

# Das Wirkungsspektrum des Positioners

Eine retrospektive Modellstudie mit Neuentwicklung einer  
computergestützten Methode zur Auswertung

Florian Gebhart

2005

Aus der  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson

# Das Wirkungsspektrum des Positioners

Eine retrospektive Modellstudie mit Neuentwicklung einer  
computergestützten Methode zur Auswertung

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Florian Gebhart  
aus  
Schwabmünchen

2005

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatlerin: Prof. Dr. med. dent. I. Rudzki-Janson

Mitberichterstatler: Prof. Dr. med. dent. C. Benz

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. Th. Sagner

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 26.04.2005

Meinen Eltern und Großeltern

## ENGLISH ABSTRACT

**Aim:** The aim of this retrospective cast study was to determine the spectrum of treatment possibilities with the tooth positioning appliance. The data collecting process and the measurements should be done by specially developed digital computer-based methods.

**Patients and Methods:** 738 teeth of 28 individuals, treated in the department of orthodontics at the Ludwig-Maximilians-University Munich, were examined over the time period of treatment with the tooth positioning appliance. The casts at the end of multiband/ multibracket treatment, the setup models and the casts at the end of positioner treatment were digitalized. These digital images were measured and then examined by the computer software programme DiagnoseFix 2001<sup>©</sup>. The results were mathematically categorized and statistically analysed with SPSS 10.0, mostly using non-parametric tests.

**Results:** The newly developed *method* on the basis of the programme DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> is cheap, sufficiently accurate and can easily be adapted. It allows the fast and easy calculation of distances and angles from two-dimensional digital pictures.

It was found that a mathematically defined axis of symmetry is a more accurate reference for model measurements than the palatine raphe.

The *tooth positioning appliance* is not so efficient in the prevention of a relapse.

However the tooth positioner can move teeth effectively according to the setup in a sagittal and transversal direction and rotate them. The extent of movements is nearly independent of anamnestic parameters as is age or gender of the patient. For all kinds of movement one should consider an overcorrection in the setup of approximately a third larger than the desired result.

The positioner-induced tooth movements were about 4.8° in rotation, 0.6 mm in the sagittal direction and 0.4 mm in the transversal direction.

The average success rate was 62 % in rotations, 48 % for sagittal and 50 % for transversal effects. A large interindividual range concerning the success rate could be observed ( $p < 0.01$ ).

**Conclusions:** The Bioplast<sup>®</sup> tooth positioner can be used successfully at the end of orthodontic treatment for fine tuning. It should only be used for a short period of time. Then, in the retention phase, conventional retention appliances like bonded lingual retainers or Hawley retainers should be used.

**Keywords:** Orthodontics, Dentofacial Orthopedics, Elastodontics, Positioner, tooth positioning appliance, computer based analytics

# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung .....	- 1 -
2. Literaturübersicht .....	- 4 -
2.1. Positionervariationen und ihre Einsatzgebiete .....	- 4 -
2.1.1. Der einteilige Positioner .....	- 4 -
2.1.2. Der geteilte Positioner .....	- 10 -
2.1.3. Der konfektionierte Positioner .....	- 11 -
2.1.4. Sonderformen und weitere Literaturbeiträge zum Positioner .....	- 12 -
2.2. Bissnahme und Setup .....	- 18 -
2.3. Herstellungsverfahren und Materialien .....	- 19 -
2.3.1. Verwendete Materialien und Herstellungsverfahren .....	- 20 -
2.3.2. Materialuntersuchungen .....	- 21 -
2.4. Behandlungsmöglichkeiten mit dem Positioner .....	- 23 -
2.4.1. Studien .....	- 23 -
2.4.2. Fallvorstellungen und klinische Beobachtungen .....	- 27 -
2.5. Studien zu Settling und Okklusion .....	- 30 -
2.6. Zusammenfassung .....	- 31 -
3. Fragestellung .....	- 32 -
4. Material und Methode .....	- 33 -
4.1. Patienten und Unterlagen .....	- 33 -
4.1.1. Patienten .....	- 33 -
4.1.2. Unterlagen .....	- 35 -
4.2. Methode .....	- 37 -
4.2.1. Die neuentwickelte Auswertungsmethode .....	- 37 -
4.2.2. Auswertungsmethodik und Statistik .....	- 52 -
5. Ergebnisse .....	- 56 -
5.1. Rotationen .....	- 56 -
5.1.1. Auswertung aller Daten .....	- 56 -
5.1.2. Auswertung der kategorisierten Daten .....	- 56 -
5.2. Bewegungen in der Sagittalen .....	- 63 -
5.2.1. Auswertung aller Daten .....	- 63 -

5.2.2. Auswertung der kategorisierten Daten.....	- 64 -
5.3. Bewegung in der Transversalen.....	- 73 -
5.3.1. Auswertung aller Daten.....	- 73 -
5.3.2. Auswertung der kategorisierten Daten.....	- 74 -
5.4. Bewegungen in der Vertikalen.....	- 81 -
5.5. Zusammenfassung.....	- 83 -
6. Diskussion.....	- 86 -
6.1. Überlegungen zur Evaluierung des Positioners.....	- 86 -
6.2. Patienten.....	- 87 -
6.3. Auswertungsmethode.....	- 87 -
6.3.1. Herkömmliche Auswertungsmethoden.....	- 87 -
6.3.2. Neue Auswertungsmethode.....	- 89 -
6.4. Mögliche Einflüsse auf den Positionererfolg.....	- 90 -
6.5. Beurteilung der Ergebnisse.....	- 91 -
6.5.1. Rotationen.....	- 91 -
6.5.2. Sagittale Effekte.....	- 91 -
6.5.3. Transversale Effekte.....	- 92 -
6.5.4. Weitere Effekte.....	- 92 -
6.6. Schlussfolgerung und Ausblick.....	- 94 -
7. Zusammenfassung.....	- 96 -
8. Literaturverzeichnis.....	- 97 -
9. Anhang.....	- 105 -
9.1. Patientenliste.....	- 105 -
9.2. Ereignissyntax für SPSS.....	- 106 -
9.3. Verzerrung bei der Winkelmessung.....	- 107 -
9.4. Korrelationstabellen.....	- 107 -
10. Danksagung.....	- 117 -
11. Lebenslauf.....	- 118 -

## 1. EINFÜHRUNG

Im Juni 1945 wurde von H. D. KESLING, La Porte, Indiana, USA [47], der Positioner mit dem Artikel „The Philosophy of the tooth positioning appliance“ im American Journal of Orthodontics and Oral Surgery als Erweiterung des Spektrums der kieferorthopädischen Apparaturen vorgestellt:

„This new appliance grew out of a desire to create some simple appliance that would influence all of the teeth to flow into their best possible position ... .”

Da im Laufe der Jahre von vielen Autoren diverse Detailvorschläge zur Verbesserung gemacht wurden, diese sich aber immer auf die grundlegenden Arbeiten KESLINGs beziehen, soll diese Einleitung dazu dienen, dessen Grundideen näher zu betrachten.

Dazu werden die grundlegenden Artikel [47], [48] zusammengefasst.

Zuerst wird die Herstellungsweise nach KESLING [47] vorgestellt:

Nach Abnahme der Bänder und Drähte werden sofort Abformungen von Ober- und Unterkiefer genommen. Jeweils zweimal werden diese Abformungen mit Hartgips ausgegossen und kieferorthopädische Modelle hergestellt. Ein Modellpaar dient als Dokumentations- und Kontrollmodell, aus dem anderen wird das Setup-Modell erstellt. Dazu werden die einzelnen Zähne ausgesägt, etwas getrimmt und mit Hilfe von Wachs in der gewünschten Bogenform sowie axialen Positionierung und Okklusion neu aufgestellt.

Das Setup-Modell dient dann als Vorlage für die Herstellung des Positioners. Die Modelle werden in einen anatomischen Artikulator eingestellt und der Biss entsprechend der Ruheschwebelage gesperrt. Dann wird der Positioner aus elastischem Kautschuk gefertigt. Er füllt den durch die Ruheschwebelage vorgegebenen Platz vollständig aus und bedeckt Labial-, Bukkal- und Lingualflächen sowohl der Unterkiefer- wie auch der Oberkieferzähne.

Der so hergestellte Positioner sollte primär folgende Aufgaben erfüllen:

- Die Zähne sollen in ihre funktionell korrekte Position ohne Behinderung durch Bänder, Brackets oder Drähte gleiten können,
- er soll auch funktionelle Kräfte mit einbinden,
- er soll eine typgerechte Bogenform ausbilden, damit Harmonie zwischen Zahnstellung und Gesichtsmerkmalen erreicht wird und
- abschließend wird er als Retainer eingesetzt.

Während der Entwicklungsphase zeigte sich, so KESLING [47], [48], dass die Hauptvorteile des Positioners in der endgültigen artistischen Positionierung und der Retention nach



Abschluss der Hauptbehandlung liegen und dass sich im Gegensatz zu den Multibandapparaturen nicht die mesiodistale Breite der Zähne durch das den Zahn umfassende Band vergrößert. Gerade deswegen sei der Positioner als aktives Gerät für das Finishing und für die Retention so gut geeignet.

Die eigentliche Hauptbehandlung müsse somit nur die richtige Rotation der Zähne bewirken. Die Zähne sollten die angestrebte Position nahezu erreicht haben.

Noch nicht ideal sein muss die Bogenform, es dürfen noch kleine Lücken zwischen den Zähnen bestehen, auch ein vertikaler Überbiss muss noch nicht vollständig korrigiert sein, ebenso wie horizontal die Verzahnung noch nicht ideal sein muss, jedoch keine Kopf- oder Kreuzbiss-Situation mehr vorliegen darf.

Durch die vermehrte Beweglichkeit der Zähne nach der Abnahme der Multibandapparat sind die Zähne in einer idealen Ausgangssituation für die moderaten Kräfte, die der Positioner auf sie ausübe. Das Settling ist mit dem Positioner nicht mehr der Natur überlassen, sondern kann durch ihn speziell in dieser sensiblen Phase gesteuert werden.

Folgende Aufgaben im Rahmen der Behandlung kann der Positioner nach H. D. KESLING [47], [48] erfüllen:

- Er bringt die Zähne in ihre bestmögliche Position nicht nur intra-, sondern auch intermaxillär,
- er schließt kleinere Lücken,
- er beseitigt leichte Rotationen,
- er korrigiert bzw. verändert die Bogenform,
- er korrigiert kleinere Diskrepanzen zwischen Ober- und Unterkiefer im Hinblick auf die Kieferrelation mit Hilfe funktioneller Kräfte,
- er kann in Einzelfällen auch zur Steuerung des Zahndurchbruchs eingesetzt werden und in einer Serie von mehreren Positionern auch einen Tiefbiss beseitigen,
- er verbessert die Verzahnung,
- und er verändert die axiale Stellung der Zähne nicht nur durch den Druck auf die Labial-, Bukkal- und Lingualflächen, sondern auch durch die Ausübung funktioneller axialer Kräfte auf die Okklusalfächen. Dies gilt im Besonderen für die Seitenzähne.
- Er kann im Gegensatz zu starren Retainern durch seine Flexibilität das Settling der Zähne in der Retentionsphase erleichtern.
- Weiterhin kann der Positioner durch die Einbindung in die Behandlung die Phase der Bebänderung um ca. 4-6 Monate verkürzen.

Zusätzlich sieht KESLING [47], [48] ein Einsatzgebiet als Splint bei Kieferfrakturen, speziell bei Mehrfachfrakturen. Außerdem sieht er die Möglichkeit, eine komplette Behandlung mit größeren Zahnbewegungen mit einer Serie von Positionern zu bewerkstelligen, wenn die Techniken und das Material noch weiter ausgereift seien.

In seiner Publikation von 1946 geht KESLING [48] nochmals detailliert auf die Setup-Herstellung ein und betont nachdrücklich den Wert des von ihm entwickelten diagnostischen Setups für die richtige Planung. Hier könne man die nötigen Zahnbewegungen am Besten visualisieren und dann dementsprechend zielgerichtet am Patienten vorgehen. Dadurch würden Gewebeschäden verhindert und Verankerungsprobleme minimiert. Weiterhin könne man das Verhältnis der Zahnbreiten in Relation zur apikalen Basis am Besten einsehen und es können Zweifel in Bezug auf die Behandlung als Ex- oder Non-Ex Kasus ausgeräumt werden. Ein weiterer Vorteil der aufgezeigten Vorgehensweise liege darin, weniger Behandlungstermine zum Erreichen des Behandlungszieles zu benötigen, was sowohl für den Behandler wie auch für den Patienten angenehm und vorteilhaft ist.

Der Autor empfiehlt hier [48], die Setup-Modelle zur Behandlungsplanung während der Hauptbehandlung zu doublieren und auf diesen den Positioner herzustellen. So steht dem Patienten der Positioner schon sofort nach der Bänderabnahme zur Verfügung. Das ist wichtig, da in dieser Phase sein Effekt auf die noch gelockerten Zähne am größten sei.

Er rät dazu, sowohl dem Patienten als auch dessen Eltern die Verantwortung für den Enderfolg bewusst zu machen und schlägt eine Tragedauer des Positioners von vier Stunden tagsüber und während der ganzen Nacht vor.

Innerhalb von ca. vier Wochen sollten bei Befolgen der obigen Instruktionen leichte Rotationen und Lücken korrigiert sein und Bogenform und axiale Positionierung dem Setup entsprechen.

Dann muss entschieden werden, ob der Positioner noch einige Wochen als Retainer getragen werden soll oder ob die vorliegende Situation eine längere Retentionsphase erfordert, in der mit einem konventionellen Retainer – abgestimmt auf den Positioner – gearbeitet werden muß. Bei einem Behandlungsbeginn nach Durchbruch der bleibenden Prämolaren und Eckzähne sieht KESLING [47] das Potential in Setup und Positioner, die Zahl der Sitzungen pro Behandlungsfall auf 12-15 Termine zu reduzieren, abgesehen von aufwendigen Spezialfällen.

## 2. LITERATURÜBERSICHT

In der Literatur hat der Positioner seit seiner Einführung in die Kieferorthopädie durch KESLING [47], [48] immer wieder Erwähnung gefunden.

So wurden neue Positionervariationen und Einsatzgebiete vorgestellt.

Auch Modifikationen hinsichtlich Materialauswahl und Herstellungsverfahren wurden beschrieben.

Der großen Relevanz der Bissnahme und des Setups wurden einige Artikel gewidmet.

Weiterhin wurden Einzelfälle und Studien zur Wirkungsweise des Positioners vorgelegt.

### 2.1. Positionervariationen und ihre Einsatzgebiete

KESLINGs ursprüngliche Definition des Positioners als bimaxilläres aktives Endgerät wurde auf die Anwendung ohne intermaxilläre Verbindung erweitert. Auch konfektionierte Positioner wurden beschrieben. So empfiehlt sich folgende grobe Einteilung der Positionertypen, erweitert nach VAN DEN HOEK [118], MANHARTSBERGER und RICHTER [63]:

1. einteilige Positioner (vgl. Abb. 1 und 2)
2. geteilte Positioner
3. konfektionierte Positioner
4. Sonderformen

In der Literatur hat sich auch ein Wandel in der Zuordnung des Positioners zu den passiven oder aktiven Geräten vollzogen. Bis Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde er in den Lehrbüchern der Kieferorthopädie bei den passiven Geräten vorgestellt [113]. Heute wird er jedoch, unterstützt von Studien [56], [118], zu den aktiven Geräten der Justierungsphase gezählt [114].

Gemäß der oben stehenden Einteilung werden im Folgenden die jeweils zutreffenden Artikel kurz vorgestellt.

#### 2.1.1. Der einteilige Positioner

Dieser Positioner entspricht der von KESLING [47], [48] beschriebenen Grundform:



Abbildung 1: Der einteilige Positioner aus Bioplast<sup>®</sup> , Ansicht von schräg vorne (aus VAN DEN HOEK [118])

BEGG und KESLING [7] verweisen darauf, dass es mit Hilfe des einteiligen Positioners besser als mit jedem anderen Retentionsgerät möglich sei, durch das gesteuerte Settling eine optimale Einstellung der okklusalen Verhältnisse zu erreichen.

BOWMAN und CARANO [11] verwenden den einteiligen Positioner nicht längerfristig oder als Retentionsgerät, obwohl er auch dort bei guter Mitarbeit der Patienten große Erfolge aufweisen könne. Von den Patienten wird er jedoch häufig abgelehnt aufgrund der klobigen Form und der Behinderung der Sprechfunktion. Um sich aber die Vorteile des Positioners beim Abschluss der aktiven Behandlung zu Nutze zu machen, versuchen sie den Patienten damit zu motivieren, dass er das Gerät nur zwei Wochen, allerdings 24 Stunden täglich tragen muß. Zusätzlich empfehlen sie noch Einbeißübungen.

Sie berichten, dass die Compliance bei diesem Arrangement außergewöhnlich hoch sei. Nach dem Übergang zu konventionellen Retainern könne der Positioner dann noch als Mundschutz beim Sport oder als Ersatzgerät bei Bruch der Retainer verwendet werden.

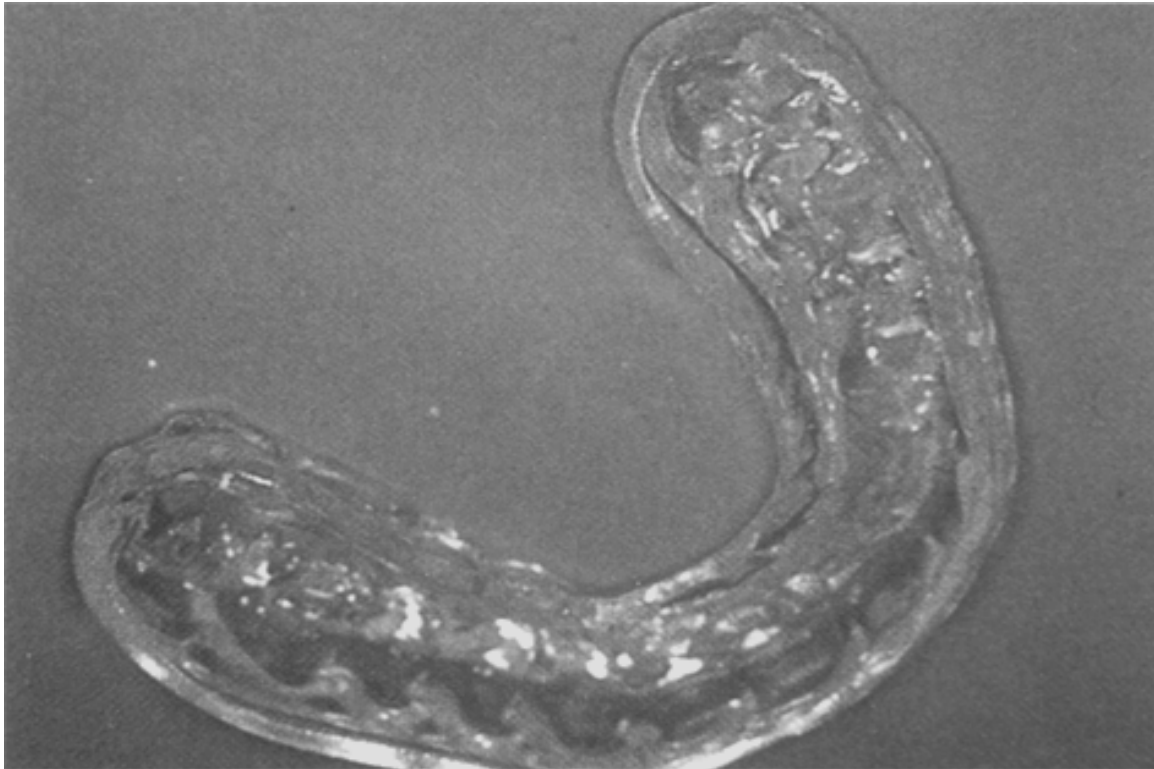


Abbildung 2: Der einteilige Positioner aus Bioplast<sup>®</sup> , Ansicht von oben  
(aus VAN DEN HOEK [118])

COLLETT ET AL. [17] halten im Fazit ihrer Materialstudie den Positioner nach Einführung relativ ästhetischer und präziser Multibracket-Apparaturen für überflüssig, zumal da auch der Kieferorthopäde und nicht der Zahntechniker die Okklusionseinstellung vornimmt. Weiterhin kann bei Anwendung einer festsitzenden Technik eine noch nachträglich erwünschte Veränderung relativ schnell und einfach durch eine Biegung im Bogen vorgenommen werden, beim Positioner ist jedoch eine aufwendige Neuanfertigung nötig. Trotzdem ist der Positioner als Retentionsgerät geeignet.

Die Präzision der Zahnbewegungen durch den Positioner im Vergleich zu denen festsitzender Apparaturen sollte ihrer Meinung nach aber noch untersucht werden.

COTTINGHAM [19] sieht den einteiligen Positioner als ein aktives Gerät zur Feineinstellung der Zähne, das aber nicht mit zu großen Erwartungen benutzt werden darf.

Patientenabhängig kann der Positioner kleinere, durch Bandabnahme entstandene Lücken schließen, die Durchblutung der Gingiva stimulieren und im Rahmen der physiologischen Gegebenheiten die Zähne positionieren. Außerdem wichtig für den Erfolg ist ein sehr gewissenhaft hergestelltes Setup auf Modellen, die schädelbezüglich und in zentrischer Kondylenposition einartikuliert wurden. Ebenso soll auf eine girlandenförmige Ausgestaltung

der Gingiva auf dem Setup-Modell geachtet werden, um einen der physiologischen Gingivaform entsprechenden Positioner herzustellen.

Er beschreibt die Herstellung des Positioners aus Impak (C. M. P. Industries, Albany, New York), einem relativ harten Thermoplasten, der jedoch alle Anforderungen an ein Positionermaterial erfüllt, vor allem die Durchsichtigkeit, die für die Kontrolle des richtigen Sitzes sehr wichtig ist.

Erfolg versprechend ist die Apparatur nur dann, wenn die Patientencompliance während der Tragezeit von 3-6 Monaten vor Retainerbehandlung stimmt. Bei zu erwartender schlechter Compliance des Patienten empfiehlt er, schon in der festsitzenden Phase der Behandlung eine Überkompensation vorzunehmen und den Positioner nur sehr kurz, aber intensiv einzusetzen. Dann folgt zur Retention im Oberkiefer vorzugsweise ein Hawley-Retainer, im Unterkiefer ein geklebter UK-Retainer, da der Positioner speziell bei Rotationsbewegungen zu wenig Gegenkraft aufbringen kann. Trotzdem soll der Positioner für alle Fälle aufgehoben werden.

ELSASSER [25] schlägt als Richtlinie für den zeitlichen Ablauf in seiner Betrachtung zum Positioner vor, die Hauptbehandlung abzuschließen, bevor nach Einstellung einer guten Okklusion und Beseitigung von Rotationen der Positioner über 6-8 Wochen zur Feineinstellung benutzt wird, woraufhin dann entsprechende Retainer zum Einsatz kommen. Bestehend am Positioner seien das einfache Design und die einfache Herstellung. Als alleiniges Retentionsgerät ist der aus Gummi oder anderen Materialien hergestellte hochelastische Positioner zu schwach. Außerdem erlaubt er, und das wird auch von KAHL-NIEKE [45] bekräftigt, als aktives Gerät mit intermittierenden Kräften bereits die Kräfte beim Einsetzen und Herausnehmen nicht das vollständige Settling im Alveolarknochen. Das ist aber für die Geweberegeneration wichtig.

ELSASSER [25] betont, dass eine unbehandelte Malokklusion ein Equilibrium darstellt. Wenn mit der kieferorthopädischen Behandlung wiederum sofort ein Equilibrium geschaffen werden kann, ist eine weitere Retention bei Berücksichtigung der individuellen Kraftverhältnisse während der Behandlung nicht mehr nötig.

Besonders bei Klasse-II-Patienten sieht er wie auch VARDE [121] im Positioner ein großes Potential als Retentionsgerät angesichts der bimaxillären Kontrolle, die bei einer die Klasse-II-Relation mittels Konstruktionsbiss unterstützend zur Behandlung genutzt werden kann.

Den oftmals vorgebrachten Vorwurf, der Positioner würde den Biss vertiefen, sieht er nicht zuletzt auf der Basis falscher Positionerkonstruktion entstanden. So führt eine übermäßige Bissperre über die habituelle Mundöffnung hinaus zu einem konstanten Druck auf die posterioren Zahnsegmente, welcher diese intrudiert und so den Biß vertieft.

Wenn man also nicht zu viel vom Positioner erwartet und ihn indikationsgerecht einsetzt, so schließt Elsasser, bringt er absolut zufrieden stellende Resultate.

GRABER und SWAIN [35] sehen wie COLLETT ET AL. [17] angesichts der Möglichkeiten moderner Multibracket-Apparaturen keinen großen Nutzen im einteiligen Positioner. Bei reiner Begg-Behandlung sei er oftmals nötig für eine adäquate Endeinstellung gewesen, bei der kombinierten Begg-/ straight wire- Behandlung ist das nicht mehr nötig, außer wenn die Feineinstellung scheitern sollte. Bei gingivaler Hyperplasie während der Behandlung ist er allerdings gut dazu geeignet, danach wieder physiologische Verhältnisse herzustellen. Eine Kontraindikation sehen sie bei Patienten mit behinderter oder blockierter Nasenatmung.

HASUND [37] sieht in dem aus Bioplast<sup>®</sup> hergestellten Positioner vor allem ein Retentionsgerät. Er warnt, nicht allzu große Zahnbewegungen mit dem Positioner vorzunehmen, da es sonst zu Wurzelresorptionen kommen kann. Von erfolgreichem Einsatz berichtet er bei vestibulo-oralen Zahnbewegungen bei Behandlung eines partiellen Kreuzbisses. Ebenso können Extrusionen, vorzugsweise im Seitenzahngebiet, und ein Lückenschluß von kleineren Lücken (< 2mm) bei günstiger axialer Position der Nachbarzähne vorgenommen werden. Vor allem Frontzähne können rotiert werden, der vertikale Überbiß kann vergrößert werden. Eine Intrusion der Inzisivi und die körperliche Wurzelbewegung ist nicht möglich.

KONDO und AOBA [54] sehen die Möglichkeit, durch den Positioner zusammen mit myofunktionellen Übungen eine Verstärkung des Positionereffekts zu erreichen. Ihrer Meinung nach entspricht eine Stunde myofunktioneller Übungen mit dem Positioner dem Tragen über Nacht. Auch KISER [50] vertritt diese Meinung in seinem Artikel über die Motivation der Patienten, den Positioner so lange wie gefordert zu tragen. Er streicht heraus, dass der Positioner durch das Einbeißen in und das Kauen auf ihm wirkt. Deswegen setzt er eine Stunde des Tragens mit Einbeißübungen tagsüber dem Tragen über eine Nacht gleich.

Wie schon KESLING [47], [48] sieht LOU [62] die Vorteile des aus elastischem Material gefertigten Positioners in der Möglichkeit, ohne ständige Nachaktivierung auch bei größeren Zahnbewegungen auszukommen und durch die Elastizität des Materials Behandlungstermine einzusparen.

Einsatzfelder sind seiner Meinung nach leichte Malokklusionen, Behandlung und Retention in späteren Behandlungsphasen und die Behandlung von Patienten, die nicht so häufig Termine bei ihrem Kieferorthopäden wahrnehmen können.

SCHREMS-ADAM und SCHREMS [102] untersuchen den Positioner vor allem auf seine Eignung als Retentionsgerät verbunden mit der Feineinstellung der Okklusion. Sie weisen auf sehr gute Erfolge in der Okklusionsverbesserung mit dem nach gnathologischen Kriterien gefertigten Positioner hin.

STEINHÄUSER und JANSON [113] integrieren den Positioner als erstes Gerät der Retentionsphase nach festsitzender Behandlung in ihr Behandlungskonzept. Feineinstellung der Okklusion und Sicherung der neuen Zahnposition sind die Ziele.

Das gummielastische, bimaxilläre Gerät kann leichte Kreuzbisse durch vestibuläre beziehungsweise orale Führung der koronalen Anteile beseitigen. Im Front- und Seitenzahngebiet sind Extrusionen möglich, Intrusionen in der Front und Wurzeltorque jedoch nicht. Weiterhin können Lücken unter 1,5 mm geschlossen und leicht rotierte Inzisivi behandelt werden.

Mögliche Nebenwirkungen können die Verlängerung und Protrusion der Oberkieferfront durch den Saugeffekt beim Einnehmen der Ruheschwebelage wie auch bei der Mundöffnung sein. Das kann jedoch beim dental offenen Biss durchaus erwünscht sein.

Ein weitere Nebenwirkung können auch Wurzelresorptionen bei zu starker Veränderung der Zahnposition im Setup gegenüber der ursprünglichen Position sein.

ROTH [91] sieht es als Hauptaufgabe des Positioners, den Unterkiefer während der Justierungsphase näher zur zentrischen Relation hin zu bewegen.

Dazu muss schon zu Ende der Multibandbehandlung die Interkuspitation optimal sein. Grobe Zahnfehlstellungen zu beseitigen darf nicht Aufgabe des Positioners sein. Der Gnathopositioner sei zur Feinjustierung der Okklusion in Bezug zur Zentrik (Def. der Zentrik bei RICKETTS [83]) allerdings ein sehr effektives Instrument.

Er weist darauf hin, dass der Positioner die Front- und Eckzahnführung bei der Zahnreihendisklusion verbessert. Dadurch wird die Zentrik in der Retentionsphase gehalten. Kleinere Drehbewegungen kann der Positioner erreichen, ebenso wie bukkale- und labiolinguale Anpassungen und die Steuerung der vertikalen Einstellung der Zähne. Die Diskrepanz zwischen habitueller Okklusion und zentrischer Relation sollte nicht mehr als 3,5 mm in vertikaler, 1,5 mm in sagittaler und 2 mm in transversaler Richtung betragen, wenn der



Positioner die zentrische Lage verbessern soll. Er betont, dass es während der gesamten Fertigung des Setups sehr wichtig ist, das Verhältnis zwischen Okklusionsebene und Frankfurter Horizontale-Bipullarlinien-Ebene aufrecht zu erhalten.

