, wobei die Zunge zwanglos unter den Griff liegen sollte. Ein mögliches Einkürzen der Gaumenschablone war bei keinem Patienten dieser Studie notwendig.

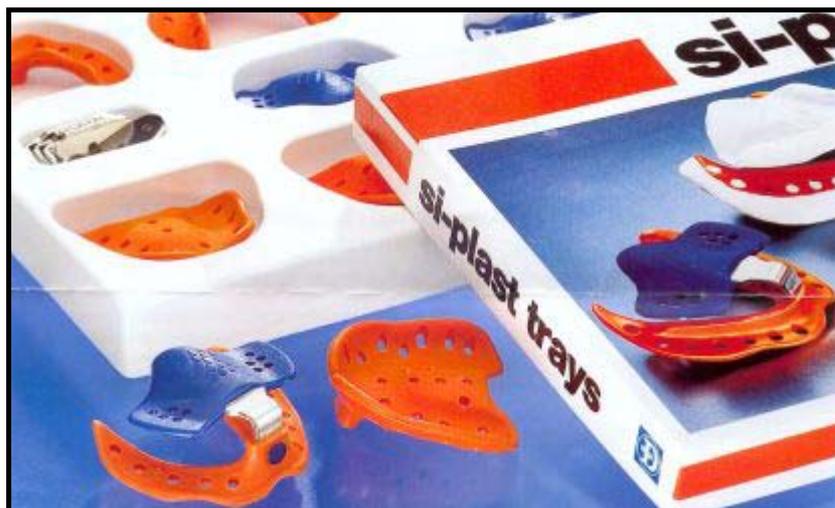
Der Löffelanprobe folgte die Situationsabformung des Unterkiefers, für welche die Gaumenschablone wieder abgenommen wurde. Der Griff blieb nach lingual zeigend am Abformlöffel montiert. Beim Beschicken des Unterkieferlöffels mit Silikon erleichterte auch hier ein Vorkonturieren des Abformmaterials das richtige Platzieren des Löffels auf dem Kieferkamm. Bis zum Ende des Abbindevorganges lag der Zeigefinger des Behandlers auf dem intraoral befindlichen Griff und der Daumen unter dem Kinn des Patienten. Dies ermöglichte eine zentrische Positionierung während der Abformung und verhinderte Löffelverschiebungen. Die Zunge des Patienten hatte dabei unter dem Griff ausreichend Platz.

Der erfolgreichen Unterkieferabformung folgte die orientierende Kieferrelationsbestimmung. Dafür wurde die Gaumenschablone wieder auf den Griff des Abformlöffels aufgesteckt und der Abdruck in den Patientenmund

reponiert. Um den adäquaten Sitz zu überprüfen, öffnete und schloss der Patient den Mund, wobei seine Zunge wieder zwanglos unter dem Griff zu liegen kam. Anschließend wurde die Gaumenschablone mit Silikon beschickt und der Patient aufgefordert, den Mund langsam und zwanglos zu schließen. Der Behandler kontrollierte währenddessen das Erreichen der zuvor festgelegten vertikalen Distanz mithilfe einer Schieblehre.

Nach der orientierenden Kieferrelationsbestimmung erfolgte die Oberkieferabformung. Sie wurde mit dem zuvor ausgewählten Oberkieferlöffel und nach extraoral aufgestecktem Griff wie eine Einzelabformung durchgeführt. Dafür adaptierte der Behandler den gleichmäßig mit Abformmaterial beschickten Löffel mit leicht vibrierendem Druck und stützte den Abdrucklöffel in seinem Zentrum. Während des Abbindevorganges hielt der Patient den Mund geöffnet.

Wie im Kapitel Versuchsaufbau bereits beschrieben wurden im Anschluss alle Abformungen mit Gips der Klasse II ausgegossen. Die so erstellten Ober- und Unterkiefermodelle wurden mithilfe des provisorischen Bissregistrates auf der Gaumenplatte einander zugeordnet und in der festgelegten Kieferrelation in einem mittelwertig eingestellten SAM – Artikulator einartikuliert.



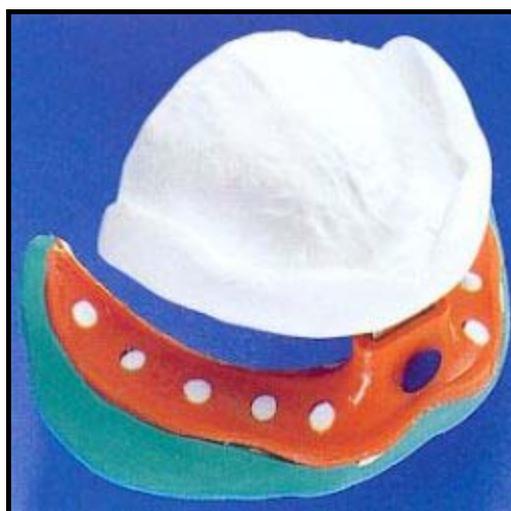
**Abbildung 7:** Übersicht Löffelsatz Si-Plast-Trays



**Abbildung 8:** Oberkieferlöffel mit Silikon beschickt



**Abbildung 9:** Unterkieferlöffel mit aufgesteckter Gaumenschablone



**Abbildung 10:** Unterkieferlöffel & Gaumenschablone mit Silikon beschickt

### 3.3 Fotogrammetrie

Wie bereits im Kapitel Versuchsaufbau erläutert, wurde im Rahmen dieser Studie die Fotogrammetrie eingesetzt, um die Relation der jeweiligen Modellpaare zueinander auszuwerten. Die räumliche Lage von Modellen in einem vorgegebenen Koordinatensystem mit mechanischen Hilfsmitteln zu bestimmen ist jedoch schwierig. Die Problematik besteht darin, die erforderlichen Zielmarken (mindestens 3) mit hinreichender Genauigkeit reproduzierbar entlang dreier, zueinander senkrecht stehender Koordinatenachsen zu messen.