### 2.1.2. Der geteilte Positioner

Ober- und Unterkieferschienen werden bei dieser Art von Positionern nicht miteinander verbunden.

MANHARTSBERGER und RICHTER [63] beschreiben den geteilten Positioner. Sie sehen seinen Vorteil im Gegensatz zum einteiligen Positioner darin, dass er angenehmer zu tragen ist und nach einer Eingewöhnungszeit das Sprechen erlaubt. Das erleichtert den Patienten wiederum die Umsetzung der als optimal angesehenen Tragedauer von 24 Stunden am Tag. Auch eine Änderung oder Neuanfertigung sind vergleichsweise einfach zu bewerkstelligen. Eine Möglichkeit wie beim einteiligen Positioner, die Relation der beiden Zahnbögen zueinander zu beeinflussen, ist jedoch nicht gegeben. Auch die Stabilität ist geringer als bei der zweiteiligen Variante.

Eine Indikation für den geteilten Positioner sehen die Autoren dann, wenn nach dem letzten Bogen der Multibandbehandlung nur noch geringgradige Zahnbewegungen bei OK- und UK-Frontzähnen erfolgen sollen. Im Prämolaren- und Molarenbereich sollen nur noch minimale Korrekturen anstehen. Durchschnittlich versuchen sie nur vier bis acht Zähne mit dem Positioner zu beeinflussen.

Bei der Herstellung verwenden sie zur Orientierung der Modelle im Artikulator eine arbiträre Scharnierachsübertragung. Bei Kiefergelenksproblemen oder kurzer hinterer Gesichtshöhe empfehlen sie jedoch eine exakte Scharnierachsbestimmung und Übertragung. Die Umstellung der Zähne im Setup erfolgt nach Anzeichnen der ursprünglichen Lage und vorsichtigem Heraussägen von apikal durch den Behandler selbst. Über die doublierten Modelle werden anschließend elastische Tiefziehfolien der Stärken 1,5 - 2,5 mm bei 4,5 bar Druck gezogen. Danach erfolgt immer ein zentrisches Einschleifen der zwei Positionerschienen im Artikulator. Sie werden die ersten zwei bis vier Monate permanent getragen, anschließend nur noch 14 bis 16 Stunden. Nach zwei Monaten erfolgt üblicherweise eine Neuanfertigung, da das Material über die Zeit an Elastizität verliert. Nach maximal einem Jahr Tragzeit wird die Positionerbehandlung beendet.

MCNAMARA ET AL. [65] stellen ebenfalls unimaxilläre Positioner vor, die sie vor allem dazu einsetzen, die Zeit zwischen Bandabnahme und beispielsweise dem Einsetzen

funktionskieferorthopädischer Geräte zu überbrücken. Obwohl eigentlich nur als kostengünstige, kurzfristige Retentionsgeräte gedacht, sollte die Zeit durch Einprogrammierung einer Zahnstellungsänderung mittels Setup in das dünne, durchsichtige Material genutzt werden. Nach endgültiger Bandabnahme erfolgt jedoch eine Positionerbehandlung mit bimaxillärer Kontrolle, bevor wieder die unimaxillären Retentions- und Positionierungsgeräte aus durchsichtigem Tiefziehmaterial zum Einsatz kommen. Da sie nicht so widerstandsfähig gegenüber Verschleiß sind, ist ein späterer Austausch gegen Hawley- oder geklebte Retainer angezeigt.

### 2.1.3. Der konfektionierte Positioner

Er entspricht im Konstruktionsprinzip meist dem einteiligen Positioner, wird jedoch nicht individuell gefertigt, sondern aus einer Kollektion für den Patienten ausgewählt. Nachteilig kann sich die vorgegebene Relation von Unter- zu Oberkiefer auf die Kiefergelenke auswirken, da sie nur selten den anatomischen und physiologischen Gegebenheiten des einzelnen Patienten entsprechen [100].

Der konfektionierte Positioner sollte also nur in der Phase zwischen Entbänderung und Eingliederung eines auf nicht radierten Modellen hergestellten Positioners verwendet werden.

LORENTZ [61] zeigt ihre Erfahrungen in der Behandlung mit vorgeformten Positionern. Das Konzept einer vollständigen kieferorthopädischen Behandlung mit diesen Apparaturen wurde von T. Schuchhard 1952 und 1953 vorgestellt, entwickelt aufgrund der schlechten Verfügbarkeit von Kaltpolymerisaten in der Nachkriegszeit. Von 140 nur mit diesen Gebissformern nach Schuchhard behandelten Patienten der Autorin standen 52 Patienten für eine Nachuntersuchung zur Verfügung. Sie wurden im Durchschnitt mit zwei aus der 15 Variationen umfassenden Kollektion behandelt, die sie nur ca. 10 Stunden nachts trugen. Die Retentionszeit lag bei ihnen zwischen ca. 3 und über 10 Jahren zurück. Die Autorin führt die guten Ergebnisse, von denen sie berichten kann, unter anderem darauf zurück, dass es sich bei den zur Untersuchung gekommenen Patienten wohl um hoch motivierte Patienten handelte, wenn sie sich nach so langer Zeit für die Nachuntersuchung noch zur Verfügung stellten: 47 Ergebnisse sind stabil geblieben, 2 Patienten mit initialer Klasse-II/1-Verzahnung zeigten ein Rezidiv. Die erreichte Klasse-I-Verzahnung ist zwar bei diesen stabil geblieben, auch die Behandlung eines Kreuzbisses der ersten Molaren, aber der initiale Overjet von 9 mm beim einen bzw. der Overbite von 7 mm beim anderen Patienten rezidierte auf jeweils 4 mm. Bei

drei Patienten verbesserte sich das Ergebnis vom Abschluß der Behandlung in der Folgezeit bis zur Nachuntersuchung noch, wohl durch Wachstum und vollständige Eruption bedingt.

Die Autorin kommt zum Schluß, dass eine Behandlung mit konfektionierten Positionern sicher nicht für jeden Patienten und jede Art von Malokklusion geeignet sei, bei kooperativen Patienten und richtigem Timing jedoch eine gute Behandlungsmöglichkeit darstellt.

SHILLIDAY [109] beschreibt den Minipositioner. Dieser konfektionierte Positioner bedeckt nur die Frontzähne in Unter- und Oberkiefer. Deswegen sei er bei originär offenen Bissen kontraindiziert. Doch bei tiefen Bissen zeigt er eine sehr gute Wirkung.

Sein Haupteinsatzgebiet sollte auch aufgrund der nur sehr groben Anpassungsmöglichkeit die Zeit zwischen Bandabnahme und dem Einsetzen des individuellen Positioners sein.

#### 2.1.4. Sonderformen und weitere Literaturbeiträge zum Positioner

Neben den oben vorgestellten Varianten gibt es noch Sonderformen, die hier ebenso wie verschiedene interessante Literaturbeiträge zum Positioner und seinen Einsatzgebieten Erwähnung finden sollen.

##### Sonderformen

YOSHII [134] beschreibt die *dynamischen Positioner*, die aus Orthocon hergestellt werden, einem durchsichtigen und sehr elastischen Tieftemperatur-Vulkanisations-Silikon, erhältlich in drei miteinander mischbaren Härtequalitäten.

Mit einer Serie aus ca. drei Positionern mit verschiedenen Härtegraden behandelt er eine Okklusionsanomalie stufenweise (nach OLIVER [73]).

HINZ [41] stellt das *Elasto-KFO-System* als Weiterentwicklung des Positioners mit vier Gerätegrundtypen vor: Elasto-Aligner, Elasto-Finisher, Elasto-Bond, Elasto-Osamu. Er weist dabei auf die grundlegenden Arbeiten des Japaners Osamu YOSHII [134] hin, der das nur in Japan erhältliche Material Orthocon für seine „Dynamic Positioner“ verwendet.

HINZ [41] wählte, angeregt durch die Studien von WARUNEK ET AL. [124], [125], zwei nur aufwendig zu verarbeitende Silikonelastomere mit Shorehärten von SH 40 (hochelastisch) und SH 65 (elastisch). Das hochelastische SH 40 Material macht durch das Setup vorgegebene Zahnbewegungen von bis zu 3 mm möglich, wobei Kräfte zwischen 75 und 260 Pond auf die Zähne einwirken. Um im Bereich orthodontischer Kräfte zu bleiben, dürften die angestrebten Bewegungen bei Verwendung des SH 65 Materials nur im Bereich von unter 2 mm bleiben.

Demgegenüber muss bedacht werden, dass herkömmliche, weniger elastische Positionermaterialien bei gleicher Auslenkung des Zahnes eine vier- bis sechsfache Kraft auf diesen ausüben. Das heißt, dass also nur sehr kleine Bewegungen mit aus herkömmlichen Materialien hergestellten Positionern durchgeführt werden dürfen.

Die oben schon angeführten Elasto-KFO-Geräte werden demnach aus den Silikonelastomeren gefertigt, wobei normalerweise nur Elasto-Aligner und Elasto-Osamu überwiegend aus SH 65 Material hergestellt werden. Sie müssen nur nachts und zwei Stunden tagsüber getragen werden, was die Akzeptanz bei den Patienten erhöht. Trotzdem geht die Behandlung oft verblüffend schnell. Dies kann auf die durch die Bissperrung induzierten unterbewussten Einbissaktivitäten zurückzuführen sein und auch auf die im Falle der Verwendung von Attachments bewirkte gleichmäßige Krafteinwirkung.

Wurzeltorque, körperliche Zahnbewegung, Drehung kleiner Frontzähne sowie mehrwurzliger Seitenzähne sind allerdings Bewegungen, die die Geräte zu leisten nicht im Stande sind.

*Essix-Retainer* werden von SHERIDAN [107] als eine ästhetische, komfortable und günstige Alternative zu den traditionellen festen und herausnehmbaren Retainern beschrieben. Sie stellen normalerweise zwar keine Positioner im herkömmlichen Sinne dar, da sie nicht auf einem Setup aktiviert werden. Sie werden jedoch, wie verschiedene Fallvorstellungen zeigen, auch als aktive Geräte verwendet. Die Idee und Herstellung folgt dabei im wesentlichen der der „Invisible retainers“ von PONITZ [76].

LINDAUER und SHOFF [60] berichten, dass in einer Untersuchung von 430 Patienten mit Essix-Retainern 10 davon einen anterior offenen Biß entwickelten, weil sie die über die Frontzahnsegmente gezogenen und dementsprechend wie ein frontaler Aufbiß wirkenden Geräte aus ästhetischen Gründen länger als vorgeschrieben trugen. Dementsprechend scheint auch eine Tiefbissbehandlung unter Beibehaltung der Frontzahnrelationen der jeweiligen Kiefer mit Essix-Retainern möglich.

Ihre eigentliche Untersuchung, der Vergleich von Essix- mit Hawley-Retainern [39] zeigt, dass beide Geräte zur Retention gleichermassen geeignet sind.

Sie können nicht von der Ausbildung eines frontal offenen Bisses unter Essix-Retention bei korrekter Tragedauer nur nachts nach initial kurzfristig längerer Tragedauer berichten. Sie weisen jedoch darauf hin, dass aufgrund des Verschleißes der aus 0,03 Zoll dicker Essix-Folie gefertigten Retainer eine zumindest jährliche Neuanfertigung angezeigt scheint.

RINCHUSE und RINCHUSE [85] zeigen anhand von erfolgreichen Behandlungsfällen die Möglichkeiten auf, Essix-Retainer nicht nur passiv, sondern modifiziert auch als aktive Geräte

einzusetzen. Diese Aktivität ist aber im Vergleich zum Positioner nicht über ein Setup „einprogrammiert“, sondern erfolgt durch Einarbeitung konventioneller kieferorthopädischer Elemente.

So ist beim ersten Fall eines Achtjährigen mit einem frontalen einseitigen Kreuzbiß des linken Medialen in die Essix-Apparatur eine Fingerfeder eingearbeitet. Die Überstellung ist innerhalb von zwei Monaten gelungen, wobei der Vorteil der modifizierten Essix-Apparatur die bessere Verankerung und damit das definiertere Gegenkraftmoment der konventionellen Platte gegenüber war.

Im zweiten Fall eines Zwölfjährigen mit lingual stehendem Zahn 23 wurde ebenfalls eine Fingerfeder benutzt, um den Zahn in die bestehende Lücke im Zahnbogen einzuordnen.

Im dritten Fall einer 16jährigen war der linke obere Milcheckzahn retiniert, der bleibende Eckzahn vestibulär ektopisch durchgebrochen. Die Patientin lehnte konventionelle Multibandbehandlung ab. Mit einem Essix-Retainer, in den mittels Kaltpolymerisat zum einen direkt lingual des ektopischen Zahnes, zum anderen distal und labial Metallattachments eingebaut wurden, und einem Edgewise-Bracket wurde der Zahn über verschiedene Gummizüge innerhalb von drei Monaten in den Zahnbogen eingereicht.

Im vierten Fall einer Achtjährigen mit Klasse-III-Verzahnung und Schmalkiefer mit seitlichem Kreuzbiß wurde eine Hybridkonstruktion aus Essix-Material mit einpolymerisierten voraktivierten transpalatinalen Verbindern aus Nickel-Titan-Draht eingesetzt. Nach sechs Wochen nur zum Essen und Reinigen unterbrochenen Tragens war eine stabile Expansion des Oberkiefers erreicht.

RINCHUSE ET AL. [86] zeigen auch die Möglichkeit, die unterschmittigen Bereiche der aus Essix C+ Material (Raintree Essix Inc., New Orleans, LA, USA) gefertigten Schienen mit einer erhitzten Zange zu aktivieren. Diese halten auf den Zähnen nun so stabil, dass sie nicht von in kleine Einschnitte am Materialrand eingehängten Gummizüge von den Zähnen abgezogen werden. So können z. B. auch bei nur unimaxillär behänderten Kiefern Gummis zum unbehänderten Kiefer gespannt werden oder Gummis zu einer Delaire-Maske.

SHERIDAN ET AL. [105], [108] stellen verschiedene Möglichkeiten der Nutzung von Essix-Retainern vor. Zum einen kann mit Hilfe von Essix-Retainern und darauf fixierten Brackets und Drähten den Patienten die Möglichkeit gegeben werden, sich über die Ästhetik der verschiedenen Bracket-Systeme vorab zu informieren [105]. Zum anderen kann durch die Möglichkeit des Thermosealings [108] ein flexibler Vorderteil mit einem stabilen hinteren Anteil kombiniert werden. Dabei werden zwei Schichten des Tiefziehmaterials thermisch miteinander verbunden. Dazwischen kann ein starrer Teil aus transparentem Komposit-

Material eingefügt werden. So können Apparaturen zur Eindämmung von Habits, Lückenhalter, Aufbißplateaus und Geräte zur posterioren Stabilisierung gefertigt werden. Diese vereinen minimalen anterioren Auftrag von nur ca. einem halben Millimeter mit Unsichtbarkeit, leichter Reparatur und geringen Kosten.

Dass man sich die thermoplastischen Eigenschaften auch nach dem Tiefziehvorgang zu Nutze machen kann, zeigen die Autoren um SHERIDAN [108] in der Publikation von 1995. Durch einen erhitzten Metallstift imprimieren sie das Material von außen, so dass die den Zahn umschließende vorher glatte Innenseite nun punktuell hervorspringt. So können, in Kombination mit in das Material geschnittenen kleinen Fenstern auf der Gegenseite, die Zähne zielgerichtet bewegt werden.

SERGL [104] stellt den *Idealisator* vor. Seine Form ist vom Aktivator [44], [119] abgeleitet, hergestellt wird er aus dem weichen Acrylmaterial Molloplast-B auf einem Setupmodell mit idealisierter Okklusion. So soll er eine Alternative zum Positioner nach KESLING [47], [48] darstellen. Im Vergleich zu diesem bietet er nach Beobachtung von 80 eingesetzten Geräten diverse Vorteile. Der Nachteil dagegen ist die mangelnde bukkale und approximale Fassung. Sie ist ja nur über das okklusale Relief indirekt gegeben. Lediglich im Oberkiefer ist sie durch einen Labialbogen gesichert [100].

ERNST und TEGTMEIER [26], [115], [115] beschreiben den *Impulsator*. Er gleicht dem Positioner, wird jedoch ohne Setup auf durch einen Konstruktionsbiß zueinander orientierten Modellen gefertigt [26], ist also eher den funktionskieferorthopädischen Geräten zuzuordnen. Er soll, als Kauturngerät [115] eingesetzt, ein durch eine Parodontopathie geschwächtes Gebiss wieder stabilisieren.

In seinen aus weichbleibendem Spezialkautschuk oder weichbleibendem Kunststoff ohne Gaumenbedeckung bei 1-3 mm Bissperrung gefertigten Variationen wird er in der Kieferorthopädie zur Bisshebung und Bissverschiebung, zur Behandlung des Lutschens, als Lückenhalter und zur Förderung des Zahndurchbruchs eingesetzt, so ASCHER [5].

*Invisalign* kam 1997 auf den Markt [13]. Die schon 1945 von KESLING [47] entwickelte Idee, mit Hilfe von mehreren Setups auch größere Zahnstellungskorrekturen vorzunehmen, wurde damit von Align Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA aufgegriffen [122]. Das Prinzip entspricht aber eher dem der geteilten Positioner.

Dazu werden Polyvinylsiloxan-Abformungen und ein zentrisches Registrat aus demselben Material an Align-Technology gesandt, zusammen mit Fernröntgenseitenbild und

Orthopantomogramm [72]. Aus Gips wird ein Modell gefertigt, in Kunstharz eingebettet und mit einem destruktiv arbeitenden Scanner digitalisiert. Neuerdings wird die Abformung mit einem Kunststoffabformlöffel genommen und durch ein der Computertomographie ähnliches Verfahren direkt digitalisiert. Anschließend werden die Zähne digital separiert. Dieses virtuelle Setup-Modell kann dann der behandelnde Kieferorthopäde über das Internet mit Hilfe der „ClinCheck“-Software bearbeiten.

Großer Vorteil ist, dass die – in diesem Fall virtuelle – Setup-Herstellung durch den Behandler selbst erfolgt. Dies ist ja ein von vielen Autoren angeführter Nachteil des konventionellen, vom Zahntechniker gefertigten Setups, der die Patientensituation und Morphologie nicht kennt [6], [17], [19].

Die einzelnen Aligner werden im Sinne von unimaxillären Schienen so hergestellt, dass die Zahnbewegungen von Aligner zu Aligner ca. 0,15 - 0,25 mm [122] betragen. So werden die im virtuellen Setup erwünschten Zahnstellungsänderungen Schritt für Schritt umgesetzt. Dabei wird von der Software geprüft, ob im Verlauf der Zahnbewegungen okklusale oder approximale Interferenzen auftreten. Danach werden die Einzelschritte dementsprechend optimiert.

Als Material wird ein von Align-Ingenieuren entwickelter thermoplastischer Kunststoff verwendet, der über die im Stereolithographieverfahren hergestellten Kunststoffmodelle für die einzelnen Behandlungsschritte mit Biostar-Geräten tiefgezogen wird [133]. Nach der Ausarbeitung werden die fertigen Aligner mit Laser beschriftet und an den behandelnden Kieferorthopäden versandt.

CHRISTENSEN [16] spricht sich dafür aus, dass Invisalign nicht nur von Kieferorthopäden, sondern auch von allgemeinärztlich Tätigen benutzt wird, um z.B. innerhalb eines prothetischen Gesamtkonzeptes in eine Zahnlücke gekippte Zähne vor der Versorgung wieder aufzurichten. So stellen z.B. NORRIS ET AL. [16] einen Fall vor, in dem sie vor einer Veneerversorgung den Biss frontal etwas geöffnet haben, den vorhandenen Platz umverteilt und die Mittellinie durch eine Invisalign-Behandlung eingestellt haben. Nur so hätten sie eine optimale Vorbehandlung und die ästhetischen Bedürfnisse des Patienten vereinen können, betonen die Autoren.

MILLER ET AL. [66] zeigen einen Fallbericht einer Patientin mit Unterkieferengstand aufgrund einer Boltondiskrepanz. Nach der Extraktion des Zahnes 41 verwenden sie einen Satz aus insgesamt 16 Invisalign-Schienen, um die restlichen Inzisivi des Unterkiefers harmonisch in den Zahnbogen einzuordnen und die Protusion der Oberkieferfront zu korrigieren.

OWEN [74] stellt eine interessante Behandlungsmöglichkeit im Zusammenhang mit Invisalign vor, die er an sich selbst ausprobiert hat. Den Hauptaspekten folgend, die für erwachsene Patienten an einer kieferorthopädischen Therapie wichtig seien, nämlich Ästhetik [13] und Geschwindigkeit, kombinierte er eine Invisalign-Behandlung mit der 1959 von Kole eingeführten und von T. und W. Wilcko weiterentwickelten Dekortikationsmethode.

Die reguläre Therapie mit ca. alle 14 Tage gewechselten Alignern, die ungefähr so lange wie eine Multibandbehandlung benötigt, hätte 14 Monate beansprucht. Mit der Kombination der Kortikotomie und dem Wechsel der Aligner im dreitägigen Abstand wollte er das Behandlungsziel jedoch schneller erreichen. So war die Behandlung nach acht Wochen erfolgreich beendet.

Bezüglich der kieferorthopädischen Vorteile einer Behandlung mit Invisalign erwähnen BOYD und JOHN [12] in ihrem Video-Seminar, dass ein simultanes Distalbewegen der Seitenzähne beider Kiefer mit der Invisalign-Methode sehr einfach durchgeführt werden könne. Da die Aligner die Okklusionsflächen bedecken, würden Zahnbewegungen in der Horizontalebene nicht durch die Okklusion beeinträchtigt.

Schwierig seien Rotationen vorzunehmen: bei Fallvorstellungen wird immer eine Überkorrektur der Rotationen vorgeschlagen [57], [67]. Durch das Aufkleben von Attachments seien jedoch viele Zahnbewegungen schnell und präzise durchführbar [58].

Wie bei allen Apparaturen und Eingriffen, die die anatomisch korrekte Kondylenposition beeinflussen, ist die Aufhebung einer stabilen Zentrik eine negative Eigenschaft der über die Zähne greifenden Apparaturen. Dies ist insbesondere problematisch, wenn sie wie die Invisalign-Aligner 24 Stunden getragen werden sollen. Gerade bei den in Bezug auf Veränderungen am Gelenk nicht mehr so anpassungsfähigen Erwachsenen [90], die ja die Zielklientel der Invisalign-Therapie darstellen, kann das in Verbindung mit Habits wie Knirschen oder Pressen zu Überbelastungen der Kiefergelenke führen [111].

Ebenso kann die veränderte Bissituation mit eventuell asymmetrischer Kontaktsituation speziell bei Pressern eine große Belastung für das Kiefergelenk bedeuten [6]. Weiterhin kann die ja meist mit Bissperrung einhergehende nur mehr posteriore Abstützung auf Dauer mit Intrusion im Seitenzahnbereich bzw. mit Extrusion im Frontzahnbereich einhergehen.

Diesen Problemen kann jedoch durch einfaches Einschleifen der nur ca. 0,6 mm dünnen Aligner im Mund begegnet werden [106]. Dadurch eventuell geschaffene Perforationen des Materials speziell im Oberkiefer haben den positiven Nebeneffekt, auch eine



Abflussmöglichkeit für kariogene Flüssigkeiten darzustellen, die andernfalls wie bei allen dauerhaft getragenen Schienen sehr lange auf die Zahnoberflächen einwirken können.

### Weitere Literaturbeiträge zum Positioner

BEKENY und DE MARCO [8] untersuchen in ihrer Studie an 13 Patienten, inwieweit der aus Gummi gefertigte Positioner die Fähigkeit der Gingiva zur Regeneration nach Multiband-Behandlung verbessert. Es zeigte sich kein Unterschied zur nicht Positioner-unterstützten Regeneration. Ohnehin sei bei den 12-17jährigen Studienpatienten eine sehr heilungsfähige Gingiva zu erwarten.

KISER [8], [50] widmet seinen Beitrag der Motivation der Patienten, den Positioner auch tatsächlich so lange wie gefordert zu tragen, indem er ihnen die Wirkungsweise und den Sinn des optimalerweise auch an vielen Stunden des Tages zu tragenden Positioners erklärt. Denn gerade die Tragedauer ist ja von entscheidender Bedeutung für den Erfolg, wie bei jedem herausnehmbaren Gerät [120].

STEFFEN und HALTOM [112] präsentieren den sogenannten Five-Cent Tooth Positioner. Dabei handelt es sich nicht um ein Positioner-Gerät im herkömmlichen Sinn, sondern um Klasse-II- beziehungsweise Klasse-III-Gummizüge. Nach einer dreiwöchigen abschließenden Behandlungsphase mit Idealbögen werden diese entfernt und jeweils 3 mm hinter dem Bracket der Lateralen durchtrennt und oralwärts gebogen, um Irritationen zu vermeiden. Nach dem Einligieren der segmentierten Bögen werden die Gummis gespannt und für drei Wochen Tag und Nacht getragen. Weitere drei Wochen werden sie nur nachts getragen. Danach werden Bänder und Brackets entfernt. Durch diese Maßnahme lässt sich ebenfalls eine sehr gute Interkuspitation herstellen, so die Autoren.

TRASK [117] beschreibt neben dem Einsatzgebiet der Zahnstellungskorrektur ein weiteres für den Positioner, nämlich als Medikamententräger in der häuslichen Fluoridierung.

Auch COOKE und WREAKES [18] beschreiben die Möglichkeit, einen vorgeformten Positioner zur topischen, intensiven Fluoridapplikation zu nutzen.

## 2.2. Bissnahme und Setup

Relativ übereinstimmend wird in der Literatur auf die Notwendigkeit eines nach gnathologischen Kriterien gefertigten Setups hingewiesen [6], [34], [36], [91], [100], [101], [102], [113], [129].

Diese Autoren schlagen zumindest eine arbiträre Scharnierachsbestimmung und ein schädelbezügliches Einartikulieren des Oberkiefers mittels Gesichtsbogen vor. Eine exakte Scharnierachsregistrierung kann noch präzisere Ergebnisse [63] liefern und ist speziell bei einer Sperrung von mehr als 3 mm im Bereich der zweiten Molaren sehr zu empfehlen [6], [91] setzt aber eine genaue Kenntnis der Registrierungsmethode durch den Behandler voraus. Der Unterkiefer wird dann zum Oberkiefer mittels eines möglichst dünnen Zentrikregistrates ausgerichtet. Durch das dünne, maximal der Ruheschwebelage entsprechende Registrat ist der im Positioner einprogrammierte Fehler bezüglich der Abweichung der Position der Kondylen zur zentralen Scharnierachseposition vernachlässigbar klein [6].

CHIAPPONE [15] legt in seinem Artikel über die Konstruktion des gnathologischen Setups und des Positioners besonderen Wert auf die korrekte Wiedergabe des immediate side shift. Denn diese Information bestimmt den Torque der oberen Frontzähne. Auch die eckzahngeschützte Disklusion werde darüber determiniert, ebenso Angulation und Torque der unteren Frontzähne.

STEINHÄUSER und JANSON [113] führen eine Okklusionsanalyse im Patientenmund und an den in einen semiadjustierbaren Artikulator eingestellten Modellen durch, um die im Setup zu verändernden Zähne herauszufinden. Eine Orientierung zur Auswahl der zu veränderten Zähne bieten dabei *The six keys to normal occlusion* von ANDREWS [4]. Es sollte jedoch auf beiden Seiten zumindest ein Zahnpaar mit guter Höcker-Fossa Relation verbleiben, die die ursprüngliche Relation der Kiefer zueinander aufrecht erhalten.

VARDE [121] beschreibt eine Vereinfachung der Herstellung des Positioners. Die Vereinfachung liege hier in einer zentralen Wachsbissnahme oder bei Klasse-II-Patienten, wie auch von ELSASSER [25] beschrieben, einer Wachsbissnahme in leicht protrudierter Stellung.

### 2.3. Herstellungsverfahren und Materialien

Da Material und Herstellungsverfahren entscheidenden Einfluss auf die Fähigkeiten eines Positioners haben können, werden nun entsprechende Literaturstellen vorgestellt.

### 2.3.1. Verwendete Materialien und Herstellungsverfahren

Folgende Beiträge befassen sich mit den Möglichkeiten in der Herstellung und der Materialauswahl:

ALRAUN [2] berichtet über die Herstellung von Positionern aus SR Ivocap<sup>®</sup> Elastomer, das nahezu ideale Eigenschaften bietet. Hohe Elastizität, lange Lebensdauer und die Möglichkeit der Einarbeitung kieferorthopädischer Elemente wie Dehnschrauben oder Headgear-Röhrchen würden das Material für die Herstellung von diversen Geräten wertvoll machen. Er stellt eine Elastomer-Dehnungsplatte, eine Elastomer-Headgear-Platte, eine Elastomer-Aufbißschiene und einen Laschen-Alwanator als Alternative zum Herbst-Scharnier vor, so wie sie in seinem Labor gefertigt werden.

ANDERSEN und SCHRAMM [3] beschreiben den Bioplast<sup>®</sup>-Positioner und dessen Herstellung. Die thermoplastischen Bioplast<sup>®</sup>-Folien aus Äthyl-Vinyl-Acetat werden über das Setup auf einem modifizierten Biostar-Gerät tiefgezogen und anschließend thermisch miteinander verbunden. Nach dem Zuschneiden und Verrunden ist das Ergebnis ein elastischer und durchsichtiger Positioner.