Basis der fotogrammetrischen Untersuchungen waren die Fotos der einartikulierten Modellpaare mit den entsprechenden Messplatten aus jeweils zwei verschiedenen Perspektiven (siehe Abbildung 3 und 4). Die Ermittlung der räumlichen Relation von Ober- und Unterkiefermodell zueinander erfolgte dabei über die schon erwähnten Zielmarken auf Messkreuz und Diarahmen. Das Grundprinzip der dafür verwendeten Fotogrammetrie soll im Folgenden kurz dargelegt werden.

Ziel der Fotogrammetrie ist die dreidimensionale Rekonstruktion der Lage und Form von Objekten aus Fotografien. Die Fotogrammetrie ist dabei auch Grundlage automatisierter optischer 3D-Koordinatenmessverfahren. Das Grundprinzip der fotogrammetrischen Messtechnik ist die Triangulation. Dies bedeutet, dass ein zu vermessender Punkt, wie im Fall dieser Arbeit die Zielmarken auf den Messplatten, aus zwei unterschiedlichen Positionen anvisiert wird. Die Ermittlung der Koordinaten dieses Punktes erfolgt dann durch Bestimmung der Parallaxe, d.h. einer scheinbaren Verschiebung seiner Position in einer angenommenen Projektionsebene, bei bekannter Basislänge [9].

Wenn die Abbildungseigenschaften der Kamera und ihre genaue Lage im Raum während beider Aufnahmen präzise bekannt sind, lässt sich dieses Prinzip auf fotografische Aufzeichnungen übertragen. Die Zentralprojektion ermöglicht eine mathematisch hinreichend genaue Beschreibung der optischen Abbildungseigenschaften üblicher Kamerasysteme. Dabei erfolgt

die Charakterisierung der Abbildung durch eine Bildebene sowie ein Projektionszentrum. Dann ergibt sich jeder Bildpunkt als Durchstoßungspunkt des Strahls vom Objektpunkt zum Projektionszentrum in der Bildebene.

Durch numerische Ausgleichsverfahren anhand von Abbildungen eines Kalibrierkörpers mit bekannten Raumkoordinaten werden die Abbildungseigenschaften, d.h. die Lage der Bildebene und der Projektionszentren im Raum, ermittelt. Hier dient der Kalibrierkörper (in diesem Fall eine Ebene mit einem regelmäßigen Punkteraster) auch zur Festlegung des Koordinatensystems, in welchem die an den Modellen befestigten Messplatten eingemessen werden. Es werden bei allen Messungen kreisförmige Zielmarken eingesetzt. Ihr Mittelpunkt wird mit digitalen Bildbearbeitungsverfahren bestimmt, wodurch sich eine wesentlich höhere Messgenauigkeit ergibt als mit manuellen oder mechanischen Techniken erreichbar wäre [9].

Detaillierte Beschreibungen der weiteren Anwendung sowie der Grundlagen der Fotogrammetrie sind der einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen.

### **3.4 Statistische Methodik**

Die Erfassung der ermittelten Messwerte und patientenbezogenen Daten erfolgte mit den Programmen Excel 7.0 (Microsoft) und SPSS 11.0. Ausgewertet und verarbeitet wurden die gewonnenen Daten ebenfalls mit SPSS 11.0.

Als statistische Methode zur Signifikanzbestimmung der Systeme untereinander diente der für diese Studie geeignete U-Test nach Whitney und Mann für mehr als zwei unabhängige Stichproben.

Der Wilcoxon-Test wurde zur Bestimmung einer eventuellen Signifikanz der Behandler benutzt.

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

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Beschreibung der Patientengruppe

An der vorliegenden Studie nahmen neun Probanden teil, die ausnahmslos Patienten der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Westfälischen Wilhelms - Universität Münster sind. Die Alters- und Geschlechtsverteilung ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen (Tabelle 1).

<b>Altersverteilung</b>	
Ältester Patient	Jahrgang 1914
Jüngster Patient	Jahrgang 1939
<b>Geschlechtsverteilung</b>	
Männer	4
Frauen	5

**Tabelle 1:** Zusammensetzung der Probandengruppe

### 4.2 Datenbasis der fotogrammetrischen Auswertungen

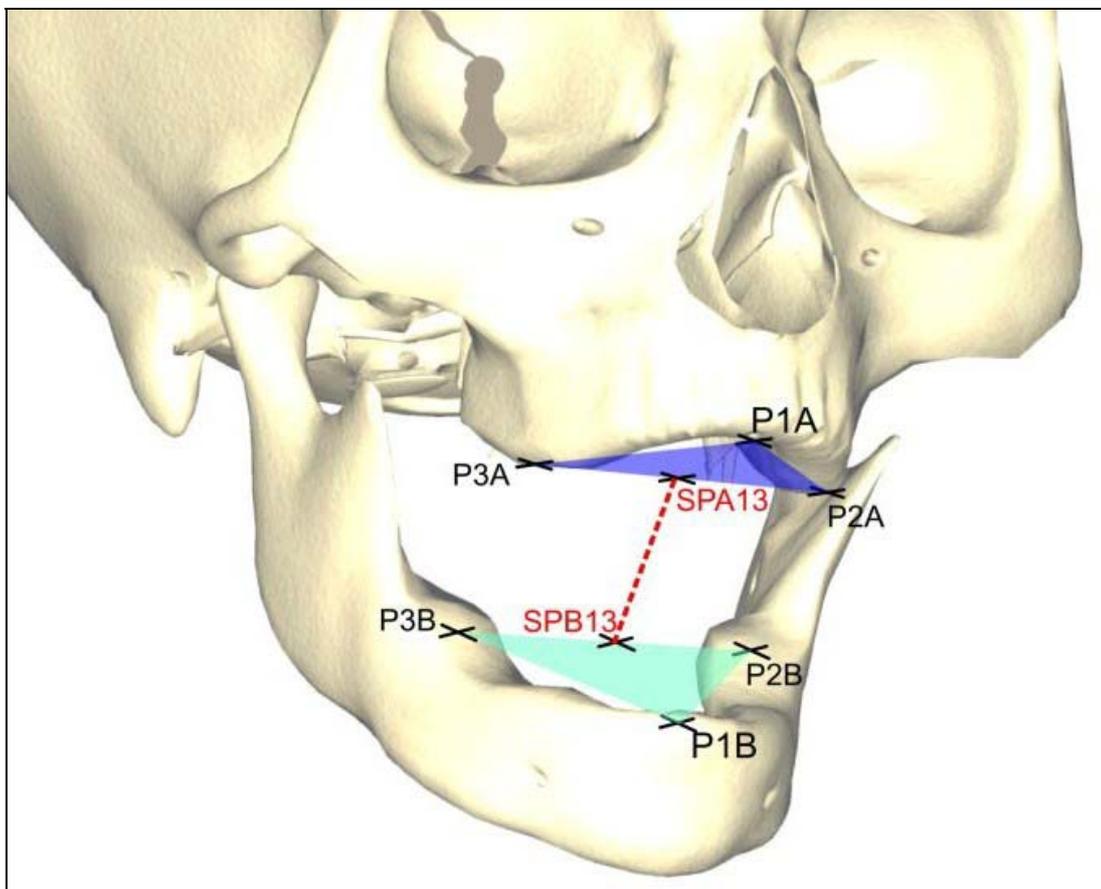
Von den neun Probanden nahm jeder der drei Behandler jeweils mit den Systemen *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* eine Situationsabformung der zahnlosen Kiefer. Somit resultierten nach der Modellherstellung 54 zu vermessende Modellpaare, von denen allerdings nur 53 fotogrammetrisch ausgewertet werden konnten. Ein Modellpaar war wegen der ungünstigen Neigungswinkel seiner Ober- und Unterkiefermessmarke im Artikulator zueinander nicht für die fotogrammetrische Weiterbearbeitung geeignet. Zurückzuführen ist das Modellpaar auf die von Behandler 1 mit dem *Ivotray* - System genommene Situationsabformung des zweiten Patienten.

Eine tabellarische Übersicht der Datenbasis für die fotogrammetrischen Auswertungen ist im Anhang zu finden (Tabelle 2).

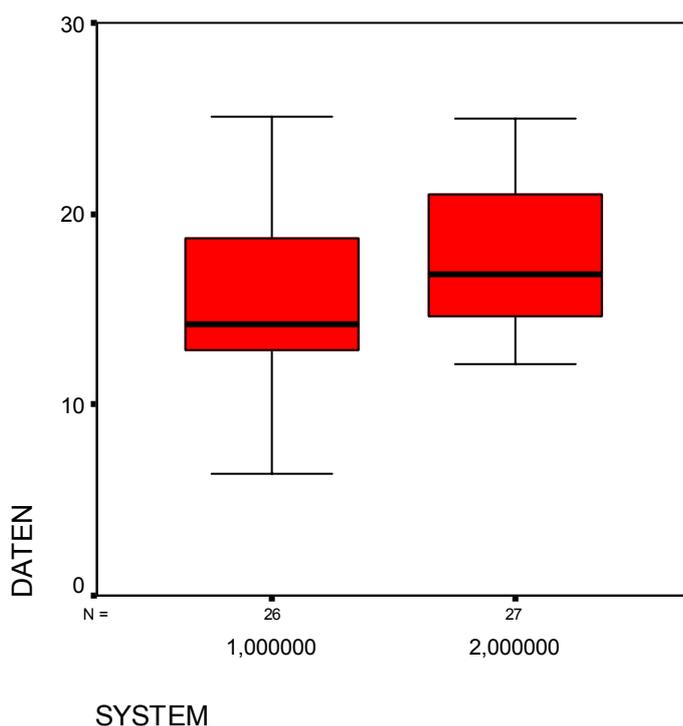
### 4.3 Ergebnisse der fotogrammetrischen Auswertungen

#### 4.3.1 Vergleich der Systeme Ivotray-Spezial und Si-Plast-Tray

Die Auswertung der gewonnenen Daten basiert auf dem dAbs-Wert. Dieser Wert entspricht dem Betrag der Abstände der Schwerpunkte P1A-P3A (Oberkiefer) und P1B-P3B (Unterkiefer, siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11:** schematische Darstellung der Dreiecke, ihrer Schwerpunkte und deren Abstände



**Abbildung 12:** Box-and-Whisker-Plot zur Darstellung der Bisshöhe des Ivotray-spezial- und Si-Plast-Tray-Systems in Millimetern, links Ivotray-spezial, rechts Si-Plast-Tray. Die Signifikanz beträgt  $p=0,030$ .