FRASS [29] verwendet zur Herstellung des Positioners wie ALRAUN [2] das SR-Ivocap<sup>®</sup>-Elastomer, das gute physikalische Eigenschaften mit höchster Präzision verbindet. Mittels zweier lateraler Register, einem Protrusionsregister und möglichst noch einem zentrischen Register stellt er den Gnathomaten gemäß der Patientensituation ein. Der Gnathomat bietet den Vorteil, die Setupmodelle beliebig mit den Originalmodellen auszutauschen, was bei umfangreichen Umstellungen sehr wichtig sei, um die Okklusionsebene beibehalten zu können.

KLEEMANN und JANSSEN [51] stellen den Speed-Positioner vor. Hergestellt wird er aus Odontosil, das drucklos bei Raumtemperatur über einen Platinkatalysator vulkanisiert. Odontosil zeigt alle Eigenschaften von Silikonelastomeren wie permanente Elastizität und Formgedächtniseffekt. Gekoppelt mit Attachments, die kleiner sind als herkömmliche Brackets, erlaube der Speed-Positioner eine 3-dimensionale Kontrolle der maximal bis zu 3 mm großen Zahnbewegungen. Diese Attachments werden auf die Zähne geklebt, anschließend wird eine Präzisionsabformung der Kiefer aus additions- oder kondensationsvernetzendem Silikon in Korrekturabformtechnik genommen.

Nach dem Aussägen, Umstellen der Zähne und Rekonturierung des Gingivaverlaufs wird bei möglichst geringer Bissperrung im Artikulator das Material Odontosil mittels einer Automixpistole über den Zahnreihen aufgebracht. Anschließend wird der Positioner fertig gestellt und beim Patienten eingegliedert. Dieser soll ihn zwei Monate lang tragen, im ersten Monat vier Stunden tagsüber und acht Stunden nachts, im zweiten Monat nur noch nachts. Im Anschluß daran werden die Attachments entfernt, und in Absprache mit dem Patienten ein Speed-Retainer gefertigt. Die Autoren ziehen diesen den konventionellen Retainern meistens vor. Der Speed-Retainer wird auf den radierten Positioner-Setup-Modellen genau wie der Positioner gefertigt.

RAKOSI ET AL. [79] stellen eine vereinfachte Methode zur Positionerherstellung vor. Sie eigne sich nur für einfache Fälle ohne Kiefergelenkssymptome, die keine großen Zahnbewegungen erfordern.

Nach Bandabnahme werden Abformungen angefertigt, unter Zuhilfenahme des Fernröntgenseitenbildes wird ein vereinfachtes Setup mit der achsengerechten Aufstellung der Zähne erstellt. Die auf einem doublierten Modell erstellten Tiefziehschienen werden im Mund mit Hilfe einer einfachen Handbissnahme zueinander orientiert, was bei Patienten ohne Kiefergelenksprobleme nach den Untersuchungen von GERNET [32] ausreichend sei. Nach der Lagefixierung mittels Kauter wird der Positioner im Labor fertiggestellt und die ausgearbeiteten Oberflächen werden thermisch „poliert“. Das so in zwei Stunden fertiggestellte Gerät solle während der ersten Woche permanent getragen werden. Dann sollte die Tragedauer stufenweise auf zwei Stunden tagsüber und nachts durchgehend reduziert werden.

### 2.3.2. Materialuntersuchungen

Studien zu den verschiedenen Positionermaterialien wurden in den folgenden Beiträgen veröffentlicht:

COLLETT ET AL. [17] definierten die idealen Eigenschaften eines Positionermaterials wie folgt: Es sollte auf einen Zahn, der in seiner Position verändert werden soll, eine konstante Kraft, die über die Zeit und unter Verformung nicht abnimmt, ausüben und das Material sollte nach seiner Entfernung aus dem Mund wieder exakt in seine Ausgangsform zurückkehren.

Bei den von ihnen untersuchten Materialien Urethan P1, weißer Gummi und Elastocryl konnte keines diese Forderungen vollständig erfüllen. Die Eigenschaften von Elastocryl seien für einen Positionereinsatz am wenigsten geeignet.

Alle Materialien bewiesen teilweise superelastisches Verhalten, weil die Gegenkraft gleich blieb, unabhängig vom Ausmaß der Verformung [17], [128], [128]. Sie zeigten aber auch eine bleibende Deformation nach Verformung.

ROST ET AL. [88] verglichen in ihrer Studie die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von 15 allgemein gebräuchlichen und 4 experimentellen Positionermaterialien. Die Zugkraft bei 20%iger Streckung wurde über einen Zeitraum von drei Monaten beobachtet und gemessen. Die Proben lagen während dieser Zeit in einer 37°C warmen wässrigen Lösung. Die Zugkraftwerte variierten in einem Bereich von 1,5 zu 24,9 Mpa, abhängig vom jeweiligen Material. Die meisten Materialien zeigten eine Zunahme des Elastizitätsmoduls während der Beobachtungszeit, doch nur bei einer Probe war dies im statistisch signifikanten Bereich.

Dieselben Autoren untersuchten 1995 [89] die unterschiedlichen Kräfte, die von aus sieben verschiedenen – nach ihrer Steifigkeit ausgewählten – Materialien hergestellten Positionern auf vier protrudierte Frontzähne ausgeübt werden. Sie fanden Kräfte im Bereich von 0,4-14,0 N pro Zahn, abhängig vom Material und Protrusionsgrad.

Es scheint, dass die Kraftabgabe auf den Einzelzahn nahezu unabhängig von der Position der benachbarten Zähne ist, was unter klinischen Aspekten wünschenswert ist.

Unter der Annahme, optimale orthodontische Kräfte seien im Bereich von 0,5 N [88] angesiedelt, können nur die beiden weichsten und elastischsten Materialien Bisico Medium<sup>®</sup> [Bisico] und Odontosil<sup>®</sup> 55 [Dreve-Dentamid GmbH] für Zahnbewegungen bis zu einer Größenordnung von 0,25 mm empfohlen werden. Bei größeren Zahnbewegungen würden bei allen Materialien die Kräfte zu groß, weil diese Materialien kein superelastisches Verhalten zeigten, das heißt, die Kraftabgabe war nicht unabhängig vom Deformierungsgrad, sondern alle gemessenen Kraftwerte zeigten abhängig vom Deformierungsgrad eine Kraftzunahme. Entscheidenden Einfluss hatte jedoch die Höhe der initialen Kraftabgabe, die die Spreizung bei den weiteren Deformierungsschritten maßgeblich beeinflusste.

SR-Ivocap<sup>®</sup>-Elastomer und Bioplast<sup>®</sup> scheinen daher vor allem wegen ihrer hohen initialen Kraftabgabe ungeeignet zu sein, ebenso wie Blank Medium, Erkoflex und Positioner Rohling, da schon bei 0,25 mm Auslenkung ihre Kraftabgabe ca. 4 N und mehr beträgt.

Weiterhin wurden die Veränderungen der Kräfte über einen Drei-Monats-Zeitraum bei Lagerung in wässriger, mundmilieu-ähnlicher Umgebung bei einer Temperatur von 37° C untersucht. Dabei konnte zwar eine Abnahme des Elastizitätsmoduls beim Mittel der Endwerte gegenüber dem Mittel der Schlusswerte festgestellt werden. Diese Zunahme der

Steifigkeit war jedoch äußerst geringfügig und wies bis auf ein Material keine statistische Signifikanz auf.

## 2.4. Behandlungsmöglichkeiten mit dem Positioner

Zahlreiche Autoren haben sich über die Einsatzgebiete des Positioners Gedanken gemacht und Einzelfälle oder Studien präsentiert.

### 2.4.1. Studien

Die Ergebnissen der Studien zum Positioner sind im Weiteren kurz zusammengefasst.

BERGERSEN [9] wies im Fazit seiner Studie an 73 Patienten, die mit einem vorgefertigten Positioner ca. 75 Tage behandelt wurden, darauf hin, dass jedweder Positioner dazu beitrage, die Zähne kontrolliert einzustellen und die Okklusion zu verbessern. Der vorgefertigte Positioner ist jedoch insbesondere dazu geeignet, sagittale Stufe und einen behandelten Tiefbiß zu retinieren. Hawley-Retainer und maßgefertigter gnathologischer Positioner schneiden hierbei signifikant schlechter ab.

DROSCHL ET AL. [21] untersuchten an 10 Non-Ex-Fällen unter anderem, inwieweit der gnathologische Positioner zu einer Veränderung der Kondylenposition über die Feineinstellung der Okklusion führt und wie sich die Situation nach einem Jahr in Retention darstellt. Der Unterschied zwischen retrudierter und maximaler Kontaktposition ging vor allem in den ersten zwei Wochen aufgrund der ganztägigen Tragezeit stark zurück. Die Okklusion wurde innerhalb der ersten drei Monate klar verbessert. Insgesamt war auch nach einem Jahr Retention bei den Patienten weniger slide in centric zu finden als bei Unbehandelten. Erreicht wurde dies allerdings auch durch eine leichte Überkorrektur bei der Behandlung von Klasse III zu Klasse I, wie dies auch VARDE [121] und ELSASSER [25] vorschlagen. Inwieweit das natürliche Settling sich dazu im Vergleich auswirkt, wurde in dieser Studie – darauf weisen die Autoren hin – nicht untersucht.

GOTTLIEB [33] untersuchte in seiner Studie mit 100 Patienten anhand folgender Kriterien den Erfolg des Positioners: Okklusion, horizontaler wie vertikaler Überbiss, Zahnbogenform, Lückenschluss, Rotationen, Mittellinienverschiebung, axiale Zahneinstellung. Wenn sich alle diese Kriterien nach der Positionerbehandlung verbessert hatten, galt der Fall als erfolgreich.

Das traf bei 60% zu, bei 26% nur teilweise. 14% der Patienten zeigten eine so schlechte Mitarbeit, dass der Kasus als gescheitert beurteilt wurde. Daher sieht GOTTLIEB die Patientenmitarbeit als entscheidenden Punkt in der Erfolgsprognose an.

VAN DEN HOEK [118] untersuchte 22 Patienten nach, die in der ehemaligen Fachpraxis von Frau Prof. Dr. I. Rudzki-Janson behandelt wurden. Er vermaß dazu die Modelle der festsitzend vorbehandelten Patienten, die anschließend für 12-15 Monate einen Positioner trugen. Er zeigte, dass der Positioner nur bedingt Zähne in ihrer Position verändern und in der neuen Position halten kann. In 35% der Fälle konnte er Derotationen, in 90% Korrekturen des overjet feststellen. Zu einer physiologischen Einstellung des overbite kam es bei 28%.

Er empfahl einen kurzen Einsatz des Positioners in der letzten Phase der aktiven Behandlung zur Feinjustierung und anschließend die Sicherung des erzielten Ergebnisses mit herkömmlichen Retainern.

KRÖNINGER [56] fand in ihrer Studie an 28 Patienten der Klinik und Poliklinik für Kieferorthopädie der LMU München mit einem Durchschnittsalter von 15,8 Jahren, dass durch den Positioner Lücken geschlossen, overbite und overjet verbessert und Zähne derotiert werden können. Sie konnte nachweisen, dass nicht nur die Feineinstellung der Okklusion, sondern auch Zahnbewegungen mit dem Positioner vorgenommen werden können.

So konnte die Platzbilanz im Oberkiefer maximal um 2 mm, im Unterkiefer um maximal 3 mm verbessert werden. Alveoläre Mittellinienverschiebungen, leichte Formen des Kreuzbisses sowie Lingual- und Bukkalkippungen konnten mit dem Positioner bewirkt werden. Neben einer Harmonisierung der Zahnbogenform konnte die Okklusion sagittal wie vertikal positiv beeinflusst werden. Der Overbite vergrößerte sich um maximal 3,5 mm und verringerte sich um maximal 1,5 mm. Wurzelresorptionen oder Veränderungen des Gesichtstyps konnten bei der Auswertung der Röntgenbilder nicht gefunden werden.

Zusammenfassend, so schließt die Autorin, ist also ein Positionereinsatz durchaus sinnvoll, da effektiv Rezidive verhindert werden können und die nach Multibandbehandlung noch lockeren Zähne gut in die angestrebte Position geführt und dort stabilisiert werden können. Voraussetzungen jedoch sind ein ausreichendes Platzangebot zu Beginn und vor allem eine gute Mitarbeit des Patienten. Sie ist der Schlüssel zum Erfolg.

MIMURA ET AL. [68] sahen nach ihrer arthrotomographischen und arthroskopischen Studie die Möglichkeit, mit dem dynamischen Positioner (nach Osamu Yoshii) Medialverlagerungen des Diskus effektiv zu behandeln.

MISCHLER und DELIVANIS [70] verglichen in ihrer Studie die wesentlichsten Eigenschaften zweier in verschiedenen zahntechnischen Laboren herkömmlich hergestellter Positioner und eines vorgefertigten sogenannten Prefinisher-Positioners anhand der Kontroll- und Setup-Modelle von 12 ausgewählten Patientenfällen.

Sie untersuchten Veränderungen in Bezug auf den maxillären wie mandibulären intercaninen und intermolaren Abstand, Bogenlänge, Angle-Klasse, Rotationen, Lücken, Speesche Kurve, overjet und overbite, Mittellinienabweichungen und Zähne, die außerhalb des Bogens positioniert waren.

Sie kommen zu folgenden Ergebnissen: Eckzahnabstand, Molarenabstand und Zahnbogenlänge variieren beim konfektionierten Positioner mehr als bei den nach einem individuellen Setup hergestellten Geräten. Ursache dafür sei die nicht ausreichende Berücksichtigung individueller Patientengegebenheiten wie beispielsweise der Speeschen Kurve. Doch auch die nach individuellem Setup hergestellten Positioner sollten vor ihrem Patienteneinsatz genauestens auf die Berücksichtigung der Patientencharakteristika geprüft werden.

MÜLLER [71] beschrieb seine Erfahrung mit dem einteiligen transparenten Positioner, gefertigt aus dem Kunststoff Oralastic II. Seine Untersuchung bei 80 Patienten zeigte, dass die Erfolgsquote von der Trageintensität sowie von der Einstellung des Patienten zum Behandlungsgerät abhängig ist. Bei 75% der untersuchten Patienten fielen nach der Behandlung die zentrische Kondylenposition und die maximale Interkuspitationsposition zusammen. Diese Patienten zeigten keine Frühkontakte und einen gelockerten Muskeltonus.

PERMANN ET AL. [75] untersuchten 10 festsitzend kieferorthopädisch behandelte Patienten nach. Alle trugen danach einen gnathologischen Positioner. Am Tag der Bandentfernung und zwei, vier und zwölf Wochen später wurden Abformungen genommen und Modelle hergestellt, die im Artikulator montiert wurden und von den Untersuchern jeweils drei Mal analysiert wurden. Dabei stellten sie fest, dass Diskrepanzen in Bezug auf die kondyläre Position zwischen maximaler Interkuspitationsposition IKP und retrudierter Kontaktposition RKP in allen drei Ebenen vorlagen. Danach trugen die Patienten den Positioner für ein weiteres Jahr nur nachts, um dann nochmals nach dem gleichen Procedere untersucht zu werden. Die Untersuchung zeigte eine definitive Verbesserung der Okklusion und eine weitgehende Annäherung von RKP und IKP. Nach einem Jahr Retention zeigte sich eine leicht gegenläufige Entwicklung der Durchschnittswerte, zurückgeführt auf die kürzere Tragedauer.



SANDER und FRÖHLS [93] stellten eine Studie an 59 Probanden vor, die nach einer Multiband-Behandlung einen individuellen, einteiligen Positioner trugen. Sie wiesen nach, dass die nach einer Multibandbehandlung noch nicht optimale Interkuspitation wie auch das neuromuskuläre Kaumuster durch einen Positioner im Gegensatz zu gewöhnlichen Retentionsgeräten wesentlich verbessert werden könne. Andere herausnehmbare Apparaturen wie Platten oder Bionatoren erzielen nur durch Zufall eine optimale Okklusion und Interkuspitation, da sie die Zähne nicht so präzise in allen Ebenen führen.

Der Positioner stellt also für sie kein Retentions-, sondern ein Endjustierungsgerät dar, das das Settling der Zähne begleitet. Das belegen auch die zeitgleich mit der Okklusion gemessenen Periotestwerte. Der Positioner braucht für die optimale Erfüllung seiner Aufgaben allerdings eine Wirkungszeit von 3-4 Monaten.

Nach der Feineinstellung muss dann eine Behandlung mit Retentionsgeräten erfolgen, die das weitere Settling begleitet. Eine Verlaufskontrolle über ca. zwei Jahre mit Ermittlung der Periotestwerte als Maß für das Settling ist zu empfehlen.

TIBBETS [116] fand keinen signifikanten Unterschied beim Vergleich zwischen den Kombinationen aus einem Positioner mit geklebtem UK-Retainer, Hawley-Retainer oder Essix-Retainer als Retentionsgeräten. Alle Kombinationen waren in der Lage, bei den 30 Patienten der Studie das Ergebnis der vorhergehenden Behandlung in Bezug auf sagittale, vertikale und transversale Kriterien über den Versuchszeitraum von 6 Monaten nach Abnahme der festsitzenden Apparatur zu stabilisieren.

VORHIES [123] beobachtete bei seiner Studie an 10 Probanden, deren Fernröntgenseitenbilder er auswertete, die im Durchschnitt den Positioner 32 Tage 17,5 Stunden lang trugen, keine vorhersagbare Intrusion oder Extrusion von Zähnen. Ihm schien jedoch eine Veränderung des Wurzeltorques möglich, außerdem könne der Positioner zum Lückenschluss, zur Kreuzbisskorrektur und zur Rotationsbehandlung eingesetzt werden.

Die intercanine Distanz könne im Oberkiefer um bis zu 3 mm verkleinert werden und damit eine Kompression des Zahnbogens vorgenommen werden.

WELLS [127] untersuchte 29 Fälle, 9 davon mit Multiband-Apparaturen vorbehandelt. Die Patienten trugen den Positioner zwischen 21 Tagen und drei Jahren. Er kam zu dem Ergebnis, dass alle Arten von Zahnbewegungen im Bereich von maximal 3 mm außer Translationen durchgeführt und danach retiniert werden könnten. Größere Bewegungen erreicht der

Positioner vergleichsweise schnell, während im Setup vorgegebene kleine Bewegungen relativ langsam erreicht werden.

WILLIAMSON [129] untersuchte 19 Patienten nach, bei denen auf die Edgewise-Multibandbehandlung in der Justierungsphase die Positionerbehandlung folgte. Von denselben Patientenmodellen ließ er verschiedene Positioner fertigen: einen gnathologischen und einen nur nach einem Registrat in maximaler Interkuspitation ohne Artikulator hergestellten Positioner. Sein Augenmerk lag dabei auf der zentrischen Kondylenposition. Er untersuchte Abweichungen nach anterior-posterior, superior-inferior und mesio-lateral.

Er stellte fest, dass die maximale Interkuspitationsposition zu Beginn der Positionerbehandlung oft mit einer Dislokation der Kondylen in der Fossa in allen drei Ebenen einhergehe.

Aus diesem Grund solle die abschließende aktive Behandlung mit dem Positioner auch zur Herstellung einer physiologischen Lage der Kondylen genutzt werden.

Dafür sei der gnathologische Positioner am besten geeignet. Er biete am ehesten die Chance, die erwünschte Gelenkposition zu erreichen. Die schlechtesten Ergebnisse lieferte der für den jeweiligen Patienten gemäß der Herstellerangaben ausgewählte konfektionierte Positioner.

HOFFMANN und GROSSE [42] fanden in ihrer Untersuchung praktisch übereinstimmende Ergebnisse. Ihrer Meinung ist ohne negative Einflüsse auf das Kiefergelenk allenfalls ein Scharnierachsenpositioner einsetzbar.

#### 2.4.2. Fallvorstellungen und klinische Beobachtungen

In den nachstehenden Beiträgen berichteten die Autoren über ihre klinischen Beobachtungen im Zusammenhang mit dem Positioner, meist verbunden mit der Vorstellung einzelner Behandlungsfälle.

BARNETT [6] beobachtete bei seinen Patienten, bei denen er erst 7-10 Tage nach Bandentfernung den Positioner eingliederte, speziell während der ersten beiden Wochen folgende Verbesserungen: Lücken schlossen sich, die Position der Zähne zur Kauebene harmonisierte sich, die Gingiva nahm eine physiologischere Farbe an. Auf Fernröntgenseitenbildern sei nachweisbar gewesen, dass sich die Kondylen in den Fossae unter dem Einfluss des Positioners zentrierten. Das sei auf den Effekt der propriozeptiven Entkopplung durch die Bedeckung der Zähne durch den Positioner zurückzuführen. Er sieht keine Möglichkeiten, mit dem Positioner Rotationen oder ausgedehntere Zahnbewegungen vorzunehmen.

Im Finishing eines schon nahezu optimal vorbehandelten Falles könne der Positioner das Ergebnis weiter optimieren.

CUNAT ET AL. [20] zeigten drei kieferorthopädisch behandelte Patienten aus derselben Familie, die ausschließlich mit einer Abfolge von Positionern behandelt wurden.

Alle Patienten waren sehr kooperativ und trugen den Positioner tagsüber 8-10 Stunden und nachts. Sie wiesen sowohl zu Anfang als auch zu Ende der Therapie eine Klasse-I-Verzahnung auf.

Der 42jährige Familienvater hatte multiple Lücken. Der aus hochelastischem Silikonelastomer gefertigte Positioner bewirkte neben einem generellen moderaten Lückenschluß vor allem die Verkleinerung des Diastema mediale um ca. 1,5 mm.

Der 14jährige Sohn hatte einen 5,0 mm großen sagittalen Überbiß, dazu einen um 2,0 mm großen linkslateral offenen Biß. Im ersten Schritt wurde ein Positioner wiederum aus hochelastischem Silikonelastomer auf einem nur teilweise korrigierten Modell gefertigt. Nach drei Monaten wurde aus dem gleichen Material ein weiterer Positioner mit den Setup-Zähnen in Endposition gefertigt.

Nach insgesamt 10 Monaten waren alle Zähne korrekt eingestellt.

Bei der 12 Jahre alten Tochter mit Nichtanlage der oberen bleibenden Lateralen mit einem 5 mm großen Diastema wurde ebenfalls ein Positioner aus hochelastischem Material angefertigt, wobei das Diastema vorerst nur um 2 mm geschlossen werden sollte. Nach 3 Monaten wurde ein weiterer Positioner zum vollständigen Lückenschluss angefertigt, der sich nach 3 weiteren Monaten auch einstellte. Das Ergebnis wurde mit einem Hawley-Retainer gehalten, bis dann eine prothetische Versorgung der nun größeren Lücken an der Stelle der nichtangelegten 2er erfolgen sollte.

Zwei interessante Dinge konnten festgestellt werden: Die gingivalen Gewebe warfen sich trotz der großen Zahnbewegungen nicht auf und stellten keine Barriere für den Schluss der Lücke dar. Weiterhin wurden die beiden Medialen körperlich bewegt. Es fand also keine eigentlich zu erwartende Kippung statt. Röntgenologisch wurden keine Resorptionen festgestellt.

EFSTRATIADIS [23] stellte einen Fall mit Klasse I, aber frontal offenem Biß, bimaxillärer dentoalveolärer Protrusion, anteriorem wie posteriorem Kreuzbiss und mandibulärer Mittellinienverschiebung vor. Nach erfolgreicher Multibandbehandlung folgte eine zweijährige Retentionsphase mit einem Positioner. Okklusion und Frontzahnstellung blieben

stabil trotz einer Zungendysfunktion, bei der sich die Zunge immer wieder zwischen die Zahnreihen legte.

LEW [59] strich nach einer Literaturrecherche die Erfolge des Positioners im Lückenschluß nach Bandabnahme [123], in der Kippung von Zähnen bis zu 3 mm sowie in der Korrektur von Rotationen im Front- und Eckzahnbereich und in der Korrektur von gekippten Eckzähnen, Prämolaren und Molaren sowie in der Verbesserung der Interkuspitation heraus [7]. Grenzen seien in der Schließung von Extraktionslücken [33], Torque und körperlicher Bewegung [123] und der Drehung von Prämolaren [19] zu sehen. Bei guter Passgenauigkeit sei ein Einsatz als Retentionsgerät durchaus zu befürworten.

OLIVER [73] zeigte in seinem Fallbericht einen 14 Jahre alten Jungen, der zu Behandlungsbeginn einen 11 mm großen horizontalen Überbiss hatte, einen V-förmigen Oberkieferzahnbogen wie auch lingual und eng stehende Unterkieferschneidezähne, insgesamt also eine schwere Klasse-I-Okklusionsanomalie.

Ein dynamischer Positioner aus Silikonelastomer mit Idealokklusion wurde nach der üblichen Vorgehensweise gefertigt. Die Tragezeit habe 8 Stunden nachts und 2 Stunden tagsüber betragen. Mit einer Tragehilfe, wie sie auch bei Mundatmern zur Eliminierung dieses Habits eingesetzt werden könne, wurde nachts ein Herausfallen des Geräts verhindert und der Mund geschlossen gehalten. Attachments sollten gegen das Herausfallen zusätzlich sichern, doch sie wurden, nachdem sie sich sehr schnell von den Zähnen lösten, nicht mehr ersetzt. Bei den vierwöchigen Kontrollen konnte jeweils ein Rückgang der Protrusion um ca. 1 mm festgestellt werden. Nach insgesamt neun Monaten war ein hervorragendes Behandlungsergebnis mit ausgezeichneter Verzahnung in ausgeformten Zahnbögen erreicht, wobei habituelle und zentrische Okklusion übereinstimmten.

Er beschreibt zum Schluss seiner Falldarstellung, dass er eine Vielzahl von Okklusionsanomalien in seiner Praxis erfolgreich mit elastischen Apparaturen behandelt hat.

WARUNEK ET AL. [125] stellten vier Patientenfälle vor, deren Behandlung mit mehreren aufeinander folgenden Positionern pro Patient dokumentiert wurde. So wurden umfangreiche Kippbewegungen, die Korrektur leichter Kreuzbisse und die Beseitigung von Engstand sowie Lückenschluß von 2,0 – 2,5 mm durchgeführt. Mittellinienverschiebungen, Okklusionsanomalien der Angle-Klasse-II und auch ein im Front- und Seitenzahngebiet offener Biss konnten so erfolgreich therapiert werden.

Kontraindikationen für eine derartige Behandlung sieht er bei Patienten mit Atemwegsverengung und rotierten Seitenzähnen.

### 2.5. Studien zu Settling und Okklusion

Welchen Einfluss die verschiedenen Geräte der Justierungs- und Retentionsphase auf Settling und Okklusion haben, zeigen die nachgenannten Studien.

DURBIN und SADOWSKY [22] untersuchten in ihrer Studie die Zahl der okklusalen Kontakte bei 38 Patienten. Nach einer Behandlungsphase von 3 Monaten wurden die 15 Patienten, die einen gnathologischen Gummi-Positioner trugen, verglichen mit 23 Patienten, die mit Hawley-Retainern retiniert wurden. Dabei stellte sich heraus, dass die Positioner, hergestellt nach der von ROTH und GORDON [91] beschriebenen Methode, nur minimale Vorteile bezüglich der Kontaktvermehrung gegenüber dem Hawley-Retainer besaßen.

GAZIT und LIEBERMAN [30] registrierten in ihrer Studie an 12 kieferorthopädisch behandelten Patienten mittels der von Arcan und Zandman 1982 entwickelten Photookklusionstechnik die Zahl und Qualität der Okklusionskontakte. Sie konnten an den 12 Patienten der Studie feststellen, dass die Kontakte im ersten Jahr nach der Behandlung ohne Einwirkung irgendwelcher kieferorthopädischen Apparaturen um 56% zunehmen.

HAYDAR ET AL. [40] fanden in ihrer Studie an jeweils 10 Probanden mit Hawley-Retainern, Positionern und unbehandelten Patienten, dass der Positioner in Bezug auf die Verbesserung der Kontaktsituation während des Settling gegenüber dem Hawley-Retainer keine Vorteile zeigt. Gegenüber der Kontrollgruppe wiesen beide Gruppen jedoch jeweils signifikante Unterschiede auf. Diesem Ergebnis steht jedoch die Auffassung von RICKETTS [84] gegenüber, der betont, dass das Settling unter dem während der ersten Tage möglichst permanent getragenen Positioner viel schneller erfolge als beim klassischen Retainer, der dafür 4-6 Wochen benötige. Auch SANDER und FRÖHLS [93] vertreten diese Auffassung mit den Ergebnissen ihrer Periotest-Studie.

RAZDOLSKY ET AL. [81] zeigten in ihrer Studie an 40 Patienten, dass im Intervall zwischen dem Ende der aktiven kieferorthopädischen Behandlung und ca. 21 Monate danach die okklusalen Kontakte auch ohne Behandlung zunahmen. Vor allem an den Seitenzähnen nahmen direkte, echte Kontakte zu. Weiterhin nahmen im Front- und Seitenzahnbereich die

annähernden Kontakte zu. Im Vergleich zu der vorangehenden Kurzzeitstudie von DURBIN und SADOWSKY [22] wurde ein Fortschreiten des Settlings über die ersten drei Monate nach der Behandlung hinaus festgestellt. Dieser Befund korreliert mit dem Ergebnis der Perioteststudie von SANDER und FRÖHLS [93], die auch ein Settling weit über die ersten drei Monate nach Bandabnahme hinaus beschreiben.

Wenig Veränderungen fanden in Bezug auf die Lokalisation der Kontakte statt. Daraus könne auf ein nur minimales Settling in bukkolingualer Richtung geschlossen werden.

SAUGET ET AL. [96] untersuchten 30 Patienten nach der Entbänderung, am Einsetztag der Retainer und nach drei Monaten in der Retention. Während der Hawley-Retainer Vertikalbewegungen erlaube, halte der Tiefziehschienen-Retainer die Zähne in der Position der Entbänderung. So nahmen die Kontakte im Seitenzahnbereich mit Hawley-Retainer signifikant zu, während im Frontzahnsegment genau wie bei den Tiefziehschienen-Retainern im gesamten Zahnbogen kein signifikanter Zuwachs festzustellen war.

## 2.6. Zusammenfassung

ALEXANDER [1] schlägt vor, die Retention einzuleiten, wenn die UK-Inzisivi richtig positioniert sind, die Speesche Kurve nivelliert ist, die intercanine Distanz wieder auf Ausgangsniveau ist, eine gute Höcker-Fossa-Verzahnung in den posterioren Segmenten vorliegt, der Interinzisalwinkel richtig eingestellt ist und die Weisheitszähne entfernt sind.

Bei Vorliegen dieser Kriterien ist für die Einstellung einer Okklusion ohne Balancekontakte mit maximaler Interkuspidation bei zentrischer Kondylenposition den Retentionsgeräten in den Behandlungsregimes vieler Kieferorthopäden der Positioner vorgeschaltet.

Ein Haupteinsatzgebiet dieses Geräts, der Lückenschluss nach Abnahme der Multiband-Apparatur [101], [102], ist heute durch den breiten Einsatz von Multibracketapparaturen sicherlich weggefallen. Trotzdem ist die Phase nach Abnahme der festsitzenden Apparaturen aufgrund der hohen Beweglichkeit der Zähne sensibel. Das erzielte Behandlungsergebnis kann ohne entsprechende Retentionsgeräte bis zum Abschluss des knöchernen Umbaus, der bis zu zwei Jahre dauert [93], schnell rezidivieren.

So ist heute nach Auffassung der Literatur die Hauptaufgabe des Positioners darin zu sehen, durch die Fähigkeit der dreidimensionalen Kontrolle des Settlings und durch kleine Zahnbewegungen dazu beizutragen, eine individuell korrekte Kondylenposition bei maximaler Interkuspidation in guter Verzahnung einzustellen [11], [75], [91], [93], [113].

### 3. FRAGESTELLUNG

In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, in welchem Maß der Positioner seine ihm zugeordneten Behandlungsaufgaben lösen kann.

Hauptfragestellung ist, ob und inwieweit sich die in das Setup einprogrammierten Zahnpositionierungen tatsächlich durch das Tragen eines Positioners in der Stellung der einzelnen Zähne im Mund wiederfinden.

Außerdem soll durch Vermessung des Endmodells nach Multiband-/ Multibracketbehandlung, des Setupmodells und des Modells nach Abschluss der Positionerbehandlung folgenden Fragen nachgegangen werden:

- Welche Zähne sind für eine Bewegung mit dem Positioner geeignet?
- Welche Arten der Bewegung (Kippung, Rotation, Translation) werden vom Positioner erreicht und in welcher Größenordnung bewegen sich die Zähne?
- Welche Erfolgsrate hat eine Positionerbehandlung?
- Wie effektiv ist der Positioner als Retentionsgerät?
- Inwieweit wurden die durch das Setup vorgegebenen Zahnstellungsänderungen durch die Positionerbehandlung erreicht?
- Gibt es signifikante Unterschiede im Ansprechverhalten auf die Positionertherapie zwischen den Zähnen des Ober- und Unterkiefers, zwischen den Zahngruppen, zwischen den einzelnen Zähnen?
- Kann man signifikante Unterschiede in der Erfolgsrate zwischen den einzelnen Patienten finden?
- Welche praktisch-therapeutische Konsequenz ergibt sich aus den Messwerten?

Weiterhin soll geprüft werden, ob sich Korrelationen der Ergebnisse mit

- der Dauer der Positionerbehandlung,
- der Einteilung in Extraktions- oder Non-Extraktions-Fall,
- dem Geschlecht oder
- dem Alter der Patienten

ergeben.

## 4. MATERIAL UND METHODE

Um auf die vorgenannten Fragen zielgerichtet antworten zu können, wurden die Patienten dieser Studie mit den nachfolgend beschriebenen Methoden untersucht und die Ergebnisse statistisch ausgewertet.

### 4.1. Patienten und Unterlagen

#### 4.1.1. Patienten

Die Patienten wurden zufällig aus den an der Klinik und Poliklinik für Kieferorthopädie der LMU München (Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson) mit Positionern behandelten Patienten ausgewählt. Die Unterlagen mussten folgenden Anforderungen genügen:

1. Der Positionerbehandlung ist eine Multibandbehandlung vorausgegangen.
2. Es musste ein Modell
  - vom Zeitpunkt der Entbänderung,
  - des Setups, auf dem der Positioner hergestellt wurde, und
  - vom Zeitpunkt des Absetzens des Positioners vorliegen.
3. Die im Behandlungsblatt vermerkte Mitarbeit des Patienten beim Tragen des Positioners mußte vom Behandler als gut oder besser beurteilt worden sein.

So standen für diese Modellstudie die Behandlungsunterlagen von 28 Patienten zur Verfügung. Die Positioner (vgl. Abb. 1 und 2) wurden aus Bioplast® (Scheu-Dental, Am Burgberg 20, D-58642 Iserlohn) hergestellt.

Ausgeschlossen waren Patienten, deren Compliance schlecht war oder die zu einer Abschlussbefundung und –dokumentation nicht zur Verfügung gestanden hatten.

In der nachstehenden Tabelle sind einige Angaben zu den einzelnen Patienten aufgeführt:

Nr.	Geschlecht	Alter	Tragedauer	Ex/Non-Ex	Behandlungsgeräte
1	weibl.	14.1 Jahre	59 Tage	Non-Ex	GNE,OK-PLATTE,CETLIN,UK-PLATTE,MB,POSI
2	weibl.	15.7 Jahre	119 Tage	Non-Ex	GNE,BIO,OK/UK-PLATTEN,CETLIN,MB,POSI
3	männl.	24.9 Jahre	64 Tage	14, 24, 41 Ex	CETLIN,GNE,DELAIRE,OK-PLATTE,HG,MB,POSI
4	weibl.	23.1 Jahre	19 Tage	Ex	CETLIN,HG,LIPBUMPER,MB,POSI,GESCHL BIO
5	weibl.	14.8 Jahre	113 Tage	46 fehlt	CETLIN,HIGH-PULL HG,MB,POSI
6	weibl.	16.8 Jahre	131 Tage	Ex	GNE,MB,POSI



7	weibl.	15.3 Jahre	41 Tage	Non-Ex	BASS,GNE,CETLIN,MB,POSI
8	weibl.	14.9 Jahre	379 Tage	Ex	MB,POSI
9	männl.	17.5 Jahre	223 Tage	Non-Ex	MB,POSI
10	weibl.	14.5 Jahre	331 Tage	Ex	LIPBUMPER,OK/UK PLATTEN,HG,CETLIN,MB,POSI
11	weibl.	18.9 Jahre	48 Tage	Ex	MB,POSI,HAWLEY,3-3-RET.
12	männl.	15.1 Jahre	157 Tage	Non-Ex	SCHIENE,GNE,MB,POSI
13	männl.	15.4 Jahre	159 Tage	Non-Ex	MB,POSI,HAWLEY,3-3-RET.
14	männl.	12.9 Jahre	224 Tage	Non-Ex	GNE,CETLIN,MB,POSI
15	weibl.	13.1 Jahre	135 Tage	Non-Ex	BIO,CETLIN,HG,MB,POSI
16	männl.	14.6 Jahre	64 Tage	OK-Ex	GNE,DELAIRE,LIPBUMPER,MB,POSI
17	männl.	15.4 Jahre	59 Tage	OK-Ex	GNE,HG,CETLIN,MB,POSI
18	weibl.	28.5 Jahre	78 Tage	Ex	HG,OK PLATTE,MB,POSI
19	weibl.	12.2 Jahre	96 Tage	Non-Ex	BIO,HG,MB,POSI
20	weibl.	15.6 Jahre	207 Tage	Ex	HG,MB,POSI
21	weibl.	13.9 Jahre	79 Tage	Non-Ex	BASS,DELAIRE,UMKEHRBIO,GNE, MB,POSI
22	weibl.	16.3 Jahre	245 Tage	Non-Ex	MB,POSI
23	weibl.	15.0 Jahre	425 Tage	Non-Ex	MSR,HG,MB,POSI
24	männl.	14.4 Jahre	433 Tage	Ex	GNE,CETLIN,MB,POSI
25	weibl.	13.4 Jahre	81 Tage	Non-Ex	BIO,MB,POSI
26	weibl.	12.5 Jahre	100 Tage	Non-Ex	BASS,HG,CETLIN,UK PLATTE,MB,POSI
27	weibl.	18.6 Jahre	76 Tage	Non-Ex	LIPBUMPER,CETLIN,MB,POSI
28	weibl.	39.3 Jahre	108 Tage	12, 25 fehlen	MB LINGUAL,POSI
	<b>20 weibl.</b>	<b>Median: 15.2</b>	<b>Median: 111</b>	<b>13 Ex-,</b>	<b>alle Patienten: Multibandbehandlung+ Positionerbehandlung</b>
	<b>8 männl.</b>	<b>Durchschn.: 17.0</b>	<b>Durchschn.: 152</b>	<b>15 NonEx- Kasus</b>	

Tabelle 1: Übersicht über die wesentlichen Daten der Patienten

Da die Zähne 1-7 jedes Quadranten in diese Studie mit einbezogen wurden, hätten theoretisch bei 28 Patienten 784 Zähne zur Begutachtung zur Verfügung stehen können. Insgesamt fehlten den Patienten jedoch 46 Zähne, von denen die meisten im Zuge der kieferorthopädischen Behandlung aufgrund der Diagnose Platzmangel extrahiert worden waren. So konnten 738 Zähne in dieser Studie untersucht werden. 488 Zähne wurden im Setup umgestellt, 250 Zähne wurden im Setup nicht umgestellt.

Eine Übersicht über die Position der im Setup umgestellten Zähne bieten die folgende Tabelle und das Balkendiagramm:

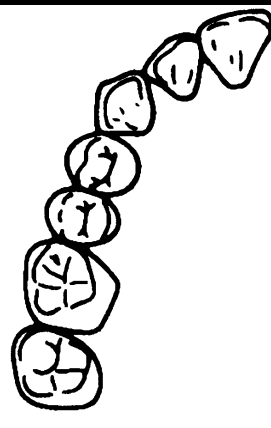
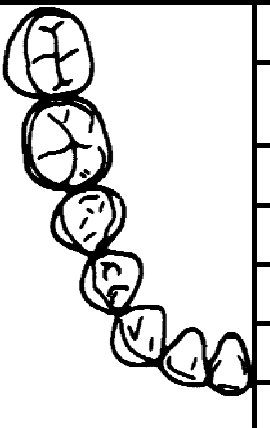
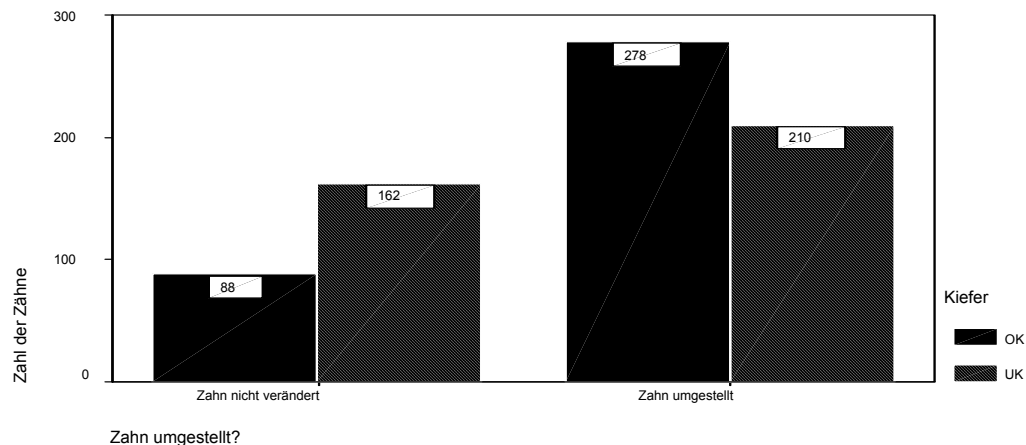
Oberkiefer	Zahl der umgestellten Zähne	Unterkiefer	Zahl der umgestellten Zähne
OK 11/21		UK 37/47	
OK 12/22		UK 36/46	
OK 13/23		UK 35/45	
OK 14/24		UK 34/44	
OK 15/25		UK 33/43	
OK 16/26		UK 32/42	
OK 17/27		UK 31/41	

Tabelle 2: Tabelle zu den umgestellten Zähnen je Zahngruppe



Tabellen 3: Balkendiagramm zu den umgestellten Zähnen je Kiefer

### 4.1.2. Unterlagen

#### Modelle

Neben den schriftlichen Behandlungsunterlagen standen insgesamt 84 Kiefermodelle der Patienten vom Zeitpunkt der Bandabnahme, im Folgenden mit SM bezeichnet, vom Setup (SE) und vom Zeitpunkt des Endes der Behandlung (EM) mit dem Positioner zur Verfügung. Die Modelle vom Zeitpunkt der Bandabnahme und vom Ende der Positionerbehandlung wurden nach Alginatabformungen der Kiefer mit weißem Superhartgips (Klasse IV) hergestellt, getrimmt und einartikuliert. Die späteren Setup-Modelle wurden mit Hilfe eines zweiten Paares Alginatabformungen vom Tag der Bandabnahme aus braunem Superhartgips (Klasse IV) analog hergestellt.

Weiterhin erfolgte am Patienten mittels des Gesichtsbogens Axioquick (SAM Präzisionstechnik GmbH, Taxisstrasse 41, D-80637 München) eine arbiträre Scharnierachsbestimmung und Verschlüsselung der Orientierung des Oberkiefers zur Frankfurter Horizontalen gemäß den Herstellerangaben. Durch eine zentrische Bissnahme wurde die Relation des Unterkiefers zum Oberkiefer bestimmt, die somit bei einer individuell korrekten Kondylus-Fossa-Relation gewonnen wurde. So waren die Grundbedingungen für einen Gnatho-Positioner nach ROTH [91] oder hinge-axis-Positioner nach BREWKA [14] erfüllt.

### Setupmodell- und Positionerherstellung

Die laut Laboranweisung zur Umstellung bestimmten Zähne wurden herausgesägt [3], [56], [93] und gemäß den *Six keys to normal occlusion* von ANDREWS [4] neu aufgestellt und mit Wachs fixiert (vgl. Abb. 3). Nach Gegenprüfung durch den Behandler wurde das Setup-Modell dubliert und so neue Gipsmodelle hergestellt. Auf diesen Modellen erfolgte dann die Herstellung der Einzelschienen aus 4 mm starken Bioplast<sup>®</sup>-Folien (Scheu-Dental), die im Biostar-Gerät (Scheu-Dental) tiefgezogen [56], [80] wurden.

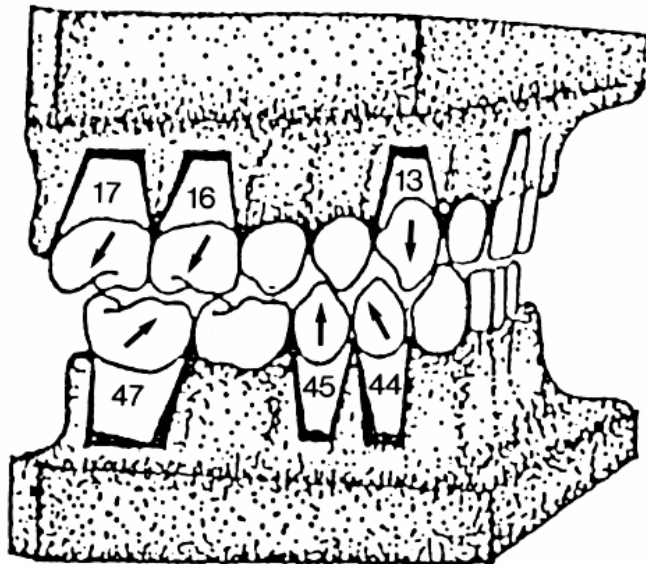


Abbildung 1: Herstellung des Setup-Modells, aus SANDER und FRÖHLIS [93]

Anschließend wurden die erhitzten Einzelschienen im Artikulator unter Einstellung der Sperrung gemäß des Wachsbiss-Registrates verbunden und das Gerät ausgearbeitet [3], [80].

## Patienteninstruktion, Tragedauer, Kontrolltermine

In der Regel am Nachmittag des Entbänderungstags wurden die fertig gestellten Positioner den Patienten eingegliedert und eventuelle Druckstellen an der Gingiva beseitigt. Daneben wurden die Patienten angewiesen, den Positioner an den zwei folgenden Tagen ununterbrochen zu tragen. Um die Patientencompliance in diesem Punkt zu verbessern, wurde versucht, den Entbänderungstermin möglichst vor ein Wochenende zu legen.

Ab dem 3. Tag sollte der Patient den Positioner über 14 Stunden pro Tag tragen und untertags öfters bewusst in den Positioner einbeißen, um den Behandlungseffekt zu unterstützen.

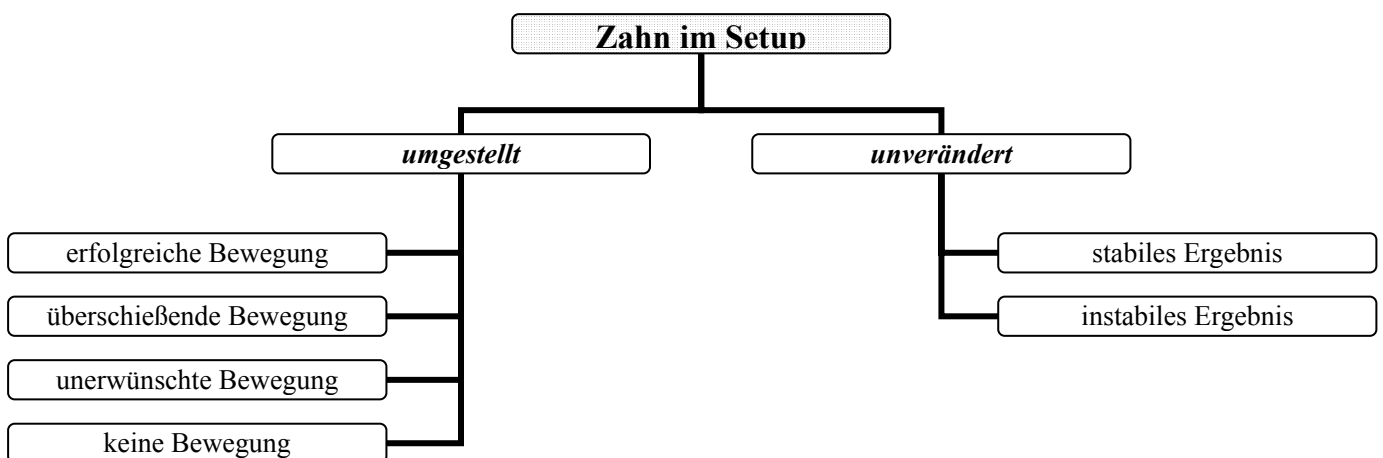
3-5 Tage nach dem Eingliedern folgte ein Kontrolltermin, um den Sitz der Apparatur zu prüfen und eventuell Druck- und Scheuerstellen zu beseitigen. Anschließend erfolgten Kontrolltermine im Abstand von ca. 5 Wochen. Hierbei wurde neben der Prüfung des Sitzes auch die Mitarbeit des Patienten evaluiert.

Der Befund beim Absetzen des Positioners wurde im Patientenjournal festgehalten und Modelle angefertigt. Meist schloss sich der Positionerbehandlung eine Retentionsbehandlung mit Hawley- und geklebtem UK-Retainer an.

## 4.2. Methode

### 4.2.1. Die neuentwickelte Auswertungsmethode

Bei der Entwicklung der neuen Methode wurde als Ausgangsgrundlage angenommen, dass ein vom Positioner beeinflusster Zahn auf folgende Weisen reagieren kann:



Organigramm 1: Die Bewegungsmöglichkeiten eines Zahnes unter Positionertherapie

Diese im obigen Organigramm schematisiert aufgezeigten möglichen Ergebnisse wurden gemäß der folgende Ereignisräume definiert:

1. der Zahn sollte *umgestellt* werden (Kriterium: der Zahn wurde im Setup-Modell ausgesägt),
2. der Zahn sollte *unverändert* belassen werden (Kriterium: der Zahn wurde im Setup-Modell nicht verändert).

Zu 1.: Wurde der Zahn *umgestellt*, waren diese möglichen Ereignisse definiert:

- der Zahn befindet sich im Endmodell (zumindest annäherungsweise) in der Position, die durch die Umstellung im Setup-Modell beabsichtigt wurde: *erfolgreiche Bewegung*;
- der Zahn hat sich laut Endmodell gegenüber dem Schlussmodell in der Richtung bewegt, die im Setup-Modell vorgegeben wurde, allerdings noch weiter als beabsichtigt: *überschießende Bewegung*;
- der Zahn hat sich laut Endmodell gegenüber dem Schlussmodell in einer anderen Richtung bewegt, als im Setup-Modell vorgesehen wurde, oder er hat sich bewegt, obwohl im Setup keine Bewegung vorgesehen war: *unerwünschte Bewegung*;
- trotz Aussägens wurde der Zahn im Setup gegenüber dem Schlussmodell in seiner Position in Bezug auf die untersuchte Bewegungsart nicht verändert, und er hat sich laut Endmodell dementsprechend auch nicht bewegt: *keine Bewegung*.

Zu 2.: Blieb der Zahn im Setup-Modell *unverändert* belassen, wurde zwischen folgenden zwei Ereignissen unterschieden:

- die Position des Zahnes hat sich zwischen Schluss- und Endmodell nicht verändert: *stabiles Ergebnis*;
- die Position des Zahnes hat sich zwischen Schluss- und Endmodell verändert: *instabiles Ergebnis*.

Nach dieser Definition ist es nun möglich gewesen, die Bewegung jedes einzelnen Zahnes gemäß der Klassifizierung deskriptiv zu beurteilen. Angesichts der großen Zahl von 738 Zähnen, von denen jeder auf jeweils drei Modellen hinsichtlich dieser Qualitäten hätte beurteilt werden müssen und das noch aufgeschlüsselt nach Rotationen, Bewegungen in der Sagittalen, Transversalen und Vertikalen, wurde eine computergestützte Methode entwickelt. Das Ziel war, dass die computergestützte Methode neben der rein deskriptiven Zuordnung der Effekte des Positioners zu den oben definierten Gruppen auch eine quantitative Auswertung

erlauben sollte, um das Ausmaß der Bewegungen und die prozentualen Anteile zwischen gewünschter Bewegung und tatsächlich erreichter Bewegung beurteilen zu können.

Dazu wurde auf der Grundlage des Programmes DiagnoseFix (Diagnostik Wingberg GmbH, Bahnhofstr. 26, 21614 Buxtehude) [130], [131] eine neue Methode zur Auswertung von Modellablichtungen entwickelt.

Dieses Programm bot sich an, da damit die bereits erwähnten Vorteile digitaler Methoden wie berührungslose Vermessung bei geringem Kostenaufwand genutzt werden konnten.

Vorteil des Programms ist die relativ einfache Programmierung neuer Auswertungsmethoden, die so ideal auf die Bedürfnisse des Einsatzzweckes abgestimmt werden können.

In seiner Grundversion für die kieferorthopädische Praxis enthält das Programm bereits Auswertungsmethoden, die aber auf den klinisch-praktischen Gebrauch ausgelegt sind. So gibt es z. B. bereits mehrere Fernröntgenseitenbild-Auswertungsmethoden, Modellanalyse-Methoden und Fotoanalysen.

#### Gewinnung der zweidimensionalen Modellinformationen

Die jeweils drei Modellpaare von 19 Patienten wurden nach Abschluss der Positionerbehandlung mit Hilfe des Flachbett-Scanners Plustek<sup>®</sup> OpticPro 12000T (Plustek Electronics GmbH, Broedermannsweg 17, D-22453 Hamburg), angeschlossen an einen PC mit dem Betriebssystem Microsoft<sup>®</sup> Windows NT<sup>©</sup> (Microsoft Deutschland GmbH, Konrad-Zuse-Str. 1, D-85716 Unterschleißheim) im Graustufenmodus bei 300 dpi Auflösung eingescannt und im \*.jpg-Format gespeichert. Beim Scanvorgang lagen die Modelle mit ihrer Okklusalfäche auf der Glasplatte des Scanners.

Um zu bestimmen, ob der Verzerrungsfehler bei der Umwandlung der dreidimensionalen Information in die zweidimensionale (vgl. zur Veranschaulichung Abb. 4) die Ergebnisse verfälscht, wurde ein Stahllineal in unterschiedlichen Winkeln zur Messebene gescannt.

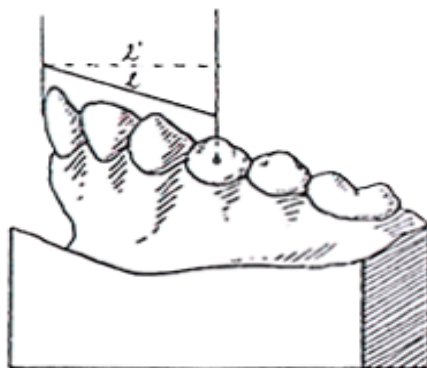


Abbildung 2: Aus KORKHAUS [55]: Verzerrungen bei der Aufsichtvermessung geneigter Okklusalfächen

Bis zu einer Winkelveränderung von ca.  $15^\circ$  ist der Verzerrungsfehler vernachlässigbar, die Messwerte streuen um den Mittelwert (siehe Anhang 9.2. Verzerrung bei der Winkelmessung). Größere Werte sind im Rahmen der hier erreichbaren Stellungskorrekturen nicht zu erwarten.

Bei weiteren 9 Patienten wurden die drei Modellpaare - Unter- und Oberkiefermodell jeweils separat zur Minimierung von Verzerrungsfehlern - mittels der digitalen Kamera Konica Digital Revio KD-200Z (Konica® Europe GmbH, Friedrich-Bergius-Str. - Gewerbegebiet, D-85662 Hohenbrunn) im Makromodus (Objektivbrennweite  $f=2,8$ ) im Abstand von konstant 32 cm zwischen Objektiv und Kauebene auf einem ausgeleuchteten Reprostand aufgenommen. Eine Plexiglasscheibe mit fixiertem Abstandhalter, aufgelegt auf die Kauebene, erleichterte die Justierung des Abstandes bei jedem Modell. Es wurde mittels eines Schwebetisches aus der Zahntechnik und einer Wasserwaage gewährleistet, dass Brennstrahl und Kauebene lotrecht aufeinander standen.

Ein orientierender statistischer Test mit dem Wilcoxon-Test ergab, dass die Qualität der Bildinformationen unabhängig ist von der Bildgewinnung über die Kamera oder den Scanner. Dazu wurden jeweils zwei Modellpaare einmal über den Scanner, das andere Mal über die Digitalkamera abgelichtet. Die Bildinformationen wurden mit der Methode PositionerMittelwerte in DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> ausgewertet und die Ergebnisse der Scannerbilder-Auswertung mit denen der Kamerabilder-Auswertung verglichen. Für die jeweils 628 Messwerte zeigte sich kein statistisch feststellbarer Unterschied ( $p=0,94$ ).

#### Deskriptive Statistiken

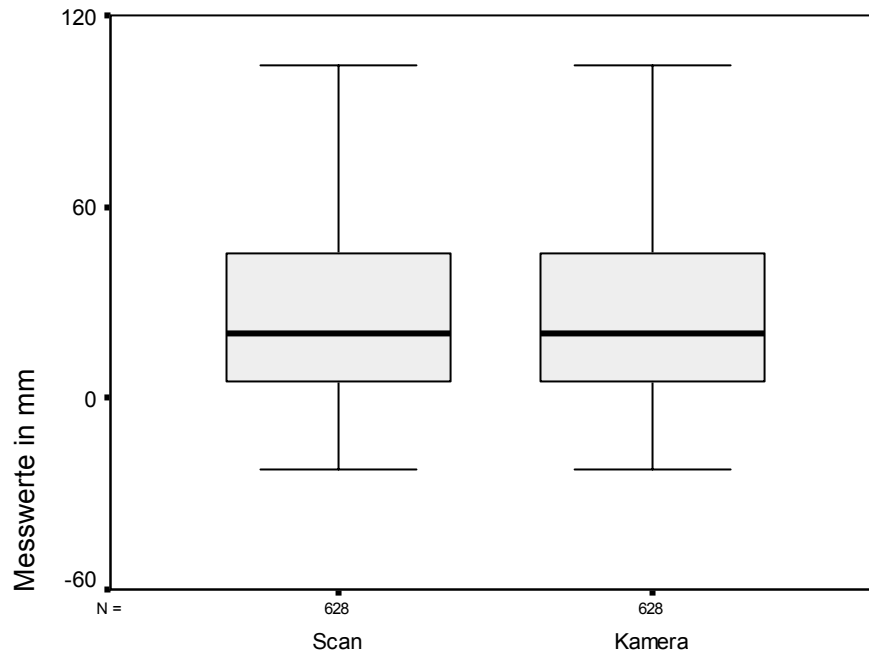
	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Scan	628	27.75999	68.85783	-153.480	238.861
Kamera	628	27.72887	69.08392	-159.918	251.296

#### Statistik für Test<sup>b</sup>

	Kamera - Scan
Z	-.080 <sup>a</sup>
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.936

a. Basiert auf negativen Rängen.

b. Wilcoxon-Test



#### Art der Datengewinnung

Tabellen 4: Vergleich der Genauigkeit der Scanner- mit den Kamera-Bildinformationen; Tabellen zum Wilcoxon Test; Boxplotdarstellung

Die Bildrohdaten wurden anschließend im Bildbearbeitungsprogramm Adobe Photoshop Elements, Version 1.01 (Adobe Systems GmbH, Ohmstraße 1, D-85716 Unterschleißheim) bearbeitet, um Kontrast, Farbsättigung und Bildhelligkeit für die Auswertung zu optimieren.