In der Abbildung 12 ist beim Ivotray-spezial System die Tendenz zu einer niedrigeren resultierenden Bisshöhe und beim Si-Plast-Tray-System die Tendenz zu einer höheren resultierenden Bisshöhe erkennbar.

Beim Vergleich der Systeme Ivotray-Spezial und Si-Plast-Tray miteinander beträgt die Irrtumswahrscheinlichkeit 3%. Damit besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Abformsystemen.

Die Erläuterungen zur Auswertung der fotogrammetrisch ermittelten Daten sind im Anhang eingefügt (Kapitel 10.2).

#### 4.3.2 Vergleich der Behandler

Der Wilcoxon-Test ergab keinen signifikanten Unterschied bei der Auswertung der nach den einzelnen Behandlern aufgeteilten Ergebnisse.

## **5. Diskussion**

### **5.1 Unterschiede in der praktischen Anwendung der Systeme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray***

Die Abformsysteme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht: Funktioneller Aufbau der einzelnen Abformlöffel, Zusammensetzung des Löffelsatzes, Handhabung der Abformlöffel, verwendetes Abformmaterial, Ablauf der Arbeitsschritte für die Situationsabformung und die orientierende Kieferrelationsbestimmung. Diese Unterschiede haben Auswirkungen auf die praktische Anwendung der Abformsysteme. Im Folgenden werden deshalb einerseits die Eindrücke der drei Behandler wiedergegeben, welche die Abformtrays angewandt haben. Andererseits werden die Empfindungen der Probanden geschildert, an denen die Systeme Verwendung fanden. Obwohl diese subjektiven Impressionen bei der geringen Zahl der Anwender und Anwendungen im Rahmen dieser Studie kaum statistisch messbar sind, sollen sie hier doch erwähnt werden.

#### **5.1.1 Ivotray-spezial**

Die Auswahl der passenden Löffelgröße für Ober- und Unterkiefer aus dem Sortiment der *Ivotray-Spezial*-Löffel gestaltete sich für den Behandler sehr einfach. Das zunächst getrennte Einbringen der Löffel erleichterte die Abdrucknahme erheblich und ermöglichte eine bessere Kontrolle während der Abformung. Trotzdem stellt für den ungeübten Anwender die gleichzeitige Abformung von Ober- und Unterkiefer mundgeschlossen eine Herausforderung dar. Die Patienten empfanden das Prozedere teilweise als unangenehm, da der geschlossene Mund mit zwei Abformlöffeln und dem Abformmaterial ausgefüllt war, was bei einigen Probanden zu dem subjektivem Gefühl der Atemnot führte. Allerdings machte nach Angaben der

betroffenen Patienten die kurze Abbindzeit des Alginats diesen Eindruck durchaus erträglich. Motorisch hatte kein Patient Schwierigkeiten, die notwendigen Bewegungen auszuführen, was wohl auf den funktionellen Aufbau der Abformlöffel und das Prinzip der Verschlüsselung durch das überschüssige Abformmaterial zurückzuführen ist.

### **5.1.2 Si-Plast-Tray**

Die Wahl des jeweils passenden Abformlöffels für Ober- und Unterkiefer aus diesem Set der *Si-Plast-Trays* stellte ebenfalls kein Problem dar. Dass die Situationsabformungen beider Kiefer nicht zeitgleich durchgeführt wurden, ermöglichte dem Behandler ein bequemes und kontrolliertes Positionieren der Löffel auf den Kieferkämmen. Die Patienten empfanden die Einzelabformungen ebenfalls als angenehmer, obwohl der Vorgang dadurch zeitaufwendiger war. Selbst die orientierende Kieferrelationsbestimmung beschrieben die Probanden als weniger unangenehm, da durch den schmalen Gaumenflügel kein so beklemmendes Gefühl aufkam wie mit den mit Alginat beschickten *Ivotray-spezial - Löffel*. Während die Behandler mit beiden Abformmaterialien gleichermaßen gut zurechtkamen, erlebten die meisten Patienten das zähplastische Silikon als angenehmer als das etwas fließfähigere Alginat.

## **5.2 Beurteilung der Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Systeme**

Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, ob bei Verwendung der Systeme *Ivotray-Spezial* und *Si-Plast-Tray* zur Erstabformung und orientierenden Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der Totalprothesenherstellung durch unterschiedliche Behandler reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können.

Wie im Kapitel Ergebnisse dargelegt besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den mit den Systemen *Ivotray-spezial* und *Si-Plast-Tray* bestimmten Kieferrelationen.

Als Ursache dafür kommen verschiedene Aspekte in Frage. Der Erste könnte anatomisch bedingt sein. Die Kieferrelationsbestimmung lässt ebenso wie die Bisshöhe eine physiologische Bandbreite offen [12], welche auf die biologische Toleranz des Kausystems zurückzuführen ist [66]. Je nach Funktionalität und Anwendung des jeweiligen Abformsystems könnte diese anatomisch bedingte Variabilität unterschiedlich zum Tragen kommen.

Ein weiterer Aspekt ist die Methode der orientierenden Kieferrelationsbestimmung. Im Rahmen dieser Arbeit kam die von muskulären Parametern bestimmte Differenzmessung zum Einsatz. Diese und andere Varianten wurden bereits in der Literaturübersicht erläutert.

### **5.3 Konklusion und Ausblick**

Es sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das Ziel dieser Arbeit nicht darin bestand herauszufinden, ob die Methode der Differenzmessung die richtige ist. Das Ziel war vielmehr eine Überprüfung, ob bei gleicher Technik der Differenzmessung aber verschiedener Abformtechniken vergleichbare Unterkieferpositionen eingestellt werden. Das Ergebnis unserer Studie ist klinisch relevant, da bei dem jeweiligen System eine Tendenz zu einer höheren oder niedrigeren resultierenden Bisshöhe erkennbar ist. Diese Tatsache sollte die Auswahl des nachfolgenden Behandlungsablaufs sowie vor allem das technische Herstellungsverfahren der Totalprothesen beeinflussen. Vor allem zeigt sich, dass eine Überprüfung der vertikalen Kieferrelation bei der Funktionsabformung und Wachsprobe unerlässlich ist.

Die Situationsabformung und orientierende Kieferrelationsbestimmung mit den *Si-Plast-Trays* zeigt eine Tendenz zu einer höheren resultierenden Bisshöhe. Dieser Tatsache entsprechend empfiehlt sich bei Unsicherheiten

in der Differenzmessung mit Funktionslöffeln für die Umsetzung der Prothesen in Kunststoff ein Verfahren, das nicht durch Pressfahren eine weitere Erhöhung bedingt, z. B. die Spritz-Press-Methode. Diese Herstellungsmethode sieht *Hofmann* ohnehin für das von ihm entwickelte All-Oral-Verfahren, für welches er auch die *Si-Plast-Trays* entworfen hat, vor. Das Spritz-Press-Verfahren hat gegenüber dem Stopf-Press-Verfahren den Vorteil, dass es eine geringere Bissserhöhung verursacht [35]. Die Beseitigung des beim Stopf-Press-Verfahren üblichen Überschusses entfällt, wodurch die Passform der Prothese besser wird [26]. Mit dem Spritz-Press-Verfahren können also okkluso-artikuläre Störungen weitgehend vermieden werden [43].

Die Notwendigkeit der Beachtung dieser Empfehlungen liegt in der Tatsache begründet, dass eine korrekte Kieferrelation unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche prothetische Rehabilitation ist [59, 48, 64, 12], zumal die meisten Fehler in diesem Bereich auf eine mangelhafte Kieferrelationsbestimmung zurückzuführen sind [21, 52, 53].

Ein weiteres Resultat der dargelegten Ergebnisse ist die Notwendigkeit von Nachfolgeuntersuchungen, welche die klinische Relevanz der verschiedenen Methoden der orientierenden Kieferrelationsbestimmung überprüfen. Es besteht damit die Forderung nach Studien, die eine Korrelation zwischen den Methoden einerseits und dem Behandlungserfolg andererseits herstellen. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang beispielsweise, die Bisshöhe auf Verträglichkeit beim Patienten im Vergleich der drei Methoden der orientierenden Kieferrelationsbestimmung zu untersuchen.

## 6. Zusammenfassung

Die Rehabilitation des Zahnlosen stellt heute nach wie vor eine der schwierigsten Aufgaben des Zahnarztes dar, zumal für die Totalprothesenherstellung viele unterschiedliche Methoden existieren. Der erste Arbeitsschritt beginnt jedoch immer mit der anatomischen Abformung der zahnlosen Kiefer. Ihr Gelingen ist demzufolge grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung der verschiedenen in Frage kommenden Verfahren. Man unterscheidet bei der Situationsabformung zwischen mundoffenen und mundgeschlossenen Systemen. Letztere haben insbesondere den Vorteil, dass sie eine orientierende Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung und damit eine Vereinfachung und Präzisierung der Folgeschritte ermöglichen.

Da für die mundgeschlossene Erstabformung verschiedene Abformsysteme existieren, wirft sich die Frage der Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung auf. Anhand eines Vergleichs der Systeme *Ivotray-Spezial* (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und *Si-Plast-Tray* (Detax, Ettlingen, Deutschland) sollte dieser Aspekt in der hier vorliegenden Arbeit untersucht werden.

Zu diesem Zweck führten drei Behandler bei neun Probanden jeweils mit beiden Abformsystemen eine Situationsabformung sowie eine orientierende Kieferrelationsbestimmung durch. Mithilfe der Fotogrammetrie wurde die Relation der aus den Abformungen resultierenden Ober- und Unterkiefermodelle zueinander bestimmt und anschließend ausgewertet.

Als Ergebnis der Untersuchungen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Abformsystemen ermittelt werden. Während bei dem System *Ivotray-Spezial* die Tendenz zu einer niedrigeren resultierenden Bisshöhe erkennbar ist, lässt sich bei dem System *Si-Plast-Tray* die Tendenz zu einer höheren resultierenden Bisshöhe feststellen.

## 7. Literaturverzeichnis

- 1      **Balkenhol M** (1994)  
Überlebenszeit und Nachsorgebedarf von totalen Prothesen.  
Medizinische Dissertation, WWU Münster
  
- 2      **Basker RM, Ogden AR, Ralph JP** (1993)  
Complete denture prescription - an audit of performance.  
Br. Dent. J. 174(8): 278-284
  
- 3      **Besimo C, Graber G, Stutz F** (1993)  
Abform- und Übertragungsmethode für schwierige totalprothetische  
Fälle.  
Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 103(7): 874-884
  
- 4      **Böttger H** (1969)  
Das praktische Vorgehen und klinische Erfahrungen mit dem SR-  
Ivotray-System bei der prothetischen Behandlung des zahnlosen  
Kiefers.  
ZWR 78: 100-103
  