#### Messpunkte

Folgende *Definitionen der 99 Messpunkte* wurden bei der Auswertung benutzt, um die Messpunkte auf jedem Modell zu bestimmen:

1 -	OK, Mitte zweites Gaumenfaltenpaar	51 -	li. dorsalster Punkt des UK Zahnbogen
2 -	OK, posteriore skelettale Mitte	52 -	37, distobukk. Höckerspitze
3 -	re. dorsalster Punkt des OK Zahnbogen	53 -	37, mesiobukk. Höckerspitze
4 -	17, distobukk. (o. mediobukk.) Höckers.	54 -	37, mesiolinguale Höckerspitze
5 -	17, mesiobukk. Höckerspitze	55 -	36, distobukk. Höckerspitze
6 -	17, mesiopalatinale Höckerspitze	56 -	36, mesiobukk. Höckerspitze
7 -	16, distobukk. (o. mediobukk.) Höckers.	57 -	36, größte mesiale Prominenz
8 -	16, mesiobukk. Höckerspitze	58 -	36, mesiolinguale Höckerspitze
9 -	16, größte mesiale Prominenz	59 -	35, (mesio-) bukkale Höckerspitze
10 -	16, mesiopalatinale Höckerspitze	60 -	35, (mesio-) linguale Höckerspitze
11 -	15, (mesio-) bukkale Höckerspitze	61 -	34, (mesio-) bukkale Höckerspitze
12 -	15, (mesio-) palatinale Höckerspitze	62 -	34, (mesio-) linguale Höckerspitze
13 -	14, (mesio-) bukkale Höckerspitze	63 -	33, größte distale Prominenz
14 -	14, (mesio-) palatinale Höckerspitze	64 -	33, mediale Spitze (Cuspis)



15 -	13, größte distale Prominenz	65 -	33, größte mesiale Prominenz
16 -	13, mediale Spitze (Cuspis)	66 -	32, größte distale Prominenz
17 -	13, größte mesiale Prominenz	67 -	32, Inzisalkante distal
18 -	12, größte distale Prominenz	68 -	32, Inzisalkante mesial
19 -	12, Inzisalkante distal	69 -	32, größte mesiale Prominenz
20 -	12, Inzisalkante mesial	70 -	31, größte distale Prominenz
21 -	12, größte mesiale Prominenz	71 -	31, Inzisalkante distal
22 -	11, größte distale Prominenz	72 -	31, Inzisalkante mesial
23 -	11, Inzisalkante distal	73 -	31, größte mesiale Prominenz
24 -	11, Inzisalkante mesial	74 -	Anteriorster Punkt im UK Zahnbogen
25 -	11, größte mesiale Prominenz	75 -	UK, anteriore skelettale Mitte
26 -	Anteriorster Punkt im OK Zahnbogen	76 -	41, größte mesiale Prominenz
27 -	21, größte mesiale Prominenz	77 -	41, Inzisalkante mesial
28 -	21, Inzisalkante mesial	78 -	41, Inzisalkante distal
29 -	21, Inzisalkante distal	79 -	41, größte distale Prominenz
30 -	21, größte distale Prominenz	80 -	42, größte mesiale Prominenz
31 -	22, größte mesiale Prominenz	81 -	42, Inzisalkante mesial
32 -	22, Inzisalkante mesial	82 -	42, Inzisalkante distal
33 -	22, Inzisalkante distal	83 -	42, größte distale Prominenz
34 -	22, größte distale Prominenz	84 -	43, größte mesiale Prominenz
35 -	23, größte mesiale Prominenz	85 -	43, mediale Spitze (Cuspis)
36 -	23, mediale Spitze (Cuspis)	86 -	43, größte distale Prominenz
37 -	23, größte distale Prominenz	87 -	44, (mesio-) bukkale Höckerspitze
38 -	24, (mesio-) bukkale Höckerspitze	88 -	44, (mesio-) linguale Höckerspitze
39 -	24, (mesio-) palatinale Höckerspitze	89 -	45, (mesio-) bukkale Höckerspitze
40 -	25, (mesio-) bukkale Höckerspitze	90 -	45, (mesio-) linguale Höckerspitze
41 -	25, (mesio-) palatinale Höckerspitze	91 -	46, größte mesiale Prominenz
42 -	26, größte mesiale Prominenz	92 -	46, mesiobukkale Höckerspitze
43 -	26, mesiobukk. Höckerspitze	93 -	46, distobukkale Höckerspitze
44 -	26, distobukk. (o. mediobukk.) Höckers.	94 -	46, mesiolinguale Höckerspitze
45 -	26, mesiopalatinale Höckerspitze	95 -	47, mesiobukkale Höckerspitze
46 -	27, mesiobukk. Höckerspitze	96 -	47, distobukkale Höckerspitze
47 -	27, distobukk. (o. mediobukk.) Höckers.	97 -	47, mesiolinguale Höckerspitze
48 -	27, mesiopalatinale Höckerspitze	98 -	re. dorsalster Punkt des UK Zahnbogen
49 -	li. dorsalster Punkt des OK Zahnbogen	99 -	UK, re. Kieferkammmitt
50 -	UK, li. Kieferkammmitt		

Tabelle 5: Definitionen der 99 Messpunkte

Folgende Überlegung wurde zur *Auswahl und Markierung der Messpunkte* auf den Modellen angestellt: Die exakte Reproduzierbarkeit eines Punktes auf allen drei Modellen eines Patienten ist für diese Untersuchung von zentraler Bedeutung.

Folglich konnten auch keine Punkte in Fissuren wie bei KANTOROWICZ [46], KORKHAUS [55] oder PONT [77], [78] gewählt werden, weil oft im Laufe einer

kieferorthopädischen Behandlung gerade bei den 1. Molaren eine Füllungstherapie oder Fissurenversiegelung durchgeführt wird. Dadurch werden die Referenzpunkte nicht mehr auffindbar. Höckerspitzen, wie hier vorzugsweise gewählt, werden meist nicht in Restaurationen mit einbezogen. Ein Nachteil kann hier aber in Abrasionen liegen. Im Beobachtungszeitraum, so wurde angenommen und in Stichproben überprüft, gab es keine Veränderungen oder diese Veränderungen der Morphologie durch Abnutzung fallen so gering aus, dass sie nicht erkannt werden können.

Bei starken Abrasionen der Höckerpitzen schon am Modell vom Tag der Entbänderung wurde auch nicht versucht, die Höckerspitzen auf jedem Modell zu rekonstruieren, sondern es wurde ein auf jedem der drei Modelle eindeutig sichtbarer Schnittpunkt der Schliffacetten mit einem Höckerwulst auf allen drei Modellen für die Untersuchung markiert.

Um dabei möglichst exakt vorzugehen, wurden die einzelnen Messpunkte auf dem Modell vom Ende der Multibandbehandlung (SM), dem Urmodell, festgelegt und markiert.

Da es sich anbietet, bei der Auswertung digitaler Modellbilder auch digitale Markierungen zu verwenden, wurde getestet, ob sich dabei im Vergleich zu herkömmlichen Markierungen mit einem Bleistift Vorteile bezüglich der Genauigkeit ergeben:

Bei den Modellen von 9 Patienten wurden die Messpunkte im Bildbearbeitungsprogramm Adobe Photoshop Elements nach dem Scannen der Modelle am Bildfile markiert. Um eine möglichst hohe Exaktheit zu gewährleisten, wurde die Zoomfunktion benutzt und die Punkte in der Strichstärke 2 des Stiftwerkzeuges aus dem Programm mit Hilfe der Maus markiert. Auch hier wurden diese Punkte, nachdem sie auf dem Entbänderungsmodell initial festgelegt worden waren, auf das Setupmodell und das Endmodell unter Benutzung eines zweiten Bildschirms und Computers übertragen.

Anschließend wurden an den Originalmodellen die Messpunkte, wie allgemein üblich [69], mittels Bleistiftmarkierungen mit dünnem Feinminenbleistift (rotring Tikky II 0.35 mm) markiert. Dann wurden die Modelle mit den Bleistiftmarkierungen eingescannt.

Zum statistischen Vergleich der beiden Methoden wurden die Differenzen (Setup-Schlussmodell, Setup-Endmodell, Schluss-Endmodell) der bei Eingabefehlern besonders sensitiven und auch von falschen Eichungen unabhängigen Winkelmessungen bei den drei Modellen pro Patient gebildet. Für die Auswertung wurden nur die Winkelmessungen von Zähnen herangezogen, die im Setup nicht umgestellt worden waren, insgesamt 357 Messungen. Die Absolutwerte der Differenzen wurden mittels Mann-Whitney-U-Test analysiert:

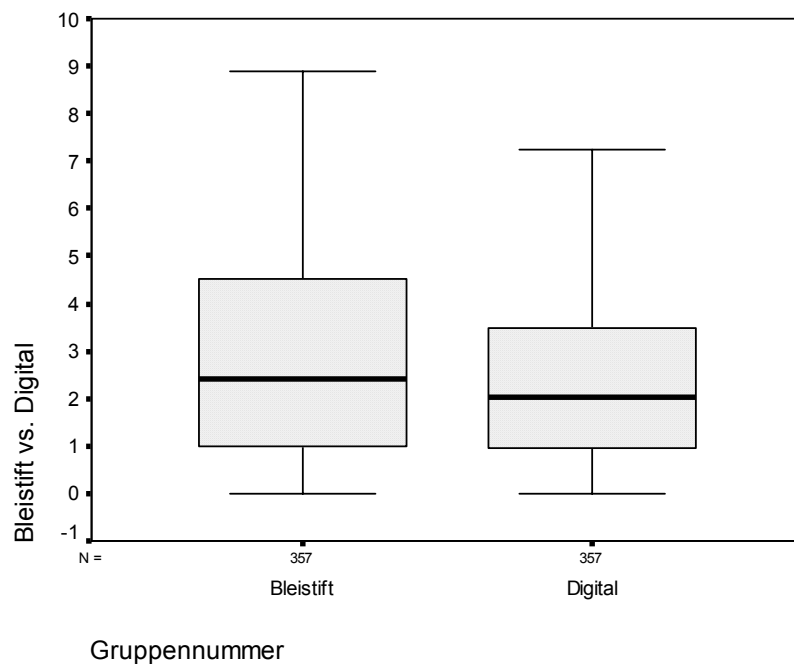
## Ränge

	Gruppennummer	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Bleistift vs. Digital	Bleistift	357	376.44	134387.50
	Digital	357	338.56	120867.50
	Gesamt	714		

Statistik für Test<sup>a</sup>

	Bleistift vs. Digital
Mann-Whitney-U	56964.500
Wilcoxon-W	120867.50
Z	-2.453
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.014

a. Gruppenvariable: Gruppennummer



Tabellen 6: Vergleich der Präzision von Bleistiftmarkierungen und digitalen Markierungen; Tabellen zum Mann-Whitney-U-Test; Boxplotdarstellung

Damit ist statistisch untermauert (die beiden Gruppen unterscheiden sich auf einem Signifikanzniveau von  $p=0,014$ ), dass die digital markierten Punkte präzisere Ergebnisse liefern als die mit Bleistift markierten. Hintergrund hierfür ist, dass die Strukturen mit der Zoomfunktion in Adobe Photoshop Elements vergrößert wurden und so eine hochpräzise Festlegung erst möglich wurde. Weiterhin ist die Strichstärke der digitalen Markierung viel feiner als die der Bleistiftmarkierungen.

Nachteil ist der hohe technische Aufwand mit zwei Computern und Monitoren und der entsprechenden Software, der aber durch das Ausdrucken des Urbildes (SM) mit den bereits markierten Punkten als Referenz umgangen werden kann. Als Vorteil ist zu sehen, dass die Modelle durch die digitalen Markierungen nicht verändert werden.

Aufgrund des Ergebnisses dieses Vorversuchs wurde in dieser Studie mit digitalen Markierungen gearbeitet.

Bei der *Eingabe der Messpunkte* im Programm DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> wurde durch die Zoomfunktion des Programms das Bild des Modells so vergrößert (mindestens 400%, maximal ein Zahn bildschirmfüllend), dass mit Hilfe der PC-Maus als Zeigegerät die vorher in Photoshop festgelegten Messpunkte exakt dargestellt und On-Screen durch anklicken digitalisiert werden konnten. Auf dem zur Auswertung geladenen Modell-Bild des jeweiligen Patienten wurde dann in der Reihenfolge der Messpunkte mit der Computermaus auf das Korrelat der Messpunkte geklickt. Das Programm speichert diese Daten intern in einem Koordinatensystem, so dass mit Hilfe der im Programm implementierten Rechenfunktionen die Beziehungen der Punkte und Linien zueinander berechnet werden können.

Für Streckenmessungen ist eine Eichung der Bildinformationen nötig. Man kann man bei bekannter Auflösung eines Bildes direkt durch die Eingabe des entsprechenden Wertes eichen, hier 300 dpi.

Um vorab die Auswertungsmethoden an sich auf Fehler und das Programm auf seine Genauigkeit zu testen, wurde ein stilisiertes Modellpaar mit allen Auswertungspunkten auf Millimeterpapier gezeichnet, gescannt und mit Hilfe der hierfür erstellten Auswertungsmethode „PositionerMittelwerte“ unter DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> ausgewertet. Es konnte eine hohe Genauigkeit erreicht werden (Abb. 5), wenn bis auf Pixelgröße gezoomt wurde. Damit ließ sich beweisen, dass das Programm fehlerfrei und höchst präzise arbeitet.

Durch den Vergleich mit den Sollwerten konnte auch die Richtigkeit der Methodenprogrammierung der neu programmierten Auswertung „PositionerMittelwerte“ überprüft werden.

Die Auswertungsanordnung kann somit die für eine kieferorthopädische Untersuchung geforderte Genauigkeit von 0,1 mm (SCHENK [97]) gut erfüllen:

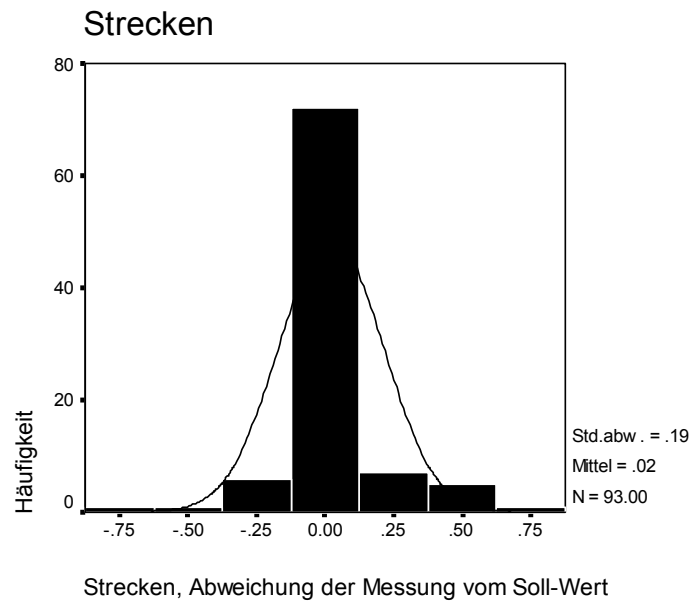


Abbildung 3: Abweichung der Streckenmessungen vom Sollwert

Für eine rationelle Auswertung der Modelle ist die Arbeit auf dem höchsten Genauigkeitsniveau bei 99 Messpunkten pro Modell allerdings nur bedingt geeignet, weil man bei realen Kiefermodellen den Überblick verliert, wenn ein 2 mm x 2 mm großes Areal des Modells bildschirmfüllend wiedergegeben wird.

### Vermessung der Modelle

Für die Untersuchung und Vermessung wurden vom Autor die Auswertungsmethoden „5-ModellPositioner“ und „PositionerMittelwerte“ auf der Plattform des Programms DiagnoseFix 2001<sup>©</sup>, Version 09/2001 (Diagnostik Wingberg GmbH, Bahnhofstr. 26, 21614 Buxtehude) programmiert [92]. Der Umfang der Berechnungen und Messungen sollte dabei im Vergleich zu früher entwickelten Mess- und Berechnungsmethoden auf Messschieberbasis [43] viel weiter gefasst sein.

Bei der Entwicklung der Methode wurden folgende Prämissen zu Grunde gelegt:

- Die Auswertungsmethode sollte einen geringen Messfehler ( $< 0,2$  mm oder  $< 2,5^\circ$ ) haben, da die mit dem Positioner bewirkten Zahnstellungsänderungen sehr klein sind, wie die Ergebnisse anderer Untersuchungen zeigten [118].
- Es sollte eine Referenz gefunden werden, die einen möglichst exakten Vergleich der drei Modelle eines Patienten ermöglicht.
- Die Definition der Messpunkte sollte eine exakte Reproduzierbarkeit auf allen drei Modellen eines Patienten ermöglichen.

Das Problem all dieser Messungen, so stellte sich in der Entwicklungsphase heraus, war die Festlegung einer geeigneten *Referenzgerade*. Diese sollte auf allen drei Modellen des Ober- und Unterkiefers des jeweiligen Patienten gleich und reproduzierbar sein. Sie ist nötig, um die Veränderungen einzelner Zähne relativ zu ihr als stabile Referenz darzustellen.

So wurde eine erweiterte Methode entwickelt, um die Referenzgeraden im Ober- und Unterkiefer festzulegen. Diese gibt jedoch nicht die skelettale Mitte wieder, so wie das die Raphe-Mediana vermag, sondern ist vielmehr eine Symmetrieachse des jeweiligen Zahnbogens.

Die Festlegung der die Referenzgerade bestimmenden Punkte erfolgt damit nicht nur über anatomische Punkte, sondern wird ergänzt durch einen mathematisch-statistischen Prozess, der in die Auswertungsmethode „PositionerMittelwert“, einer Weiterentwicklung der zuerst programmierten Methode „5-Modell-Positioner“, integriert wurde.

Ausgehend von der Tatsache, dass die während der Positionerbehandlung stattfindenden Bewegungen relativ gering sind, wurden jeweils im anterioren wie im posterioren Bereich aus korrespondierenden Eingabepunkten Mittelwerte gebildet (z.B. Mitte der mesialen Höckerpitzen von 36 und 46 und Mitte der buccalen Höckerpitzen von 35 und 45), anschließend der Mittelpunkt dieser beiden ermittelt, dann die Mitte dieser wiederum mit den Mittelwerten anderer korrespondierender Eingabepunkte gemittelt usw., bis schließlich sowohl im anterioren wie auch im posterioren Bereich je ein Punkt feststand, der aus jeweils 25 Mittelwerten ermittelt worden war. Diese beiden über zahlreiche Mittelungen bestimmten Punkte legten dann die Referenzgerade fest.

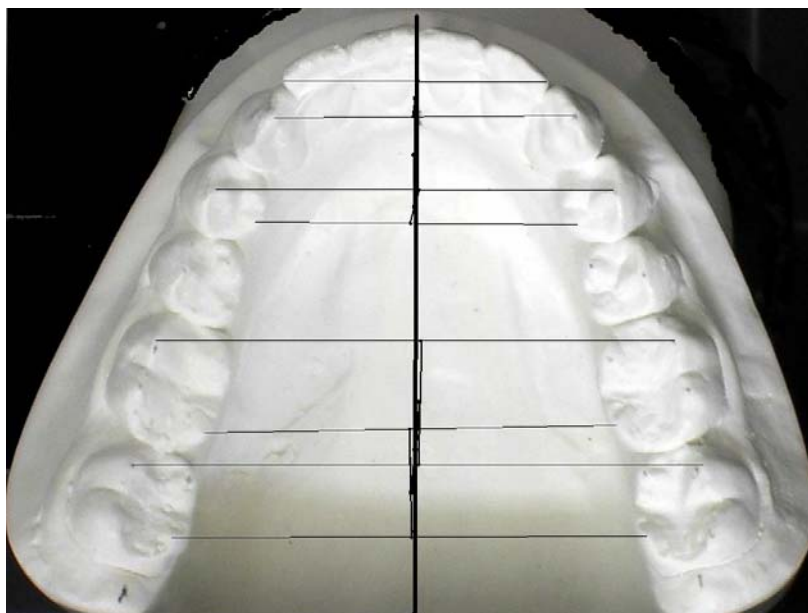


Abbildung 4: Veranschaulichung der Ermittlung der Referenzgerade bei der Methode PositionerMittelwerte

Um zu testen, ob die Methode „PositionerMittelwerte“ mit den beiden durch Mittelwerte festgelegten Referenzgeraden tatsächlich den angenommenen Vorteil gegenüber der klassischen Methode bietet, wurden 9 Modellpaare, die ideale Verhältnisse für die klassische Festlegung der Raphe Mediana (sehr detailgenaue Modelle, klar sichtbare rugae palatinae und Symphysengrube) und damit der Auswertung mit der Methode „5-ModellPositioner“ boten, mit beiden Methoden ausgewertet. Als Testhypothese für den statistischen Vergleich wurde angenommen, dass die Methode im Vorteil ist, die im Gesamten kleinere Absolutwerte der Differenzen innerhalb der Modelle eines Patienten liefert. Dieser Annahme liegt die Überlegung zugrunde, dass die Absolutwerte der Differenzen vor allem der Winkelmessungen gerade dann größer werden, wenn die Referenzgerade relativ stark in ihrer Festlegung schwankt. Dazu wurden die Absolutwerte aller Differenzen der Meßwerte beider Methoden gebildet. Diese wurden dann mittels des Wilcoxon-Tests miteinander verglichen:

#### Deskriptive Statistiken

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
PositionerMittelwert	3036	1.5212	2.4379	.00	19.46
5-ModellPositioner	3036	1.8606	2.9674	.10	22.90

#### Ränge

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
5-ModellPositioner - Negative Ränge	1177 <sup>a</sup>	1456.12	1713847.50
PositionerMittelwert - Positive Ränge	1847 <sup>b</sup>	1548.43	2859952.50
Bindungen	12 <sup>c</sup>		
Gesamt	3036		

- a. 5-ModellPositioner < PositionerMittelwert  
 b. 5-ModellPositioner > PositionerMittelwert  
 c. PositionerMittelwert = 5-ModellPositioner

#### Statistik für Test<sup>b</sup>

	5-ModellPositioner - PositionerMittelwert
Z	-11.935 <sup>a</sup>
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000

- a. Basiert auf negativen Rängen.  
 b. Wilcoxon-Test

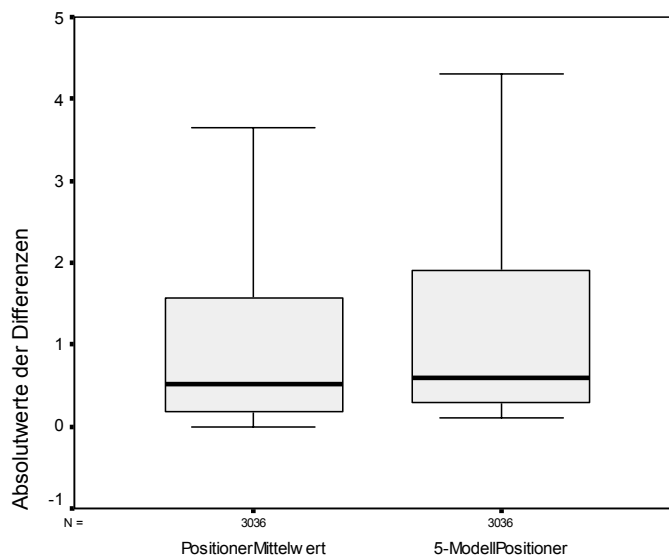


Tabelle 7: Vergleich der DiagnoseFix-Auswertungsmethoden PositionerMittelwerte und 5-ModellPositioner; Tabellen zum Wilcoxon-Test; Boxplotdarstellung

Der Wilcoxon-Test bei verbundenen Stichproben über die Absolutwerte der Messungen zeigt, dass sich die beiden Methoden in ihrer Genauigkeit unterscheiden und die Methode PositionerMittelwerte genauer ist. Es wurde an 3036 von der Referenzgerade abhängigen Differenzen von doppelbestimmten Messwerten (sowohl Winkelmessungen als auch Streckenmessungen) gezeigt, dass die Methode mit der statistisch-mathematischen Bestimmung der Referenzgeraden (Mittelwert: 1,52; Standardabweichung 2,44) der Methode, die den anatomischen Korrelaten der Raphe mediana folgt (Mittelwert: 1,86; Standardabweichung 2,97), hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ) überlegen ist.

Damit war erwiesen, dass zumindest für die Auswertung und Modellvergleich von sehr geringen Zahnstellungsänderungen, wie sie beispielsweise durch den Positioner bewirkt werden, eine aus gemittelten Abständen gebildete Referenzgerade der klassischen Kiefermittellinie überlegen ist. Ob dies auch für den Vergleich von Modellen eines Patienten gilt, bei dem größere Zahnbewegungen stattfanden, kann aus den hier vorliegenden Ergebnissen nicht beurteilt werden.

Aufgrund des Vorteils der auf den Mittelwerten beruhenden Vorauswertung war nun klar, dass für die endgültige Auswertung der digitalisierten Positionermodelle die Methode „PositionerMittelwerte“ zum Einsatz kommen sollte.

## Berechnungen

Bezüglich der *Rotationen* („PositionerMittelwerte“):

Hier wurde der Winkel zwischen der Mittelgerade und den Geraden durch zwei Punkte auf den jeweiligen Zähnen gemessen. Bei den Seitenzähnen wurde die Gerade durch die (mesio-) vestibuläre und die (mesio-) orale Höckerspitze gelegt, bei den Eckzähnen durch den mesialen Kontaktpunkt und die Höckerspitze, bei den Frontzähnen durch zwei Punkte auf der Inzisalkante:

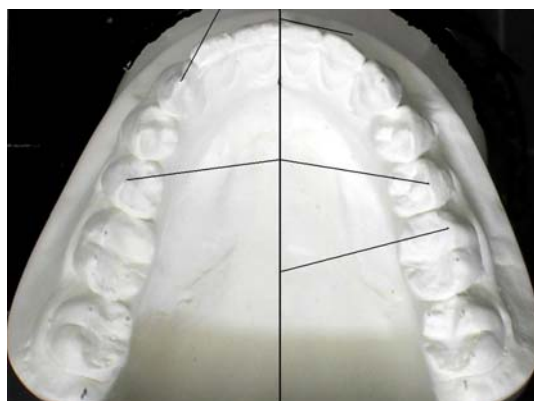


Abbildung 5: Messung und Berechnung von Rotationen



In der *Sagittalen* („PositionerMittelwerte“):

Ausgehend vom Referenzpunkt, dem Schnittpunkt der Tangente an die dorsalsten Stellen der beiden 7er des jeweiligen Kiefers mit der Mittelgerade, wurde der Abstand der Fußpunkte der Lote durch die (mesio-) oralen Höckerspitzen bei den Seitenzähnen und der Fußpunkte der Lote durch die Höckerspitzen bzw. Zahnmittelpunkte bei den Frontzähnen auf die Mittelgerade gemessen:

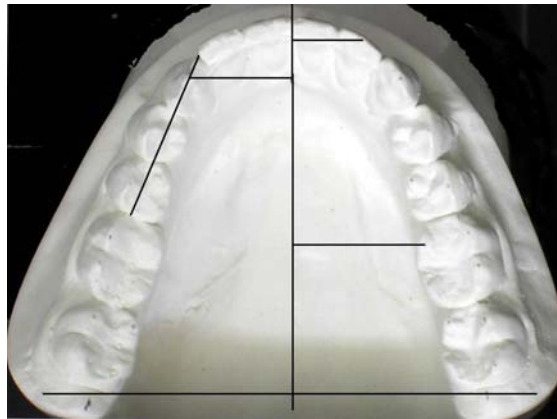


Abbildung 6: Distanzberechnungen in der Sagittalen

Für die Beurteilung der Veränderungen in der Stützzone wurde der Abstand zwischen dem mesialen Kontaktpunkt des 6ers und dem distalen Kontaktpunkt des 2ers der jeweiligen Kieferhälfte, unabhängig von der Referenzgerade gemessen.

In der *Transversalen* („PositionerMittelwerte“):

Hier wurde jeweils der kleinste Abstand der (mesio-) oralen Höckerspitzen bei den Seitenzähnen und der Abstand der Höckerspitzen bzw. Zahnmittelpunkte bei den Frontzähnen auf die Mittelgerade gemessen:



Abbildung 7: Distanzberechnungen in der Transversalen

In der *Vertikalen* (Stahllineal und Bleistift):

Der Overbite wurde am Zahn 11 gemessen. Dazu wurde mit einem Feinminenbleistift, der aufgestützt auf die Schneidekante des Zahns 11 parallel zur Kauebene geführt wurde, eine Markierung auf der Fazialfläche des Zahns 41 angebracht. Daraufhin wurde dann der Abstand der Markierung zur Inzisalkante des Zahns 41 mit einem Stahllineal mit Halbmillimeterteilung gemessen.