- 5      **Bollmann F** (1975)  
Totale Sofortprothese.  
ZWR 84(12): 563-565
  
- 6      **Breustedt A, Hoffmeier S** (1969)  
Erfahrungen mit der individuellen Abformung des Lippen-Zungen-  
Raumes beim Zahnlosen.  
Dtsch. Stomatol. 19(5): 352-358

- 7**      **Caesar HH, Murr (1991)**  
Totalprothesen nach biogenem Vorbild - Mundgeschlossene  
Abformung und intraorale Bissregistrierung.  
Dent. Labor 39(3): 355ff.
- 8**      **Caesar HH, Murr (1990)**  
Gedanken zur totalen Prothese.  
Dent. Labor 38(10): 1468-1480
- 9**      **Dirksen D (2004)**  
Erfassung und Analyse von Tiefenbildern für Anwendungen in der  
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.  
Shaker, Aachen
- 10**     **Engelhardt JP (1970)**  
Die intraorale Registrierung der zentralen Relation beim zahnlosen  
Kiefer in Verbindung mit der geschlossenen Mundabformung der  
SR-Ivotray-Methode.  
ZWR 79(5): 191-197
- 11**     **Fahmi FM (1992)**  
The position of the neutral zone in relation to the alveolar ridge.  
J. Prosthet. Dent. 67(6): 805-809
- 12**     **Fayz F, Eslami A (1988)**  
Determination of occlusal vertical dimension: A literature review.  
J. Prosthet. Dent. 59(3): 321-323
- 13**     **Fuhr K, Reiber T (1993)**  
Die Totalprothese.  
Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore

- 14 Gasser F (1974)**  
Vorbereitung des Prothesenlagers und Abdruckverfahren beim totalen Zahnersatz.  
Zahnärztl. Prax. 25(2): 42-45
- 15 Gauthier G, Williams JE, Zwemer JD (1992)**  
The practice of complete denture prosthodontics by selected dental graduates.  
J. Prosthet. Dent. 68(2): 308-313
- 16 Genieser A, Jakstat H (1990)**  
Arbeitsweisen und Materialien bei der Herstellung totaler Prothesen.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 45(9): 559-560
- 17 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 24(1): 23-34
- 18 Gründler, Stüttgen: (1995)**  
Die Totalprothese.  
Neuer Merkur, München, 1. Auflage
- 19 Haase G (1982)**  
Indikation myodynamischer und myostatischer Abformmethoden.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 37: 739-748
- 20 Heartwell CM (1973)**  
Successful complete denture prosthodontics.  
J. Prosthet. Dent. 30(4): 612-617

- 21 Helft M, Cardash H, Kaufman C (1978)**  
Combining final impressions with maxillomandibular relation records  
in stabilized record bases.  
J. Prosth. Dent. 39(2): 135-138
- 22 Herrmann M (2001)**  
Veränderung des oralen Diskriminationsvermögens mit  
zunehmendem Alter.  
Zahnmedizinische Dissertation, WWU Münster
- 23 Heymer ME (1970)**  
Ein neues rationelles Verfahren zur Herstellung von Vollprothesen  
mit geschlossener Mundabformung, Funktionsabdruck und  
Bissregistrierung.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 25(2): 242-246
- 24 Hoffmann WJr, Bomberg TJ, Hatch RA (1985)**  
Complete dentures: a review.  
Quintessence Int. 16(5): 349-355
- 25 Hofmann M (1973)**  
Die Herstellung totaler Prothesen nach dem All-Oral-Verfahren.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 28(9): 877-894
- 26 Hofmann M (1981)**  
Totale Prothesen nach dem All-Oral-Verfahren.  
Carl Hanser, München Wien, 3. völlig neu bearbeitete Auflage
- 27 Hofmann M (1982)**  
Die Totale Prothese - Halt, Abformung und Basisgestaltung.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 37: 702

- 28 Holstermann GJ (1978)**  
Die Abformung des zahnlosen Kiefers.  
ZWR 87(14): 677-681
- 29 Holstermann GJ, Böcker L (1977)**  
Die totale Prothese: Biotechnische Arbeitsgänge (III).  
Quintessenz Zahntech. 3(6): 9-17
- 30 Holstermann J, Marxkors R (1975)**  
Das SR - Ivotray – Abdruckverfahren.  
ZWR 84(11): 519-521
- 31 Hromatka A (1968)**  
Abdruckmethoden für die totale Prothese.  
Zahnärztl. Mitt. 58(7): 334-337
- 32 Huber HP, Kobes LWR (1995)**  
Die Totalprothese.  
Carl Hanser, München Wien
- 33 Ismail YH, George WA, Sassouni V, Scott RH (1968)**  
Cephalometric study of the changes occurring in the face height following prosthetic treatment. Part I. Gradual reduction of both occlusal and rest face heights.  
J. Prosthet. Dent. 19(4): 321-330
- 34 Jüde HD, Kühl W, Roßbach A (1979)**  
Einführung in die zahnärztliche Prothetik.  
Deutscher Ärzte GmbH, Köln-Lövenich, 2. überarbeitete und verbesserte Auflage