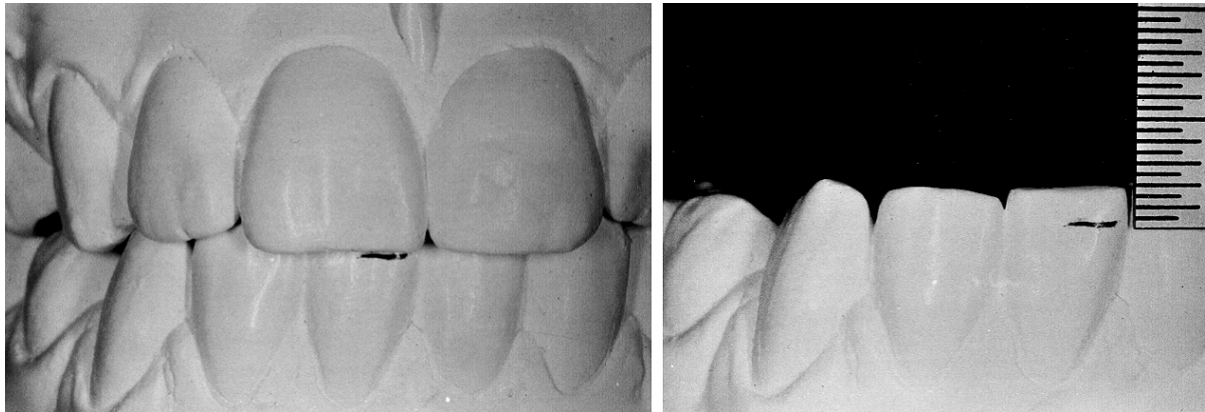


Abbildung 8: Messung des Overbite (Bilder aus VAN DEN HOEK [118])

#### Ausgabe der Ergebnisse durch das Programm

Das Programm führt die Berechnungen nach Eingabe aller Punkte durch. Eine Ausgabe der Werte in tabellarischer Form ist Bestandteil der Methode. Für die Methode „PositionerMittelwerte“ werden die Wertetabellen auf den Programmseiten 1, 2 und 5 ausgegeben.

Zusätzlich ist auch eine graphische Ausgabe programmiert worden, die auf den Programmseiten 3 und 4 aufgerufen werden kann. In der Anwendung zur wissenschaftlichen Nutzung der Methode liegt der Vorteil der graphischen Ausgabe darin, die Richtigkeit der Punkteingabe schnell und effizient überprüfen zu können, vor allem wenn man die Möglichkeit nutzt, das Bild der Punkteingabe hinter die graphische Ausgabe zu legen.

Bei einer klinisch-praktischen Anwendung der beschriebenen Graphikausgabe, bei der die Punkteingabe genau den anatomischen Definitionen aus Tabelle 4 (Definitionen der 99 Messpunkte) folgt, bietet sich eine effiziente Methode, Asymmetrien der Zahnbögen zu visualisieren. Durch Vergleich der errechneten Symmetriegerade des Zahnbogens mit den anatomischen Kiefermitten, die ebenfalls eingezeichnet werden, ist eine Mittellinienverschiebung nicht nur der Frontzähne, sondern des gesamten Zahnbogens erkennbar. Asymmetrien zeigen sich ebenfalls sehr deutlich. Auch ein Derotationsbedarf lässt

sich effizient darstellen. So kann man sich einen Einsatz bei der Auswertung des Anfangsbefundes, bei der die Therapieziele festgelegt werden, gut vorstellen.

Weiterhin kann damit ein Setup relativ einfach auf seine Symmetrie überprüft werden.

Da auch Graphik-Überlagerungen der verschiedenen Behandlungsstadien möglich sind, bietet sich diese Funktion auch für Verlaufsbeobachtungen an, da sie auch kleine Veränderungen sichtbar machen kann, die beim direkten Vergleich zweier Modelle gar nicht auffallen würden. Mit Hilfe der Überlagerungsfunktion lässt sich auch das Ausmaß der im Setup vorgenommenen Änderungen schnell visualisieren und kontrollieren.

Das Programm bietet neben der direkten Ausgabe der Messwerte durch das Programm auch die Möglichkeit, die berechneten Werte patienten- und auswertungsbezogen im Textformat zu exportieren. Diese Datei kann dann in einem Tabellenkalkulationsprogramm importiert werden. So wurden die Daten für die statistische Auswertung auf diesem Weg gewonnen und im Programm Excel 2002 (Microsoft) weiter aufbereitet und sortiert.

#### 4.2.2. Auswertungsmethodik und Statistik

Die Auswertung aller Daten dieser Arbeit erfolgte nach dem Import der aufbereiteten Daten aus Excel 2002 mit Hilfe des Programms SPSS, Version 10.07 deutsch (SPSS GmbH Software, Rosenheimer Str. 30, D-81669 München). Die Ergebnisse wurden mit den jeweils im Text beschriebenen Methoden gewonnen. Sie wurden aus dem Programm SPSS in diese Arbeit importiert.

Auswertungsmethodik:

Um die Zahnpositionsänderungen zwischen den Modellen beschreiben zu können, wurden die Differenzen der Messwerte einerseits von Setupmodell zu Endmodell, andererseits von Setupmodell zu Schlussmodell gebildet und statistisch ausgewertet.

Da aber eine Betrachtung gemäß den Ereignisräumen möglich sein sollte, wurde daraufhin zur mathematischen Bestimmung der Richtung der Bewegung der Quotient der Differenzen gebildet. Ist der Wert dieses Quotienten größer null, ist die Richtung der gewünschten und der tatsächlichen Bewegung gleich ( $\frac{SE - EM}{SE - SM} \geq 0 \Rightarrow$  Richtung im Endmodell dieselbe wie im

Setup). Ein Wert kleiner null zeigt, dass die tatsächliche Bewegung entgegengesetzt zur

gewünschten Richtung ist ( $\frac{SE - EM}{SE - SM} < 0 \Rightarrow$  Richtung im Endmodell entgegengesetzt zur im

Setup erwünschten Richtung).

Mit diesen Werten kann auf der Grundlage mathematischer Berechnungen und logischer Verknüpfungen eine Zuordnung zu den vorher definierten Ereignisräumen aus dem Organigramm vorgenommen werden (vgl. Organigramm 1).

So wurde im Programm SPSS eine Berechnungs-Syntax entwickelt, welche die beschriebene Einteilung automatisiert vornimmt, um bei der Vielzahl der Variablen eine zuverlässige Zuordnung zu den einzelnen Gruppen zu erreichen (vgl. Kap. 9.2.).

In dieser Syntax sind auch Mess- und Eingabefehler bei der Zuordnung zu den einzelnen Gruppen berücksichtigt. Eine mathematische Definition von ‚nicht bewegt‘ wäre nur bei einer Differenz mit dem Wert 0 gegeben. Da durch Mess- und Eingabefehler der Wert 0 aber streut, wurde dann eine Bewegung erst bei einem Wert außerhalb des 95%igen Konfidenzintervalls des Mittelwerts der Absolutwerte bei einer Versuchsmessung angenommen. Das Mess- und Eingabefehlerintervall wurde für die Messungen in der Sagittalen, Vertikalen, und bei den Winkeln jeweils separat bestimmt und die Syntax entsprechend angepasst, da sich unter anderem durch die unterschiedlichen Berechnungsformeln bei den drei Messungen auch unterschiedliche Fehler ergeben.

Der Mess- und Eingabefehler wurde durch Doppelauswertungen von fünf zufällig ausgewählten Modellen bestimmt (insgesamt 620 Messungen). Der Messfehlerwerte liegen geringfügig niedriger als die von RÖNNERMAN und THILANDER [87] bzw. entsprechen etwa den für einen 3D-Laserscanner ermittelten Werten von MAVROPOULOS ET AL. [64]):

<b>Rotation</b>				95% Konfidenzintervall der Differenz	
N	Mittelwert (MW)	Standardabw.	Standardfehler d. MWs	Untere	Obere
210	2.08 °	2.21	0.15	1.78 °	<b>2.39 °</b>
<b>Sagittal</b>				95% Konfidenzintervall der Differenz	
N	Mittelwert (MW)	Standardabw.	Standardfehler d. MWs	Untere	Obere
170	0.18 mm	0.14	0.01	0.16 mm	<b>0.20 mm</b>
<b>Transversal</b>				95% Konfidenzintervall der Differenz	
N	Mittelwert (MW)	Standardabw.	Standardfehler d. MWs	Untere	Obere
240	0.13 mm	0.12	0.01	0.11 mm	<b>0.14 mm</b>

Tabelle 8: Tabelle zur Größe des Mess- und Eingabefehlers

Die SPSS-Syntax zur Zuordnung zu den vorher definierten Ereignissen findet sich im Anhang „9.2. Ereignis-Syntax für SPSS“.

Zusammenfassend lässt sich zu dieser Syntax anmerken, dass sie im Prinzip die Beurteilung und Einteilung durch einen Untersucher auf Basis der Messwerte übernimmt, jedoch noch eine genauere Quantifizierung des Ergebnisses erlaubt, weil gerade bei den kleinen, durch den

Positioner bewirkten Veränderungen bei visuell-deskriptiver Betrachtung keine Differenzierung mehr vorgenommen werden könnte.

Die Richtigkeit der Syntax wurde in zahlreichen Stichproben überprüft, und die Ergebnisse mit den am Modell zu erkennenden Veränderungen der Zahnstellung verglichen.

Dabei erwies sie sich als sicher in der Zuweisung der Messwerte zu den vorher definierten Ereignisräumen. Formal ließ sich feststellen, dass alle Messwerte von der Methode erfasst wurden, sie bei der Differenzierung also in sich richtig ist, da die Summe der Ergebnisse in den einzelnen Kategorien der Zahl der insgesamt erhobenen Messwerte entsprach.

Die Zusammenfassung der Werte aus den einzelnen Ereignisräumen in erfolgreiche und nicht erfolgreiche Behandlung lässt eine Einschätzung der Erfolgsquote der Positionerbehandlung zu.

#### Verwendete statistische Methoden:

Im Rahmen dieser Arbeit kamen vorwiegend nicht-parametrische Tests zur Anwendung. Nichtparametrische Tests sind etwas schwächer im Finden von Signifikanz als parametrische Tests. Ihre „Power“ („Power“ heißt: die Wahrscheinlichkeit, signifikante Testergebnisse zu erhalten) ist etwas niedriger, allerdings nur geringfügig [132].

Da hier jeweils relativ hohe Fallzahlen vorlagen, war dies nicht von Bedeutung. Der Vorteil nicht-parametrischer Tests ist, dass ihnen im Gegensatz zu parametrischen Tests nicht die Annahme zugrunde liegt, die zu untersuchenden Werte seien normalverteilt. Somit ist man hier mit nicht-parametrischen Tests auf der sicheren Seite, da zum Beispiel bei den in dieser Arbeit häufig verwendeten Absolutwerten eine Normalverteilung oft nicht mehr gegeben ist und ein Test auf Normalverteilung bei großen Fallzahlen nicht immer zuverlässig ist.

Parametrische varianzanalytische Verfahren wie der auch verwendete T-Test setzen zwar die Normalität der zu untersuchenden Variablen voraus, sind andererseits aber robust gegenüber Abweichungen von der Normalität.

Tests auf Korrelation als Maß des linearen Zusammenhangs wie der Pearson-Korrelationskoeffizient haben keine Voraussetzungen bezüglich Normalität. Erst der Test der Signifikanz setzt eine Normalverteilung voraus.

Wie schon bei den unter Punkt 4.2.1. verwendeten Tests sichtbar wurde, sind nichtparametrische Tests wie der Wilcoxon- oder der Mann-Whitney-U-Test benutzt worden. Sowohl Mann-Whitney als auch Wilcoxon bauten ihre Tests auf einen Vergleich der Rangreihen der Fälle nach der zu untersuchenden Variablen.

Zum Mann-Whitney-U-Test ist anzumerken, dass er äquivalent ist zum Wilcoxon-Rangsummentest und dem Kruskal-Wallis-Test für zwei Gruppen. Mit dem Mann-Whitney-U-Test wird überprüft, ob zwei beprobte Grundgesamtheiten die gleiche Lage besitzen. Die Beobachtungen aus beiden Gruppen werden kombiniert und in eine gemeinsame Reihenfolge gebracht, wobei im Falle von Rangbindungen der durchschnittliche Rang vergeben wird. Die Anzahl der Bindungen sollte im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Beobachtungen klein sein. Wenn die Grundgesamtheiten in der Lage identisch sind, sollten die Ränge zufällig zwischen den beiden Stichproben gemischt werden. Es wird berechnet, wie oft ein Wert aus Gruppe 1 einem Wert aus Gruppe 2 und wie oft ein Wert aus Gruppe 2 einem Wert aus Gruppe 1 vorangeht. Die Mann-Whitney-U-Statistik ist die kleinere dieser beiden Zahlen. Die ebenfalls angezeigte Wilcoxon-Rangsummen-W-Statistik ist die Rangsumme der kleineren Stichprobe. Der Wilcoxon W-Test wird verwendet, um den Stichprobenmittelwert einer Fallgruppe gegen den einer anderen Fallgruppe zu testen, ohne dabei auf eine Normalverteilung der Variablen angewiesen zu sein.

Wenn beide Stichproben die gleiche Anzahl von Beobachtungen aufweisen, ist W die Rangsumme der zuerst benannten Gruppe [10], [132].

## 5. ERGEBNISSE

Für Rotationen, Bewegungen in der Sagittalen und Bewegungen in der Transversalen werden die Ergebnisse zur einfachen Vergleichbarkeit jeweils gleichartig präsentiert:

### 5.1. Rotationen

#### 5.1.1. Auswertung aller Daten

Zunächst sollen die Daten aus den Messungen der Differenzen ohne weitergehende Kategorisierung und Einbeziehung eines Messfehlers betrachtet werden:

**Deskriptive Statistik**

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
Differenz SE-SM in °	745	-18.741	23.813	.21514	5.078582	25.792
Differenz SE-EM in °	745	-23.297	22.060	.19090	5.210027	27.144
Differenz EM-SM in °	745	-20.06	20.01	.0242	4.14042	17.143
Gültige Werte (Listenweise)	745					

Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Differenzen

Um herauszufinden, inwieweit durch die Umstellungen im Setup sich eine Veränderung im Endmodell im Vergleich zum Schlußmodell ergeben hat, wurde mittels des Korrelationstestes nach Pearson gesucht. Dabei wurde noch zwischen den einzelnen Zahngruppen unterschieden: siehe Anhang 9.4. Rotationen, Tabelle 27: Korrelation der Differenzen zwischen SE und SM und SE und EM.

Es wird deutlich, dass bei den Zahngruppen mit starken Korrelationen (hoher Korrelationskoeffizient) das Ergebnis nach Positionerbehandlung mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit dem Setup entsprechen wird, bei denen mit schwacher Korrelation (Korrelationskoeffizient unter 0,6) das Ergebnis jedoch nicht sicher vorhersagbar ist.

So eignen sich also bestimmte Zähne besser (OK 1er, OK 2er, OK 3er, OK 5er, OK 7er, UK 1er, UK 2er, UK 3er, UK 6er, UK 7er) für eine Rotation durch den Positioner als andere (OK 4er, OK 6er, UK 3er, UK 5er), wie aus dem Korrelationstest nach Pearson hervorgeht.

#### 5.1.2. Auswertung der kategorisierten Daten

Nun werden die Ergebnisse in den Ereignisräumen betrachtet.

Die Daten wurden dazu mit Hilfe der Ereignissyntax kategorisiert. Der Wert für x,xx in der Ereignissyntax für SPSS (vgl. 9.2. Ereignissyntax für SPSS) entsprach hier 2,39 (vgl. Tabelle 8).

### Gesamtbetrachtung

Zuerst wird die Gesamtzahl aller 738 Zähne ohne Unterscheidung nach ihrer Position betrachtet.

Folgendes Kreisdiagramm verdeutlicht, wie viele der 738 Zähne in Bezug auf Rotationen erfolgreich behandelt werden konnten:

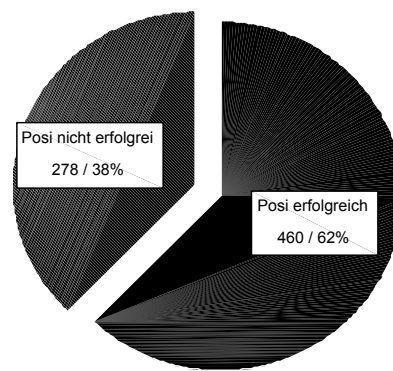


Abbildung 9: Erfolgsrate der Positionerbehandlung in Bezug auf Rotationen

Als erfolgreich galten die 460 Zähne (entsprechend 62 %), bei denen der Positioner eine Rotationsbewegung in der erwünschten Richtung bewirkte oder, falls der Zahn nicht umgestellt wurde oder keine Rotationsbewegung stattfinden sollte, sich die Rotation des Zahnes zwischen Schluss- und Endmodell nicht veränderte.

Alle anderen Ereignisse (278 Zähne, entsprechend 38 %) wurden als nicht erfolgreich bewertet.

Interindividuell und auch für die einzelnen Zahngruppen fand sich bei der *Erfolgsbewertung* für die Positionerbehandlung ein relativ heterogenes Bild, die Unterschiede waren jedoch laut durchgeführter ANOVA-Analyse jeweils nicht signifikant:



				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
Patientennummer	1	Erfolgsbewertung	%	75.0%	25.0%
	2	Erfolgsbewertung	%	50.0%	50.0%
	3	Erfolgsbewertung	%	54.2%	45.8%
	4	Erfolgsbewertung	%	57.1%	42.9%
	5	Erfolgsbewertung	%	67.9%	32.1%
	6	Erfolgsbewertung	%	64.3%	35.7%
	7	Erfolgsbewertung	%	68.0%	32.0%
	8	Erfolgsbewertung	%	62.5%	37.5%
	9	Erfolgsbewertung	%	53.8%	46.2%
	10	Erfolgsbewertung	%	57.1%	42.9%
	11	Erfolgsbewertung	%	51.9%	48.1%
	12	Erfolgsbewertung	%	76.9%	23.1%
	13	Erfolgsbewertung	%	73.1%	26.9%
	14	Erfolgsbewertung	%	54.2%	45.8%
	15	Erfolgsbewertung	%	71.4%	28.6%
	16	Erfolgsbewertung	%	62.5%	37.5%
	17	Erfolgsbewertung	%	78.6%	21.4%
	18	Erfolgsbewertung	%	42.3%	57.7%
	19	Erfolgsbewertung	%	50.0%	50.0%
	20	Erfolgsbewertung	%	62.5%	37.5%
	21	Erfolgsbewertung	%	64.3%	35.7%
	22	Erfolgsbewertung	%	79.2%	20.8%
	23	Erfolgsbewertung	%	62.5%	37.5%
	24	Erfolgsbewertung	%	35.7%	64.3%
	25	Erfolgsbewertung	%	71.4%	28.6%
	26	Erfolgsbewertung	%	78.6%	21.4%
	27	Erfolgsbewertung	%	64.3%	35.7%
	28	Erfolgsbewertung	%	53.8%	46.2%

Tabelle 10: prozentualer Erfolg des Positioners bei Rotationen, patientenbezogen

				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
Zahngruppe	OK 11/21	Erfolgsbewertung	%	73.2%	26.8%
	OK 12/22	Erfolgsbewertung	%	70.9%	29.1%
	OK 13/23	Erfolgsbewertung	%	66.1%	33.9%
	OK 14/24	Erfolgsbewertung	%	60.6%	39.4%
	OK 15/25	Erfolgsbewertung	%	66.1%	33.9%
	OK 16/26	Erfolgsbewertung	%	58.9%	41.1%
	OK 17/27	Erfolgsbewertung	%	64.8%	35.2%
	UK 31/41	Erfolgsbewertung	%	65.5%	34.5%
	UK 32/42	Erfolgsbewertung	%	69.6%	30.4%
	UK 33/43	Erfolgsbewertung	%	53.6%	46.4%
	UK 34/44	Erfolgsbewertung	%	47.5%	52.5%
	UK 35/45	Erfolgsbewertung	%	51.9%	48.1%
	UK 36/46	Erfolgsbewertung	%	52.7%	47.3%
	UK 37/47	Erfolgsbewertung	%	66.1%	33.9%

Tabelle 11: prozentualer Erfolg des Positioners bei Rotationen,  
zahnbezogen

Signifikante Unterschiede in den Erfolgsaussichten zwischen den einzelnen Patienten oder Zähnen konnten nicht gefunden werden, ebenso keine Abhängigkeiten von

Behandlungsdauer, Alter des Patienten bei Behandlungsbeginn, Geschlecht oder Ex-/NonEx-Kasus.

Auf die einzelnen *Ereignisse*, aufgegliedert *gemäß dem Organigramm 1*, fanden sich diese Ergebnisse:

#### Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
erfolgreiche Bewegung in °	234	.04	14.70	4.8552	.2010	3.0755	9.458
erfolgr., erreichte Bew. in %	234	.94	99.53	68***			
überschießende Bewegung in °	45	5.34	23.30	10.1662	.5979	4.0105	16.084
übersch. Bew. in %	45	100.15	217.74	131.2661	4.4330	29.7372	884.299
unerwünschte Bewegung	114	2.44	20.06	5.2***			
keine Bewegung	95	.13	2.37	1.3158	6.5E-02	.6322	.400
instabiles Ergebnis	119	2.40	13.27	4.5***			
stabiles Ergebnis	131	.03	2.37	1.1648	5.7E-02	.6534	.427
Gültige Werte (Listenweise)	0						

\*\*\*: Daten nicht normalverteilt: M-Schätzer statt Mittelwert angegeben (Aussagen zu Varianz und Standardabweichung dann nicht möglich)

#### Test bei einer Stichprobe

	Testwert = 0					
	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
erfolgreiche Bewegung in °	24.149	233	.000	4.8552	4.4591	5.2513
erfolgr., erreichte Bew. in %	38.620	233	.000			
überschießende Bewegung in °	17.005	44	.000	10.1662	8.9613	11.3711
übersch. Bew. in %	29.611	44	.000	131.2661	122.3320	140.2001
unerwünschte Bewegung	19.127	113	.000			
keine Bewegung	20.285	94	.000	1.3158	1.1870	1.4446
instabiles Ergebnis	24.690	118	.000			
stabiles Ergebnis	20.404	130	.000	1.1648	1.0519	1.2778

Tabellen 12: Deskriptive Statistiken zu den Rotationen

Zusätzlich zu den im Organigramm beschriebenen Ereignissen mit den entsprechenden Werten ist noch unter „erfolgreich, erreichte Zahnbewegung in %“ das Ausmaß einer

erfolgreichen Bewegung in Relation zum Ausmaß der Setup-Bewegung in Prozent angegeben. Außerdem ist ebenso das Ausmaß der überschießenden Bewegungen in Prozent zur erwünschten Bewegung angegeben.

*erfolgreiche Zahnbewegung:*

234 im Setup umgestellte Zähne drehten sich im Mittel um  $4,9^\circ$ . Das entsprach nach dem Mittelwert-Schätzer 68 % der Bewegung, die im Setup durch Umstellung des Zahnes vor der Positionerherstellung beabsichtigt worden war.

Daraus kann gefolgert werden, dass Rotationen mit dem Positioner durchgeführt werden können. Ein Spearman-Rho-Test deutete nicht auf eine Korrelation zwischen der Größe der gewünschten Bewegung und dem prozentualen Ergebnis hin.

*überschiessende Bewegung:*

45 Zähne bewegten sich in der Richtung, die vom Setup vorgegeben wurden, doch übertraf diese Rotationsbewegung das gewünschte Ausmaß im Mittel um 31%. Auch hier ergab der Spearman-Rho-Test keine Korrelation zwischen der Größe der gewünschten Bewegung und dem prozentualen Ergebnis.

*keine Zahnbewegung:*

95 Zähne wurden in Bezug auf die Rotation nicht verändert, aber im Setup ausgesägt. Dies kann z.B. zur Feineinstellung der Okklusion in Anpassung an die Antagonisten nötig geworden sein. Ihre Bewegungen lagen jedoch unterhalb der Messfehlergrenze in der Ereignissyntax, wurden also keinem Bewegungsereignis zugeordnet.

*unerwünschte Bewegung:*

113 Zähne zeigten nach den vorgegebenen Kriterien eine unerwünschte Bewegung. Sie sollten z.B. im Uhrzeigersinn rotiert werden, drehten sich aber im Laufe der Positionerbehandlung gegen den Uhrzeigersinn.

Der M-Schätzer dieser Rotationsdifferenzen lag bei  $5,2^\circ$ .

*instabiles Ergebnis*

Bei 119 ausgesägten Zähnen, die im Setup in Bezug auf ihre Rotationsmerkmale nicht verändert worden waren, traten während der Positionerbehandlung Rotationen über den Bereich der Messfehlertoleranz auf. Der M-Schätzer der Differenz zwischen dem Ausgangs- und Endmodell betrug  $4,5^\circ$ .

*stabiles Ergebnis:*

131 Zähne, die im Setup nicht umgestellt worden waren, drehten sich während der Positionerbehandlung nicht.

### Detaillierte Betrachtung

Folgende Tabellen geben Aufschluss über die Werte zu den einzelnen Zahngruppen wie z.B. zum oberen Medialen (OK 11/21):

Zahngruppe	erfolgreiche Bewegung in °		erfolgr., erreichte Bew. in %	überschießende Bewegung in °		übersch. Bew. in %	keine Bewegung	
	Gültige N	Mittelwert		Gültige N	Mittelwert		Gültige N	Mittelwert
OK 11/21	N=23	4.96	70.61	N=0	.	.	N=7	1.30
OK 12/22	N=25	5***	71.14	N=3	8.84	137.42	N=7	1.63
OK 13/23	N=24	4.69	57.76	N=3	8.37	139.32	N=7	1.38
OK 14/24	N=10	4.41	64.07	N=0	.	.	N=6	1.45
OK 15/25	N=18	4.91	61.17	N=4	10.04	165.02	N=11	1.57
OK 16/26	N=20	4.89	58.64	N=2	6.43	115.29	N=6	1.70
OK 17/27	N=19	5.78	67.97	N=4	13.38	125.77	N=8	1.11
UK 31/41	N=15	4.51	70.13	N=2	7.65	125.31	N=9	.81
UK 32/42	N=18	4.23	58.40	N=3	10.89	122.14	N=8	1.31
UK 33/43	N=12	4.30	63.14	N=3	8.97	124.71	N=6	.95
UK 34/44	N=10	5.58	66.65	N=5	10.55	148.28	N=2	.97
UK 35/45	N=11	4.69	63.81	N=5	10.17	129.05	N=6	1.41
UK 36/46	N=17	4.20	63.97	N=5	9.08	124.03	N=3	.80
UK 37/47	N=12	5.27	65.79	N=6	12.57	114.18	N=9	1.50

\*\*\*: Der markierte Wert war gemäß Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest nicht normalverteilt.

Zahngruppe	Misserfolg		instabiles Ergebnis		stabiles Ergebnis	
	Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert
OK 11/21	N=11	5.25	N=4	4.51	N=11	1.15
OK 12/22	N=9	7.27	N=4	4.86	N=7	1.34
OK 13/23	N=12	5.21	N=4	5.79	N=6	.85
OK 14/24	N=9	7.18	N=4	6.42	N=4	1.44
OK 15/25	N=10	5.40	N=5	3.41	N=8	.87
OK 16/26	N=11	6.71	N=10	4.79	N=7	1.18
OK 17/27	N=9	4.57	N=6	4.97	N=8	1.49
UK 31/41	N=4	4.23	N=13	4.29	N=12	.94
UK 32/42	N=2	5.06	N=12	4.23	N=13	1.34
UK 33/43	N=9	5.88	N=14	5.49	N=12	1.22
UK 34/44	N=7	4.68	N=9	6.49	N=7	.89
UK 35/45	N=9	9.02	N=12	4.96	N=11	1.51
UK 36/46	N=8	6.60	N=13	4.37	N=9	.83
UK 37/47	N=4	4.38	N=9	4.68	N=16	1.19

Tabellen 13: Mittelwerte der Rotationen bei den einzelnen Zahngruppen

Bei Betrachtung der Ergebnisse drängt sich die Frage auf, ob ein Unterscheid bezüglich Ober- und Unterkiefer besteht. Ein Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben zeigte für die Ereignisräume keine signifikanten Unterschiede bezüglich Ober- und Unterkiefer.

Für die Erfolgsbewertung zeigte er jedoch, dass es auf dem Niveau von  $p < 0,05$  wahrscheinlicher ist, im Oberkiefer mit dem Positioner erfolgreich zu behandeln.

Auch innerhalb der Zahnarten (Incisivi, Canini, Prämolares, Molares) konnte bei normalverteilten Werten mittels einfaktorieller ANOVA-Analyse und nachgeschaltetem Post-Hoc Tukey-Test kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die Häufigkeiten in den Ereignisräumen festgestellt werden.

Die Unterschiede in Bezug auf die prozentualen Erfolgsaussichten bei den Zahnarten zeigt folgendes Diagramm:

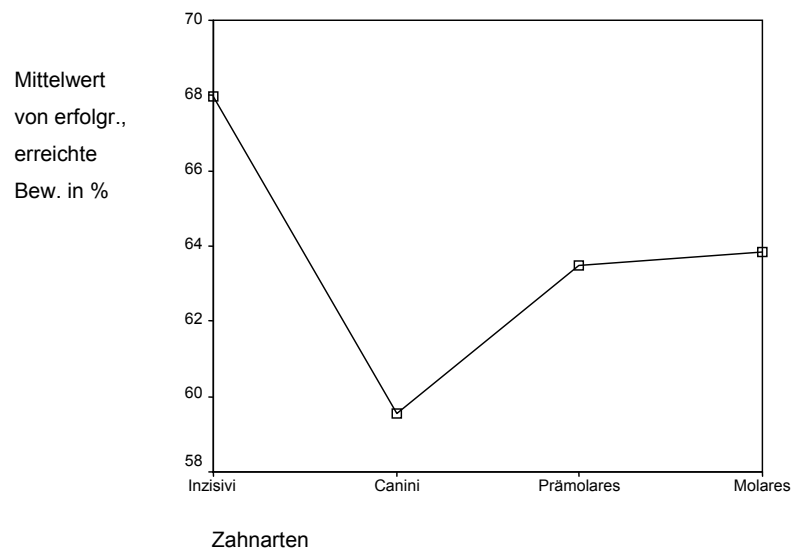


Abbildung 10: Erfolgsaussichten in Bezug auf Rotationen bei den Zahnarten

Innerhalb der einzelnen Zahngruppen (14 Gruppen) konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Ereignisräume festgestellt werden.