- 35 Keenan PLJ, Radford DR, Clark RKF (2003)**  
Dimensional change in complete dentures fabricated by injection molding and microwave processing.  
J. Prosthet. Dent. 89(1): 37-44
- 36 Klein IE, Goldstein BM (1984)**  
Physiologic determinants of primary impressions for complete dentures.  
J. Prosthet. Dent. 51(5): 611-616
- 37 Kluge L (1981)**  
Abformung und Relationsbestimmung zahnloser Kiefer.  
Stomatol. DDR 31(6): 392-395
- 38 Kobes LWR (1987)**  
Abformung unbezahnter Kiefer.  
In: Hupfaut L (Hrsg) PDZ. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, Bd.7 Totalprothesen, 2. Auflage S 75-103
- 39 Körber K (1995)**  
Zahnärztliche Prothetik.  
Georg Thieme, Stuttgart New York, 4. vollständig überarbeitete Auflage
- 40 Körber K, Ludwig K (1993)**  
Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie.  
Georg Thieme, Stuttgart New York, 2. überarbeitete Auflage
- 41 Koran A (1980)**  
Impression Materials for Recording the Denture Bearing Mucosa.  
Dent. Clin. North. Am. 24(1): 97-111

- 42**      **Kühl W** (1968)  
Die bißwallbedingte Kiefergelenkdistraktion und ihre Konsequenzen  
für das Einschleifen totaler Prothesen.  
DZZ 23(3): 382-385
- 43**      **Kühl W, Frank HG** (1966)  
Untersuchungen zur Bißnahme für totalen Zahnersatz.  
DZZ 21(12):1384-1390
- 44**      **Lehmann KM** (1988)  
Einführung in die Zahnersatzkunde.  
Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore, 6. überarbeitete  
Auflage
- 45**      **Lotzmann U** (1998)  
Die Prinzipien der Okklusion.  
Neuer Merkur GmbH, München, 5. Auflage
- 46**      **Ludwig P, Niedermeier W** (2002)  
Prothetik  
Georg Thieme, Stuttgart New York
- 47**      **Marxkors R** (1968)  
Erfahrungen mit dem Abformgerät SR-Ivotray.  
Dtsch. Zahnärztl. Z. 23(12): 1396-1398
- 48**      **Marxkors R** (2000)  
Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik  
Deutscher Zahnärzte, Köln München, 3. überarbeitete und  
erweiterte Auflage

- 49 Marxkors R (1972)**  
Werkstoffe in der zahnärztlichen Praxis  
Johann Ambrosius Barth, Frankfurt am Main
- 50 Marxkors R, Meiners H (1993)**  
Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde  
Carl Hanser, München Wien, 4. neu bearb. Auflage
- 51 Marxkors R, Schmiing H (1970)**  
Die Ivotray-Methode.  
ZWR 79(12): 505-512
- 52 Mersel A (1989)**  
Gerodontology-A Contemporary Prosthetic Challenge Part1:  
Mandibular Impression Technique.  
Gerodontology 8(3): 79-81
- 53 Meyer M, Silverman DDS (1953)**  
The speaking method in measuring vertical dimension.  
J. Prosthet. Dent. 3(2): 193-199
- 54 Millet C, Jeannin C, Vincent B, Malquarti V (2003)**  
Report on the determination of occlusal vertical dimension and  
centric relation using swallowing in edentulous patients.  
J. Oral Rehabil. 30: 1118-1122
- 55 Mohindra NK (1996)**  
A preliminary report on the determination of the vertical dimension  
of occlusion using the principle of the mandibular position in  
swallowing.  
Br. Dent. J. 180(9): 344-348

- 56 Musil R (1979)**  
Die Abformung des zahnlosen Mundes unter besonderer Berücksichtigung der mundgeschlossenen Abformung mit gleichzeitiger Relationsbestimmung.  
Stomatol. DDR 29(6): 488-496
- 57 Neill DJ, Glaysher JKL (1982)**  
Identifying the denture space.  
J. Oral Rehabil. 9(3): 259-277
- 58 Nemec S, Börkircher H (2004)**  
Praxismarketing für das Jahr 2000X.  
Zahnärztl. Mitt. 94(5): 560-561
- 59 Palla S (1993)**  
Vertikale Kieferrelation und Totalprothetik.  
Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 103(5): 596-604
- 60 Rungcharassaeng K, Kan JYK (1999)**  
Fabricating a stable record base for completely edentulous patients treated with osseointegrated implants using healing abutments.  
J. Prosthet. Dent. 81(2):224-227
- 61 Schäfer M, Engelhardt JP (1972)**  
Untersuchungen zur Frage der intraoralen Registrierung der zentralen Kieferrelation am zahnlosen Patienten in Verbindung mit der geschlossenen Mundabformung.  
ZWR 81(4): 162-168
- 62 Schreinemakers J (1960)**  
Die Rationalisierung der Abdruckgewinnung zur Herstellung totaler Prothesen.

Dtsch. Zahnärztl. Z. 15(24): 1632-1644

- 63 Schulz HH (1992)**  
Die totale Prothese  
Neuer Merkur, München, 8. Auflage
- 64 Schweitzer JM (1981)**  
An evaluation of 50 years of reconstructive dentistry. Part I: Jaw relations and occlusion.  
J. Prosthet. Dent. 45(4): 383-388
- 65 Utz KH (2003)**  
Ein modifiziertes Verfahren zu Totalprothesenherstellung.  
ZWR 112(12): 570-577
- 66 Utz KH, Bernard N, Hültenschmidt R, Wegmann U, Kurbel R (1993)**  
Reproduzierbarkeit der Handbissnahme bei Totalprothesenträgern.  
Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. (1993), 103(5): 561-566
- 67 Waldmann HB, Pearlman SP (2000 Sep-Oct)**  
Providing general dentists for people with disabilities: A demographic review.  
Gen Dent. 48(5): 566-9; quiz 570-1.
- 68 Wöstmann B, Schulz HH (1989)**  
Die totale Prothese.  
Deutscher Ärzte, Köln
- 69 Wolfram D (1968)**  
Vorteile der Arbeitsmethode mit SR – Ivotray.  
Dent. Labor 16(7): 336-342

- 70**      **Wormley** JH (1979)  
How to maintain quality in economy dentures.  
J. Am. Dent. Assoc. 98(2): 215-218

## 8. Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die freundliche, geduldige und umfassende Unterstützung gilt mein aufrichtiger Dank Herrn PD Dr. Ch. Runte.