Nach *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen von den Faktoren *Geschlecht* und *Ex/NonEx-Kasus* wurde mittels des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben gesucht.

Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Gruppen.

Die *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen *von der Größe der Umstellung im Setup*, vom *Alter bei Behandlungsbeginn* oder von der *Behandlungsdauer* wurde mit Hilfe des

Rang-Korrelationstests Spearman-Rho herausgefiltert und die signifikanten Ergebnisse weiter in Streudiagrammen untersucht.

Es fanden sich keine Korrelationen.

## 5.2. Bewegungen in der Sagittalen

### 5.2.1. Auswertung aller Daten

Zunächst sollen die Daten aus den Messungen der Differenzen ohne weitergehende Kategorisierung und Einbeziehung eines Messfehlers betrachtet werden:

**Deskriptive Statistik**

	N	Summe	Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
Differenz Setup-SM in mm	745	-129.540	-.17388	.922606	.851
Differenz Setup-EM in mm	745	11.622	.01560	.785911	.618
Gültige Werte (Listenweise)	745				

Tabellen 14: Deskriptive Statistik zu den Sagittalbewegungen

Um herauszufinden, inwieweit durch die Umstellungen im Setup sich eine Veränderung im Endmodell im Vergleich zum Schlußmodell ergeben hat, wurde mittels des Korrelationstestes nach Pearson gesucht. Dabei wurde noch zwischen den einzelnen Zahngruppen unterschieden: siehe Anhang 9.5. Sagittale, Tabelle 28: Korrelation der Differenzen zwischen SE und SM und SE und EM.

Es wird deutlich, dass bei den Zahngruppen mit starken Korrelationen (hoher Korrelationskoeffizient) das Ergebnis nach Positionerbehandlung mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit dem Setup entsprechen wird, bei jenen mit schwacher Korrelation (Korrelationskoeffizient unter 0,6) das Ergebnis jedoch nicht sicher vorhersagbar ist.

OK 2er, 3er, 4er, 5er, 6er, 7er; UK 3er, UK 4er, UK 5er, UK 6er, UK 7er eignen sich besser für eine Bewegung in mesio-distaler/sagittaler Richtung durch den Positioner als OK 1er, UK 1er, UK 2er.

### 5.2.2. Auswertung der kategorisierten Daten

Bei der Kategorisierung der Daten mit der Ereignissyntax für SPSS (vgl. 9.2. Ereignissyntax für SPSS) entsprach der x,xx hier 0,20 (vgl. Tabelle 8).

#### Gesamtbetrachtung

Das Kreisdiagramm (Abbildung 11) verdeutlicht, dass bei 355 Zähnen (entsprechend 48 %) der Positioner eine Bewegung in der erwünschten Richtung bewirkte oder, falls der Zahn nicht umgestellt wurde oder keine Sagittalbewegung stattfinden sollte, sich die Stellung des Zahnes zwischen Schluss- und Endmodell nicht veränderte.

Bei 383 Zähnen ließ sich keine erfolgreiche Behandlung mit dem Positioner feststellen:

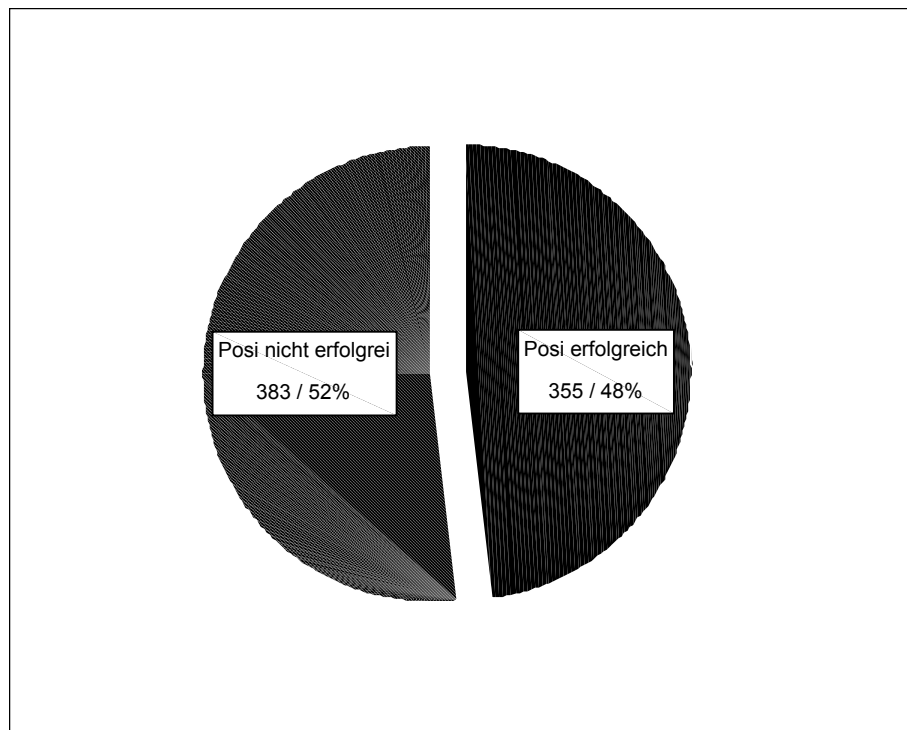


Abbildung 12:: Erfolgsrate der Positionerbehandlung in Bezug auf die Sagittale

Interindividuell und auch für die einzelnen Zahngruppen fand sich bei der *Erfolgsbewertung* für die Positionerbehandlung ein heterogenes Bild.

Es bestanden laut einer durchgeführten ANOVA-Analyse *interindividuelle Unterschiede* ( $p < 0,001$ ). Im Post-hoc-Scheffé-Test zeigten sich die Unterschiede zwischen den Patienten 2, 4, 21, 26 einerseits und 3, 8, 11, 13, 14, 19 als signifikant.

Auch die *Unterschiede zwischen den einzelnen Zahngruppen* waren in der ANOVA-Analyse signifikant ( $p < 0,01$ ). Im Post-hoc-Test zeigten sich vor allem die Unterschiede zwischen den

Extremen - UK 1er und 2 er einerseits, OK 3er und UK 6er andererseits – als statistisch herausragend. Die folgenden Tabellen und Diagramme zeigen die Ergebnisse im Einzelnen:

				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
Patienten nummer	1	Erfolgsbewertung	%	42.9%	57.1%
	2	Erfolgsbewertung	%	79.2%	20.8%
	3	Erfolgsbewertung	%	29.2%	70.8%
	4	Erfolgsbewertung	%	75.0%	25.0%
	5	Erfolgsbewertung	%	50.0%	50.0%
	6	Erfolgsbewertung	%	50.0%	50.0%
	7	Erfolgsbewertung	%	52.0%	48.0%
	8	Erfolgsbewertung	%	29.2%	70.8%
	9	Erfolgsbewertung	%	42.3%	57.7%
	10	Erfolgsbewertung	%	35.7%	64.3%
	11	Erfolgsbewertung	%	29.6%	70.4%
	12	Erfolgsbewertung	%	53.8%	46.2%
	13	Erfolgsbewertung	%	26.9%	73.1%
	14	Erfolgsbewertung	%	25.0%	75.0%
	15	Erfolgsbewertung	%	35.7%	64.3%
	16	Erfolgsbewertung	%	54.2%	45.8%
	17	Erfolgsbewertung	%	53.6%	46.4%
	18	Erfolgsbewertung	%	34.6%	65.4%
	19	Erfolgsbewertung	%	25.0%	75.0%
	20	Erfolgsbewertung	%	54.2%	45.8%
	21	Erfolgsbewertung	%	85.7%	14.3%
	22	Erfolgsbewertung	%	37.5%	62.5%
	23	Erfolgsbewertung	%	45.8%	54.2%
	24	Erfolgsbewertung	%	35.7%	64.3%
	25	Erfolgsbewertung	%	60.7%	39.3%
	26	Erfolgsbewertung	%	82.1%	17.9%
	27	Erfolgsbewertung	%	60.7%	39.3%
	28	Erfolgsbewertung	%	53.8%	46.2%

Tabelle 15: Erfolg des Positioners in der Sagittalen, patientenbezogen

				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
Zahngruppe	OK 11/21	Erfolgsbewertung	%	48.2%	51.8%
	OK 12/22	Erfolgsbewertung	%	50.9%	49.1%
	OK 13/23	Erfolgsbewertung	%	66.1%	33.9%
	OK 14/24	Erfolgsbewertung	%	54.5%	45.5%
	OK 15/25	Erfolgsbewertung	%	48.2%	51.8%
	OK 16/26	Erfolgsbewertung	%	55.4%	44.6%
	OK 17/27	Erfolgsbewertung	%	57.4%	42.6%
	UK 31/41	Erfolgsbewertung	%	29.1%	70.9%
	UK 32/42	Erfolgsbewertung	%	26.8%	73.2%
	UK 33/43	Erfolgsbewertung	%	37.5%	62.5%
	UK 34/44	Erfolgsbewertung	%	52.5%	47.5%
	UK 35/45	Erfolgsbewertung	%	48.1%	51.9%
	UK 36/46	Erfolgsbewertung	%	58.2%	41.8%
	UK 37/47	Erfolgsbewertung	%	44.6%	55.4%

Tabelle 16: Erfolg des Positioners in der Sagittalen, zahnbezogen



Signifikante Einflüsse auf den Erfolg der Positionerbehandlung in Bezug auf die Sagittale waren laut Mann-Whitney-U-Test für die Behandlungsdauer, Geschlecht und Ex-/NonEx-Kasus nachweisbar:

Statistik für Test<sup>a</sup>

	Alter bei Behandlu ngsbegin	Behandlu ngsdauer in Tagen	Geschlecht des Patienten	Ex / Non-Ex Kasus	Zahnarten
Mann-Whitney-U	67861.000	59221.000	62044.500	62310.000	59489.000
Wilcoxon-W	131051.0	122411.0	125234.500	125500.000	133025.0
Z	-.042	-3.031	-2.641	-2.281	-3.048
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.966	.002	.008	.023	.002

a. Gruppenvariable: Erfolgsbewertung

Statistik bei einer Stichprobe

Erfolgsbewertung		N	Mittelwert	Standardab weichung	ehler des Mittelwertes
Posi erfolgreich	Alter bei Behandlungsbegin	355	16.973	5.683	.302
	Behandlungsdauer in Tagen	355	135.04	105.27	5.59
	Geschlecht des Patienten	355	.23	.42	2.25E-02
	Ex / Non-Ex Kasus	355	.39	.49	2.60E-02
Posi nicht erfolgreich	Alter bei Behandlungsbegin	383	16.988	5.559	.284
	Behandlungsdauer in Tagen	383	163.49	119.38	6.10
	Geschlecht des Patienten	383	.32	.47	2.39E-02
	Ex / Non-Ex Kasus	383	.48	.50	2.56E-02

Tabellen 17: Abhängigkeit von Sagittalbewegungen von anamnestischen Faktoren (Kodierungen: Geschlecht: 0 ist weiblich, 1 ist männlich; Non-Ex-Kasus ist 0, Ex-Kasus ist 1)

Daraus kann abgeleitet werden, dass in Bezug auf die Sagittale mehr erfolgreiche Zahnbewegungen bei

- kürzerer Behandlungsdauer,
- bei weiblichen Patienten und,
- bei NonEx-Kasus zu erwarten sind.

Auf die einzelnen *Ereignisse*, aufgliedert gemäß dem Organigramm 1, fanden sich diese Ergebnisse:

## Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standard	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
erfolgreiche Bewegung in mm	261	.00	2.53	.6197	.0287	.4640	.215
erreichte Zahnbewegung in %	261	.21	99.86	53.19	1.6591	26.80	718.4
überschießende Bewegung in mm	64	.51	3.27	1.211	.0712	.5699	.325
übersch Bew. in %	64	100.3	453.4	150.4	6.9253	55.40	3069
unerwünschte Bewegung	130	.21	2.68	.8249	.0441	.5027	.253
keine Bewegung	33	.00	.18	.0989	.0095	.0543	.003
instabiles Ergebnis	189	.20	3.50	.6769	.0321	.4414	.195
stabiles Ergebnis	61	.01	.20	.0962	.0075	.0586	.003
Gültige Werte (Listenweise)	0						

## Test bei einer Stichprobe

	Testwert = 0					
	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
erfolgreiche Bewegung in mm	21.575	260	.000	.6197	.5631	.6762
erreichte Zahnbewegung in %	32.063	260	.000	53.1949	49.9280	56.4618
überschießende Bewegung in mm	17.001	63	.000	1.2111	1.0688	1.3535
übersch Bew. in %	21.712	63	.000	150.3634	136.5244	164.2024
unerwünschte Bewegung	18.710	129	.000	.8249	.7377	.9121
keine Bewegung	10.458	32	.000	9.888E-02	7.962E-02	.1181
instabiles Ergebnis	21.080	188	.000	.6769	.6135	.7402
stabiles Ergebnis	12.818	60	.000	9.623E-02	8.121E-02	.1112

Tabelle 18: Deskriptive Statistiken zur Sagittalen

*erfolgreiche Zahnbewegung:*

261 im Setup umgestellte Zähne bewegten sich im Mittel um 0,62 mm. Das entsprach im Mittel 53 % der Bewegung, die im Setup durch Umstellung des Zahnes vor der Positionerherstellung beabsichtigt worden war. Daraus kann gefolgert werden, dass Sagittalbewegungen mit dem Positioner durchgeführt werden können. Der Spearman-Rho-Test und ein Streudiagramm wiesen auf eine signifikante ( $p < 0,001$ ) und starke

(Korrelationsfaktor 0,705) zwischen dem Ausmaß der Umstellung und der erfolgreichen Zahnbewegung hin:

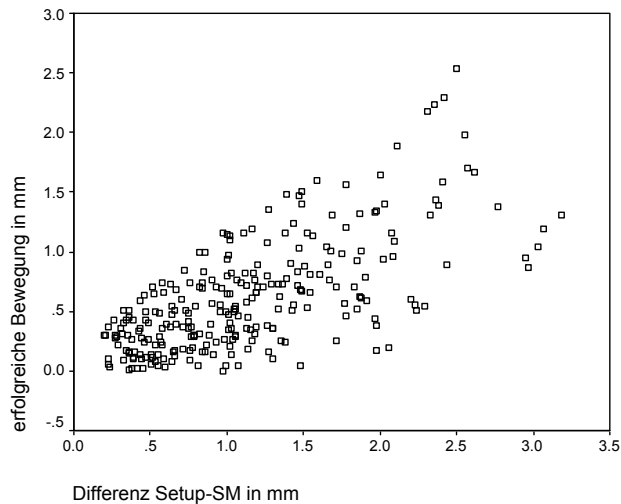


Abbildung 13: Streudiagramm Sagittale: Korrelation zw. Größe der Umstellung im Setup und erfolgreichen Bewegungen

*überschiessende Bewegung:*

64 Zähne bewegten sich in der Richtung, die vom Setup vorgegeben wurden, doch übertraf diese Bewegung in der Sagittalen das gewünschte Ausmaß im Mittel um 50 %. Ein Spearman-Rho-Test und ein Streudiagramm wiesen auf eine signifikante ( $p < 0,001$ ) und starke (Korrelationsfaktor 0,693) zwischen dem Ausmaß der Umstellung und der überschiessenden Bewegung hin:

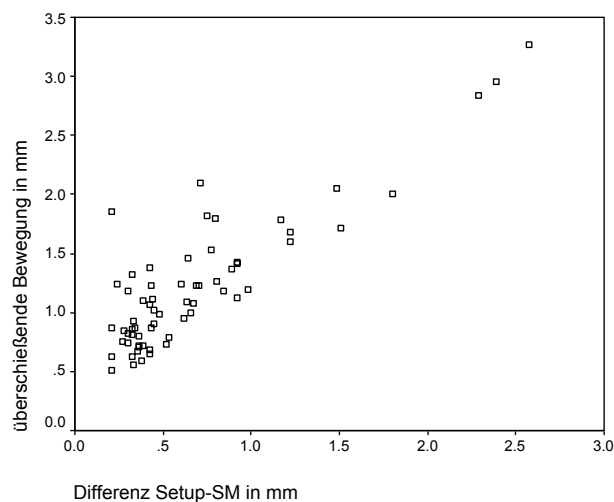


Abbildung 14: Streudiagramm Sagittale: Korrelation zw. Größe der Umstellung im Setup und überschiessenden Bewegungen

*unerwünschte Bewegung:*

130 Zähne zeigten nach den vorgegebenen Kriterien eine unerwünschte Bewegung. Sie sollten entweder trotz Aussägens nicht in der Sagittalen bewegt werden oder bewegten sich entgegen der vorgegebenen Richtung.

Der Mittelwert dieser Bewegungen lag bei 0,82 mm.

*keine Zahnbewegung:*

33 Zähne wurden in Bezug auf die Bewegung in der Sagittalen nicht verändert, aber im Setup ausgesägt.

*instabiles Ergebnis*

Bei 189 Zähnen, die im Setup nicht verändert worden waren, traten während der Positionerbehandlung Bewegungen über den Bereich der Messfehlertoleranz auf. Der Mittelwert der Differenz zwischen dem Ausgangs- und Endmodell betrug 0,68 mm.

*stabiles Ergebnis:*

61 Zähne, die im Setup nicht umgestellt worden waren, erfuhren keine Sagittalbewegung während der Positionerbehandlung.

## Detaillierte Betrachtung

Folgende Tabellen geben Aufschluss über die Mittelwerte zu den einzelnen Zahngruppen:

	erfolgreiche Bewegung in mm		erreichte Zahnbewegung in %	überschießende Bewegung in mm			keine Bewegung	
	Gültige N	Mittelwert		Gültige N	Mittelwert		Gültige N	Mittelwert
Zahngruppe OK 11/21	N=24	.71	43.51	N=4	2.37	145.02	N=0	.
OK 12/22	N=24	.69	51.03	N=5	1.38	173.93	N=1	.10
OK 13/23	N=34	.61	52.43	N=4	1.21	174.13	N=1	.10
OK 14/24	N=12	.60	53.09	N=4	1.10	134.35	N=3	.10
OK 15/25	N=20	.69	54.99	N=8	.92	155.72	N=3	.04
OK 16/26	N=24	.55	51.11	N=5	.96	180.84	N=3	.08
OK 17/27	N=19	.56	55.11	N=4	1.11	129.54	N=4	.09
UK 31/41	N=12	.54	45.20	N=5	.93	128.17	N=2	.16
UK 32/42	N=11	.73	56.52	N=5	1.07	192.15	N=1	.17
UK 33/43	N=15	.65	56.14	N=6	1.52	136.52	N=3	.16
UK 34/44	N=14	.59	51.12	N=3	.95	137.56	N=2	.12
UK 35/45	N=15	.70	53.08	N=5	1.12	148.54	N=4	.11
UK 36/46	N=22	.64	65.66	N=1	1.68	118.76	N=1	.01
UK 37/47	N=15	.36	57.27	N=5	1.20	115.32	N=5	.07

		unerwünschte Bewegung		instabiles Ergebnis		stabiles Ergebnis	
		Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert
Zahngruppe	OK 11/21	N=13	1.20	N=12	.67	N=3	.05
	OK 12/22	N=14	1.14	N=8	.66	N=3	.09
	OK 13/23	N=7	.86	N=8	.77	N=2	.14
	OK 14/24	N=6	.48	N=5	.73	N=3	.16
	OK 15/25	N=12	.70	N=9	.70	N=4	.06
	OK 16/26	N=7	.55	N=13	.42	N=4	.12
	OK 17/27	N=13	.84	N=6	.32	N=8	.09
	UK 31/41	N=11	1.06	N=23	.84	N=2	.09
	UK 32/42	N=14	.75	N=22	.84	N=3	.10
	UK 33/43	N=6	1.08	N=23	.72	N=3	.16
	UK 34/44	N=5	.56	N=11	.65	N=5	.09
	UK 35/45	N=7	.55	N=16	.55	N=7	.09
	UK 36/46	N=9	.54	N=13	.85	N=9	.09
	UK 37/47	N=6	.57	N=20	.50	N=5	.08

Tabellen 19: Mittelwerte der Sagittalbewegungen bei den einzelnen Zahngruppen

Innerhalb der einzelnen Zahngruppen (14 Gruppen) waren die Unterschiede der Mittelwerte in den Ereignisräumen „überschießende Bewegung“ und „unerwünschte Bewegung“ signifikant (ANOVA-Analyse:  $p < 0,01$ ).

Ein Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben zeigte für die meisten Ereignisräume keine signifikanten Unterschiede bezüglich Ober- und Unterkiefer.

Für das prozentuale Ausmaß der überschießenden Bewegung zeigte er jedoch, dass es auf dem Niveau von  $p < 0,05$  wahrscheinlicher ist, im Unterkiefer eine geringere überschießende Bewegung zu beobachten.

Innerhalb der Zahnarten (Incisivi, Canini, Praemolares, Molares) konnte bei normalverteilten Werten mittels einfaktorieller ANOVA-Analyse im Hinblick auf die Ereignisräume „unerwünschte Bewegung“ ( $p < 0,01$ ), „keine Bewegung“ und „instabiles Ergebnis“ (jew.  $P < 0,05$ ), also den Ereignissen, die einer nicht erfolgreichen Positionerbehandlung in der Sagittalen zugeordnet werden, signifikante Unterschiede festgestellt werden. Hier zeigten jeweils die Inzisivi gegenüber den Seitenzähnen im Mittel ein stärkeres unerwünschtes Verhalten.

Ansonsten waren keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Die Unterschiede in Bezug auf die Erfolgsaussichten bei den Zahnarten zeigt folgendes Diagramm:

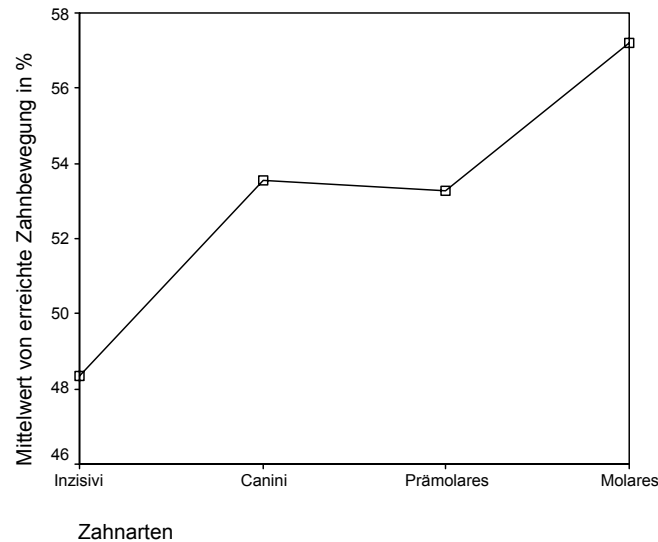


Abbildung 15: Erfolgsaussichten in Bezug auf Sagittalbewegungen bei den Zahnarten

Der Unterschied des Mittelwertes zwischen den Inzisivi und den Molares war dabei auf dem Niveau von  $p < 0,02$  in der Post-Hoc Scheffé-Prozedur der ANOVA-Analyse signifikant. In Bezug auf sagittale Bewegungen ist also ein Erfolg bei den Inzisivi unwahrscheinlicher als bei den Molaren.

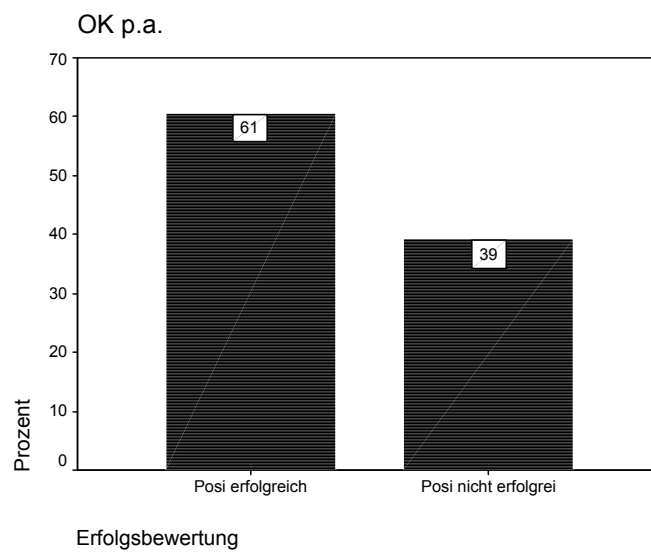
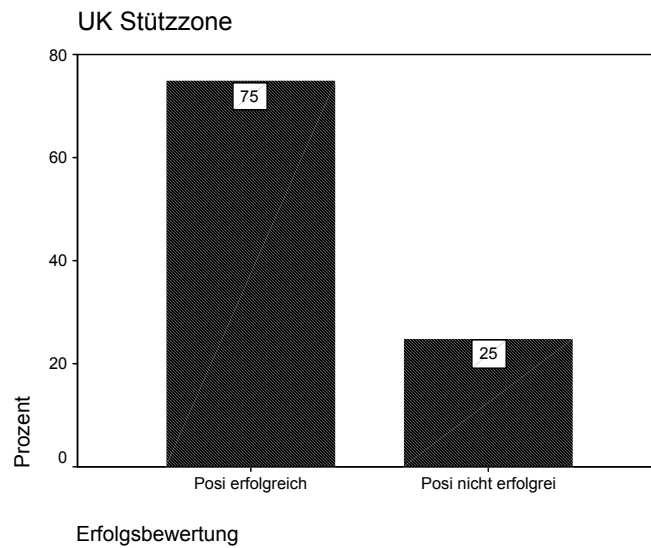
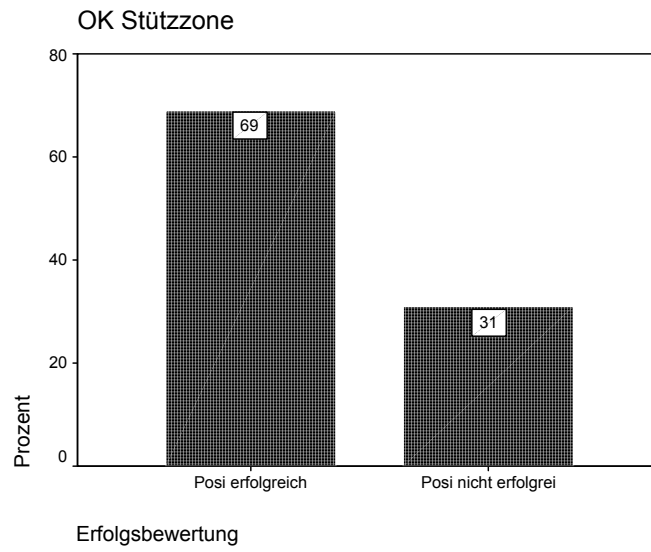
Nach *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen von den Faktoren *Geschlecht und Ex/NonEx-Kasus* wurde mittels des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben gesucht. Interessant war, dass bei weiblichen Patienten ein prozentual eher größeres überschießendes Ergebnis zu erwarten ist.

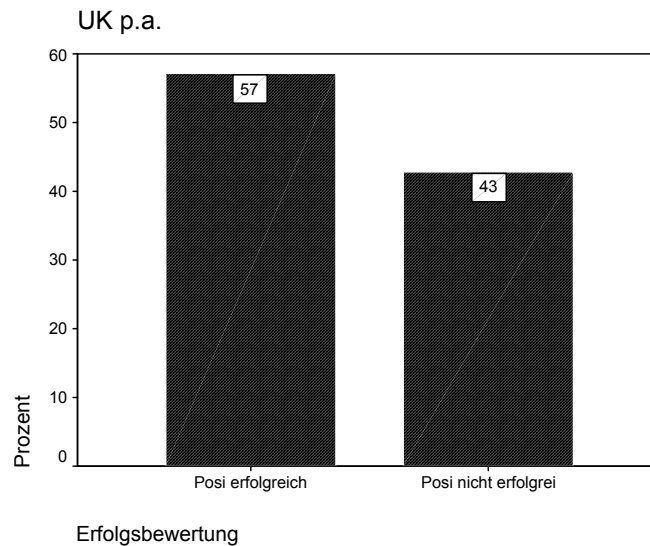
Sonst fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Gruppen.

Die *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen *von der Größe der Umstellung im Setup, vom Alter bei Behandlungsbeginn* oder *von der Behandlungsdauer* wurde mit Hilfe des Rang-Korrelationstests Spearman-Rho untersucht.

Es fanden sich keine Korrelationen.

Die Erfolgsrate des Positioners in Bezug auf Veränderungen in der posterior-anterioren Zahnbogenlänge und in Bezug auf die Veränderungen in der Stützzone zeigen folgende Abbildungen (x,xx in der Ereignissyntax war 0,5 mm):





Abbildungen 16: Erfolgsrate bezügl. Stützzone und p.-a. Länge

Insgesamt lässt sich feststellen, dass angestrebte Veränderungen in der Stützzone zu zwei Dritteln erfolgreich sind, im Unterkiefer sogar eher als im Oberkiefer.

Auch Veränderungen in der posterior-anterioren Zahnbogenlänge sind zu ca. 60% erfolgreich.

### 5.3. Bewegung in der Transversalen

#### 5.3.1. Auswertung aller Daten

Zunächst sollen die Daten aus den Messungen der Differenzen ohne weitergehende Kategorisierung und Einbeziehung eines Messfehlers betrachtet werden:

**Deskriptive Statistik**

	N	Summe	Mittelwert	Standardabweichung	Varianz
Differenz Setup-SM in mm	745	-48.821	-.06553	1.248170	1.558
Differenz Setup-EM in mm	745	-31.595	-.04241	1.244393	1.549
Gültige Werte (Listenweise)	745				

Tabellen 20: Deskriptive Statistik zu den Transversalbewegungen

Um herauszufinden, inwieweit durch die Umstellungen im Setup sich eine Veränderung im Endmodell im Vergleich zum Schlußmodell ergeben hat, wurde mittels des Korrelationstestes nach Pearson gesucht. Dabei wurde noch zwischen den einzelnen Zahngruppen



unterschieden: siehe Anhang 9.6. Transversale, Tabelle 29: Korrelation der Differenzen zwischen SE und SM und SE und EM.