Ebenso danke ich Herrn PD Dr. D. Dirksen für die nette, umfangreiche Hilfe und Mitwirkung v.a. bei der fotogrammetrischen Auswertung sowie das zur Verfügung Stellen der Messgeräte und Computer im Labor für Biophysik.

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

Meiner Familie und meinen engsten Freunden danke ich an dieser Stelle noch mal für die stetigen Ermahnungen und Aufforderungen, die Arbeit endlich fertig zu stellen.

Ferner danke ich meinen Eltern, die mir sowohl das Studium als auch die Promotion ermöglicht haben, sowie meiner Schwester und meinem Schwager ganz besonders herzlich für die ermutigende moralische Unterstützung, den Rat und die konstruktive Kritik.

## 9. Lebenslauf

## 10. Anhang

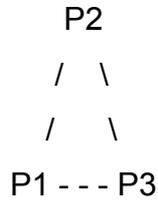
### 10.1 Datenbasis der fotogrammetrischen Auswertungen

Patient	System	Behandler	Fotogrammetrisch auswertbar
1	Ivotray	1	Ja
1	Ivotray	2	Ja
1	Ivotray	3	Ja
1	Si-Plast-Tray	1	Ja
1	Si-Plast-Tray	2	Ja
1	Si-Plast-Tray	3	Ja
2	Ivotray	1	Nein
2	Ivotray	2	Ja
2	Ivotray	3	Ja
2	Si-Plast-Tray	1	Ja
2	Si-Plast-Tray	2	Ja
2	Si-Plast-Tray	3	Ja
3	Ivotray	1	Ja
3	Ivotray	2	Ja
3	Ivotray	3	Ja
3	Si-Plast-Tray	1	Ja
3	Si-Plast-Tray	2	Ja
3	Si-Plast-Tray	3	Ja
4	Ivotray	1	Ja
4	Ivotray	2	Ja
4	Ivotray	3	Ja
4	Si-Plast-Tray	1	Ja
4	Si-Plast-Tray	2	Ja
4	Si-Plast-Tray	3	Ja
5	Ivotray	1	Ja
5	Ivotray	2	Ja
5	Ivotray	3	Ja
5	Si-Plast-Tray	1	Ja
5	Si-Plast-Tray	2	Ja
5	Si-Plast-Tray	3	Ja
6	Ivotray	1	Ja
6	Ivotray	2	Ja
6	Ivotray	3	Ja
6	Si-Plast-Tray	1	Ja
6	Si-Plast-Tray	2	Ja
6	Si-Plast-Tray	3	Ja
7	Ivotray	1	Ja
7	Ivotray	2	Ja
7	Ivotray	3	Ja

7	Si-Plast-Tray	1	Ja
7	Si-Plast-Tray	2	Ja
7	Si-Plast-Tray	3	Ja
8	Ivotray	1	Ja
8	Ivotray	2	Ja
8	Ivotray	3	Ja
8	Si-Plast-Tray	1	Ja
8	Si-Plast-Tray	2	Ja
8	Si-Plast-Tray	3	Ja
9	Ivotray	1	Ja
9	Ivotray	2	Ja
9	Ivotray	3	Ja
9	Si-Plast-Tray	1	Ja
9	Si-Plast-Tray	2	Ja
9	Si-Plast-Tray	3	Ja

**Tabelle 2:** Auswertbarkeit der Datenbasis mit Fotogrammetrie

## 10.2 Erläuterungen zur Auswertung der fotogrammetrisch ermittelten Daten



1. Berechnung der Schwerpunkte entlang der 1-3-Achse für A und B und deren Abstände:

$$\begin{aligned} spA13 &= (p3A+p1A)/2.0 \\ spB13 &= (p3B+p1B)/2.0 \\ dSp &= spA13 - spB13 \\ dAbs &= \text{sqrt}(\text{sum}(dSp*dSp,0)) \end{aligned}$$

2. Die Dreiecke A, B werden durch Subtraktion von Punkt P1A bzw. P1B in den Nullpunkt geschoben und anschließend beide um gleiche Winkel so gedreht, dass Dreieck A parallel zur x-y-Ebene des Koordinatensystems liegt.

$$\begin{aligned} p3An &= p3A - p1A \\ p2An &= p2A - p1A \\ p1An &= p1A - p1A \\ p3Bn &= p3B - p1B \\ p2Bn &= p2B - p1B \\ p1Bn &= p1B - p1B \\ \kappa &= -\text{atan}(p3An(1,*),p3An(0,*)) \\ \phi &= \text{atan}(p3At(2,*),p3At(0,*)) \end{aligned}$$

3. Der Winkel zwischen P2B und x-y-Ebene (Rotation um x-Achse) wird berechnet:

$$wP2zy = \text{atan}(p2Bt(2,*),p2Bt(1,*)) ; p2Bt_z / p2Bt_y$$

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

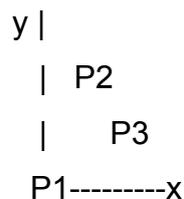
$$wP3yx = \text{atan}(p3Bt(1,*), p3Bt(0,*)) ; p3Bt\_y / p3Bt\_x$$

5. Der 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 P3zx  
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