Es wird deutlich, dass bei den Zahngruppen mit starken Korrelationen (hoher Korrelationskoeffizient) das Ergebnis nach Positionerbehandlung mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit dem Setup entsprechen wird, bei denen mit schwacher Korrelation (Korrelationskoeffizient unter 0,6) das Ergebnis jedoch nicht sicher vorhersagbar ist.

Insgesamt dürfen diese abermals so interpretiert werden, dass sich bestimmte Zähne besser (OK 3er, 4er, 5er, 6er, 7er; UK 1er, UK 3er, UK 4er, UK 5er) eignen für eine transversale Bewegung durch den Positioner als andere (OK 1er, OK 2er, UK 2er, UK 6er, UK 7er).

### 5.3.2. Auswertung der kategorisierten Daten

Nun folgt die detaillierte Betrachtung der Ergebnisse in den Ereignisräumen, kategorisiert mit Hilfe der Ereignissyntax. Der Wert für x,xx in der Ereignissyntax für SPSS (vgl. 9.2. Ereignissyntax für SPSS) entsprach hier 0,14 (vgl. Tabelle 8).

#### Gesamtbetrachtung

Zuerst wird wieder die Gesamtzahl aller 738 Zähne ohne Unterscheidung nach ihrer Position in Bezug auf erfolgreiche Behandlung betrachtet:

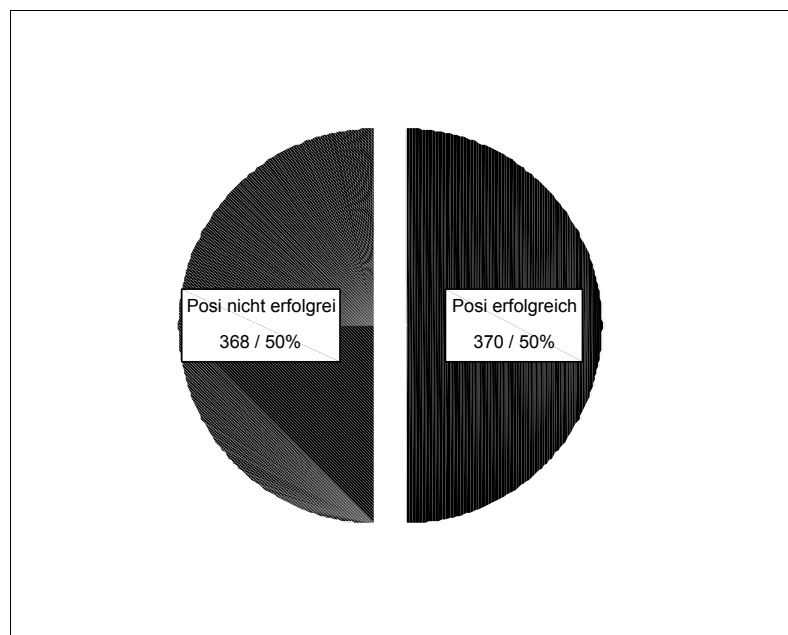


Abbildung 17: Erfolgsrate der Positionerbehandlung in Bezug auf die Transversale

370 Zähne (entsprechend 50 %) galten als erfolgreich behandelt. Der Positioner bewirkte hier eine Bewegung in der erwünschten Richtung oder es fand sich, falls der Zahn nicht umgestellt

wurde oder keine Transversalbewegung stattfinden sollte, keine Bewegung des Zahnes zwischen Schluss- und Endmodell.

Alle anderen Ereignisse (368 Zähne, entsprechend 50 %) wurden als nicht erfolgreich bewertet.

Interindividuell und auch für die einzelnen Zahngruppen fand sich bei der *Erfolgsbewertung* für die Positionerbehandlung ein heterogenes Bild.

Die *interindividuellen Unterschiede* waren dabei laut einer durchgeführten ANOVA-Analyse signifikant verschieden ( $p < 0,001$ ). Im Post-hoc-Scheffé-Test zeigten sich die Unterschiede zwischen den Patienten 1, 5, 7, 21 einerseits und 13, 14, 20, 24 als signifikant.

*Unterschiede zwischen den einzelnen Zahngruppen* waren in der ANOVA-Analyse nicht signifikant.

In den folgenden Tabellen und Diagrammen finden sich die Ergebnisse im Einzelnen:

Patientennummer				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
1	Erfolgsbewertung	%		71.4%	28.6%
2	Erfolgsbewertung	%		54.2%	45.8%
3	Erfolgsbewertung	%		58.3%	41.7%
4	Erfolgsbewertung	%		60.7%	39.3%
5	Erfolgsbewertung	%		71.4%	28.6%
6	Erfolgsbewertung	%		35.7%	64.3%
7	Erfolgsbewertung	%		80.0%	20.0%
8	Erfolgsbewertung	%		33.3%	66.7%
9	Erfolgsbewertung	%		34.6%	65.4%
10	Erfolgsbewertung	%		57.1%	42.9%
11	Erfolgsbewertung	%		59.3%	40.7%
12	Erfolgsbewertung	%		57.7%	42.3%
13	Erfolgsbewertung	%		23.1%	76.9%
14	Erfolgsbewertung	%		12.5%	87.5%
15	Erfolgsbewertung	%		39.3%	60.7%
16	Erfolgsbewertung	%		62.5%	37.5%
17	Erfolgsbewertung	%		50.0%	50.0%
18	Erfolgsbewertung	%		38.5%	61.5%
19	Erfolgsbewertung	%		42.9%	57.1%
20	Erfolgsbewertung	%		25.0%	75.0%
21	Erfolgsbewertung	%		75.0%	25.0%
22	Erfolgsbewertung	%		45.8%	54.2%
23	Erfolgsbewertung	%		54.2%	45.8%
24	Erfolgsbewertung	%		28.6%	71.4%
25	Erfolgsbewertung	%		64.3%	35.7%
26	Erfolgsbewertung	%		50.0%	50.0%
27	Erfolgsbewertung	%		46.4%	53.6%
28	Erfolgsbewertung	%		65.4%	34.6%

Tabelle 21: Erfolg des Positioners in der Transversalen, patientenbezogen

				Posi erfolgreich	Posi nicht erfolgreich
Zahngruppe	OK 11/21	Erfolgsbewertung	%	53.6%	46.4%
	OK 12/22	Erfolgsbewertung	%	36.4%	63.6%
	OK 13/23	Erfolgsbewertung	%	51.8%	48.2%
	OK 14/24	Erfolgsbewertung	%	54.5%	45.5%
	OK 15/25	Erfolgsbewertung	%	44.6%	55.4%
	OK 16/26	Erfolgsbewertung	%	41.1%	58.9%
	OK 17/27	Erfolgsbewertung	%	40.7%	59.3%
	UK 31/41	Erfolgsbewertung	%	61.8%	38.2%
	UK 32/42	Erfolgsbewertung	%	42.9%	57.1%
	UK 33/43	Erfolgsbewertung	%	62.5%	37.5%
	UK 34/44	Erfolgsbewertung	%	57.5%	42.5%
	UK 35/45	Erfolgsbewertung	%	48.1%	51.9%
	UK 36/46	Erfolgsbewertung	%	58.2%	41.8%
	UK 37/47	Erfolgsbewertung	%	51.8%	48.2%

Abbildung 18: Erfolg des Positioners in der Transversalen, zahnbezogen

Bei Behandlungsdauer und Geschlecht waren laut Mann-Whitney-U-Test für die Erfolgsbewertung signifikante Unterschiede erkennbar:

#### Statistik für Test<sup>a</sup>

	Alter bei Behandlungsbeg in Tagen	Behandlungsdauer in Tagen	Geschlecht des Patienten	Ex / Non-Ex Kasus	Zahnarten
Mann-Whitney-U	67491.000	52799.000	60966.000	64782.000	66991.000
Wilcoxon-W	135387.0	121434.0	129601.000	133417.000	135626.0
Z	-.204	-5.282	-3.162	-1.325	-.391
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.839	.000	.002	.185	.696

a. Gruppenvariable: Erfolgsbewertung

#### Statistik bei einer Stichprobe

Erfolgsbewertung		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Posi erfolgreich	Alter bei Behandlungsbeg	370	17.236	6.018	.313
	Behandlungsdauer in Tagen	370	132.14	107.78	5.60
	Geschlecht des Patienten	370	.23	.42	2.18E-02
	Ex / Non-Ex Kasus	370	.41	.49	2.56E-02
Posi nicht erfolgreich	Alter bei Behandlungsbeg	368	16.724	5.174	.270
	Behandlungsdauer in Tagen	368	167.57	116.70	6.08
	Geschlecht des Patienten	368	.33	.47	2.46E-02
	Ex / Non-Ex Kasus	368	.46	.50	2.60E-02

Tabellen 22: Abhängigkeit der Transversalbewegungen von anamnestischen Faktoren

Daraus kann abgeleitet werden, dass in Bezug auf die Transversale mehr erfolgreiche Zahnbewegungen bei

- kürzerer Behandlungsdauer und
- bei weiblichen Patienten zu erwarten sind.

Auf die einzelnen *Ereignisse*, aufgliedert gemäß dem Organigramm 1, fanden sich diese Ergebnisse:

#### Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert		Standardabweichung	Varianz
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Standardfehler	Statistik	Statistik
erfolgreiche Bewegung in mm	262	.00	2.21	.4362	2.2E-02	.3498	.122
erreichte Zahnbewegung in %	262	.68	99.47	59.6996	1.6359	26.4795	701.162
überschießende Bewegung in mm	66	.30	1.67	.7990	4.2E-02	.3452	.119
überschießende Bewegung in %	66	100.00	268.62	138.06	4.8685	39.5522	1564.4
unerwünschte Bewegung	132	.15	3.70	.5408	3.4E-02	.3958	.157
keine Bewegung	28	.00	.14	7.7E-02	7.8E-03	4.1E-02	1.7E-03
instabiles Ergebnis	170	.14	3.70	.4283	2.8E-02	.3612	.130
stabiles Ergebnis	80	.00	.14	6.7E-02	4.7E-03	4.2E-02	1.7E-03
Gültige Werte (Listenweise)	0						

#### Test bei einer Stichprobe

	Testwert = 0					
	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
erfolgreiche Bewegung in mm	20.186	261	.000	.4362	.3937	.4788
erreichte Zahnbewegung in %	36.493	261	.000	59.6996	56.4783	62.9209
überschießende Bewegung in mm	18.802	65	.000	.7990	.7142	.8839
überschießende Bewegung in %	28.359	65	.000	138.0646	128.3414	147.7877
unerwünschte Bewegung	15.697	131	.000	.5408	.4726	.6090
keine Bewegung	9.885	27	.000	7.700E-02	6.102E-02	9.298E-02
instabiles Ergebnis	15.462	169	.000	.4283	.3736	.4830
stabiles Ergebnis	14.368	79	.000	6.695E-02	5.768E-02	7.622E-02

Tabellen 23: Deskriptive Statistiken zur Transversalen

*erfolgreiche Zahnbewegung:*

262 im Setup umgestellte Zähne bewegten sich im Mittel um 0,44 mm. Das entsprach im Mittel 60 % der Bewegung, die im Setup durch Umstellung des Zahnes vor der Positionerherstellung beabsichtigt worden war.

Daraus kann gefolgert werden, dass Transversalbewegungen mit dem Positioner durchgeführt werden können.

Mittels Spearman-Rho-Test und Streudiagramm konnte keine Korrelation zwischen der Größe der gewünschten Bewegung und dem prozentualen Ergebnis gefunden werden.

*überschiessende Bewegung:*

66 Zähne bewegten sich in der Richtung, die vom Setup vorgegeben wurden, doch übertraf diese Bewegung in der Transversalen das gewünschte Ausmaß im Mittel um 38 %. Auch hier ergab der Spearman-Rho-Test keine Korrelation zwischen der Größe der gewünschten Bewegung und dem prozentualen Ergebnis.

*unerwünschte Bewegung:*

132 Zähne zeigten nach den vorgegebenen Kriterien eine unerwünschte Bewegung. Sie sollten entweder trotz Aussägens nicht in der Transversalen bewegt werden oder bewegten sich aber im Laufe der Positionerbehandlung entgegen der erwünschten Bewegungsrichtung. Der Mittelwert dieser Bewegungen lag bei 0,54 mm.

*keine Zahnbewegung:*

28 Zähne wurden in Bezug auf die Bewegung in der Transversalen nicht verändert, aber im Setup ausgesägt.

*instabiles Ergebnis*

Bei 170 Zähnen, die im Setup nicht verändert worden waren, traten während der Positionerbehandlung Bewegungen über das Intervall der Messfehlertoleranz auf. Der Mittelwert der Differenz zwischen dem Ausgangs- und Endmodell betrug 0,43 mm.

*stabiles Ergebnis:*

80 Zähne, die im Setup nicht umgestellt worden waren, blieben während der Positionerbehandlung stabil.

**Detaillierte Betrachtung**

Folgende Tabellen geben Aufschluss über die Mittelwerte zu den einzelnen Zahngruppen:

		erfolgreiche Bewegung in mm		erreichte Zahnbe- wegung in %	überschießende Bewegung in mm		überschie- ßende Bewegung in %	keine Bewegung	
		Gültige N	Mittel wert		Gültige N	Mittel wert		Gültige N	Mittel wert
Zahngruppe	OK 11/21	N=20	.30	61.32	N=4	.62	123.75	N=6	.07
	OK 12/22	N=17	.41	65.57	N=6	.84	166.86	N=2	.05
	OK 13/23	N=22	.40	65.30	N=8	.85	114.44	N=3	.04
	OK 14/24	N=13	.43	56.46	N=3	.68	124.52	N=1	.04
	OK 15/25	N=21	.40	52.75	N=9	.85	128.11	N=1	.05
	OK 16/26	N=18	.57	65.27	N=6	.93	124.08	N=2	.12
	OK 17/27	N=18	.82	59.74	N=10	.95	144.32	N=0	.
	UK 31/41	N=20	.18	49.74	N=4	.57	114.41	N=5	.10
	UK 32/42	N=11	.30	57.01	N=6	.62	163.64	N=2	.10
	UK 33/43	N=22	.50	67.65	N=0	.	.	N=2	.04
	UK 34/44	N=14	.49	58.44	N=2	.98	175.60	N=2	.10
	UK 35/45	N=20	.43	59.63	N=4	.76	173.78	N=1	.09
	UK 36/46	N=24	.51	57.71	N=2	.83	141.46	N=1	.09
	UK 37/47	N=22	.35	57.53	N=2	.51	108.82	N=0	.

		unerwünschte Bewegung		instabiles Ergebnis		stabiles Ergebnis	
		Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert	Gültige N	Mittelwert
Zahngruppe	OK 11/21	N=11	.47	N=11	.41	N=4	.09
	OK 12/22	N=19	.55	N=10	.43	N=1	.07
	OK 13/23	N=13	.55	N=6	.51	N=4	.10
	OK 14/24	N=8	.44	N=4	.47	N=4	.04
	OK 15/25	N=12	.60	N=10	.42	N=3	.06
	OK 16/26	N=13	.52	N=14	.37	N=3	.06
	OK 17/27	N=12	.56	N=10	.68	N=4	.06
	UK 31/41	N=1	.16	N=16	.28	N=9	.06
	UK 32/42	N=12	.34	N=14	.26	N=11	.06
	UK 33/43	N=6	.34	N=15	.38	N=11	.08
	UK 34/44	N=6	.53	N=9	.45	N=7	.08
	UK 35/45	N=6	.51	N=18	.41	N=5	.07
	UK 36/46	N=6	.71	N=15	.65	N=7	.06
	UK 37/47	N=7	1.11	N=18	.42	N=7	.06

Tabellen 24: Mittelwerte der Transversalbewegungen bei den einzelnen Zahngruppen

Innerhalb der einzelnen Zahngruppen (14 Gruppen) waren die Unterschiede der Mittelwerte in den Ereignisräumen „erfolgreiche Bewegung“ (ANOVA-Analyse:  $p < 0,001$ ) und „unerwünschte Bewegung“ ( $p < 0,05$ ) signifikant. Bei der erfolgreichen Bewegung unterschieden sich vor allem die OK 7er von fast allen anderen Zähnen laut Post-Hoc-Scheffé-Test, da bei den OK 7ern die erreichten transversalen Umstellungen besonders groß

waren. Bei den unerwünschten Bewegungen fielen die UK 7er auf, die das größte Ausmaß unerwünschter Bewegungen zeigten.

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben konnte in keinem Ereignisraum ein signifikanter Unterschied bezüglich Ober- und Unterkiefer gefunden werden.

Innerhalb der Zahnarten (Inzisivi, Canini, Prämolares, Molares) konnte bei normalverteilten Werten mittels einfaktorieller ANOVA-Analyse im Hinblick auf den Ereignisraum „erfolgreiche Bewegung“ ( $p < 0,001$ ) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Hier zeigten die Molaren gegenüber den Inzisivi im Mittel ein größeres Ausmaß an erwünschter Bewegung.

Ansonsten waren keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Die Unterschiede in Bezug auf die Erfolgsaussichten bei den Zahnarten zeigt folgendes Diagramm:

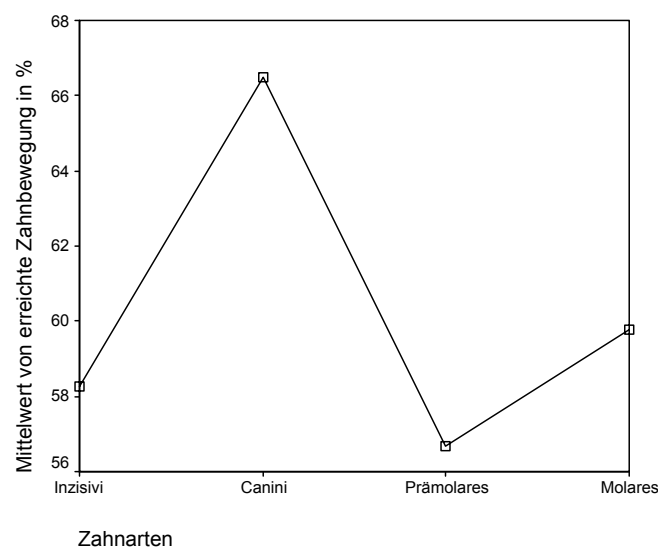


Abbildung 19: Erfolgsaussichten in Bezug auf Transversalbewegungen bei den Zahnarten

Die Unterschiede der Mittelwerte waren dabei in der ANOVA-Analyse nicht signifikant.

Nach *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen von den Faktoren Geschlecht und Ex-/NonEx-Kasus wurde mittels des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben gesucht.

Bezüglich des Geschlechts fanden sich signifikante Unterschiede in den Ereignisräumen „überschießende Bewegung in mm“, „überschießende Bewegung in %“, „stabiles Ergebnis“ und „instabiles Ergebnis“. Bei den weiblichen Patienten waren die Werte immer niedriger als bei den männlichen.

Bezüglich Ex-/NonEx-Kasus gab es keine signifikanten Unterschiede.

Die *Abhängigkeit* der Ergebnisse in den Ereignisräumen von *der Größe der Umstellung im Setup*, vom *Alter bei Behandlungsbeginn* oder von der *Behandlungsdauer* wurde mit Hilfe des Rang-Korrelationstests Spearman-Rho untersucht.

Es fanden sich keine Korrelationen.

#### 5.4. Bewegungen in der Vertikalen

Bei der Auswertung der Ergebnisse aus der Vertikalen zeigte sich folgendes Bild: Der Mittelwert des overbite der Entbänderungsmodelle (SM) war kleiner als der der Setup-Modelle (SE), und dieser war wiederum kleiner als der der Modelle vom Ende der Behandlung (EM).

##### Deskriptive Statistiken

	Mittelwert	Standardabweichung	N
AM_OVERB	1.461	.685	28
SE_OVERB	1.69	.64	28
EM_OVERB	1.83	.61	28

##### Korrelationen

		AM_OVERB	SE_OVERB	EM_OVERB
AM_OVERB	Korrelation nach Pearson	1	.380*	.413*
	Signifikanz (1-seitig)	.	.023	.015
	N	28	28	28
SE_OVERB	Korrelation nach Pearson	.380*	1	.555**
	Signifikanz (1-seitig)	.023	.	.001
	N	28	28	28
EM_OVERB	Korrelation nach Pearson	.413*	.555**	1
	Signifikanz (1-seitig)	.015	.001	.
	N	28	28	28

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.



Dies wurde mit dem Pearson-Korrelationstest bei den normalverteilten Werten weiter untersucht. Er zeigt: Es ergibt sich eine hochsignifikante Beziehung zwischen End- und Setupmodell. Das darf in Verbindung mit dem höheren Korrelationskoeffizienten ( $K=0,555$ ) so interpretiert werden, dass die Zahnstellung im Endmodell eher der des Setups als der der Ausgangssituation entspricht. Allerdings ist die Korrelation nicht sehr stark, jedoch stärker als die zwischen Schluß- und Endmodell.

So darf man schließen, dass die Zahnpositionen im Endmodell durch den Positionierer determiniert wurde, der Positionierer also in der Lage ist, zumindest mittlere obere Frontzähne in ihrer vertikalen Position gerichtet zu bewegen.

### 5.5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie lassen sich, angelehnt an die Fragestellung, folgendermaßen zusammenfassen:

- Zähne im Oberkiefer scheinen leichter bewegbar als im Unterkiefer.

Es gibt Unterschiede in der Erfolgsrate zwischen den verschiedenen Bewegungsarten wie auch bei den einzelnen Zähnen. Letztere war bis auf die der medialen und lateralen Inzisivi im Unterkiefer in Bezug zu der des Caninus im Oberkiefer respektive des unteren ersten Molaren in mesio-distaler/sagittaler Richtung ( $p < 0.01$ ) statistisch nicht signifikant.

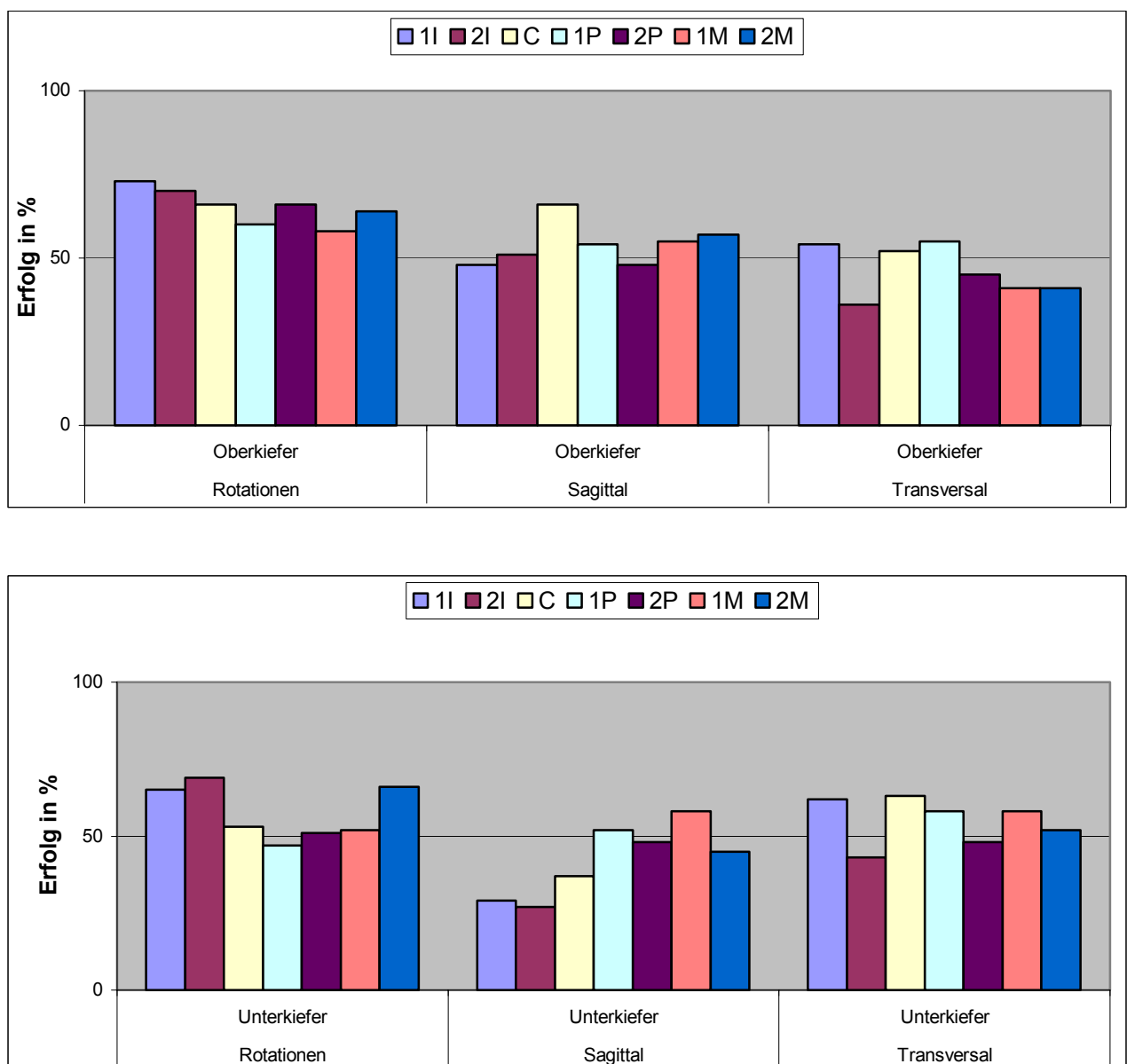


Abbildung 20: Balkendiagramme zur bewegungsspezifischen Erfolgsrate (I: Incisivus, C: Caninus, P: Praemolar, M: Molar)

- Erfolg hatte die Positionerbehandlung in 62 % der Fälle bei Rotationsbewegungen, bei 48 % der Bewegung in mesio-distaler/sagittaler Richtung und 50 % in transversaler Richtung. Es fiel auf, dass einige Zähne eine unerwünschte oder überschießende Bewegung zeigten, und dass sich zudem Zähne, die im Setup nicht ausgesägt wurden und somit in ihrer Position nicht verändert werden sollten, bewegten. Diese Fälle kann man mit dem Begriff Rezidiv beschreiben. Die Anzahl entspricht bei den Rotationen 38 %, in der Sagittalen 52 % und in der Transversalen 50 % der untersuchten Zähne:

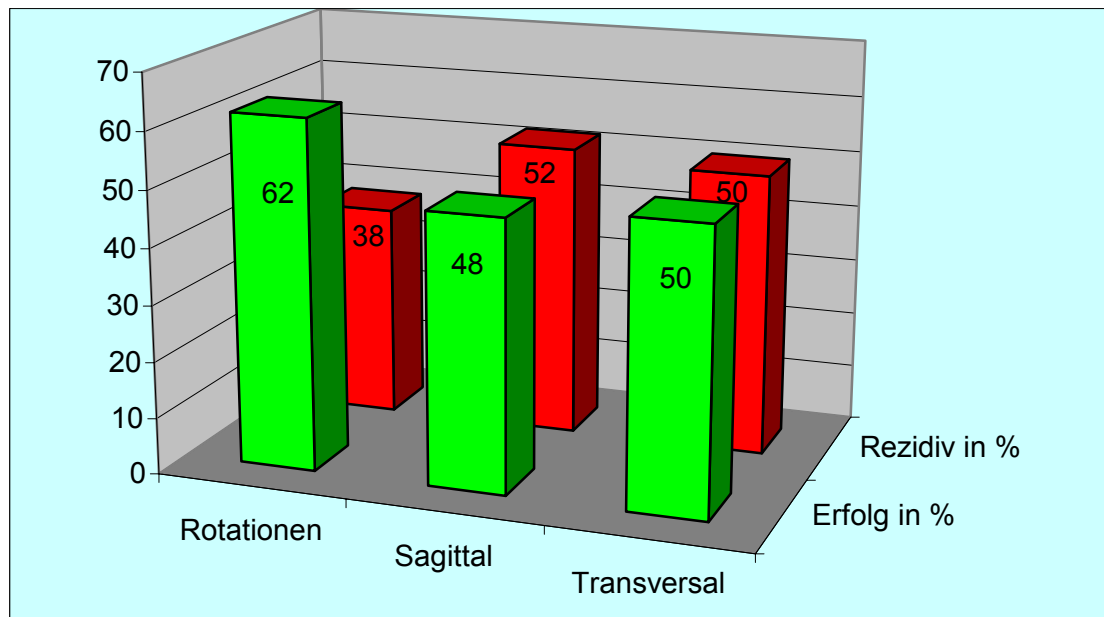


Abbildung 21: Balkendiagramm zur Erfolgsrate

- Bei den Rotationen waren von 460 (62%) erfolgreich durch den Positioner behandelten Zähnen 234 erfolgreich bewegt worden, bei insgesamt 226 Zähnen konnte das durch die vorhergehende Behandlung erzielte Ergebnis, wie im Setup gewünscht, erfolgreich gehalten werden.  
In der Sagittalen stellten 261 Umstellungen und 94 Retentionen (insges. 48%) die erfolgreiche Gruppe.  
In der Transversalen wurden 262 Zähne erfolgreich umgestellt, 108 erfolgreich retiniert (insges. 50%).
- Die Durchschnittswerte der erreichten Bewegungen lagen bei ca. 5° Rotation, 0,6 mm Bewegung in der Sagittalen und 0,4 mm in der Transversalen; Mediane und Perzentile zeigen die Boxplotdiagramme:

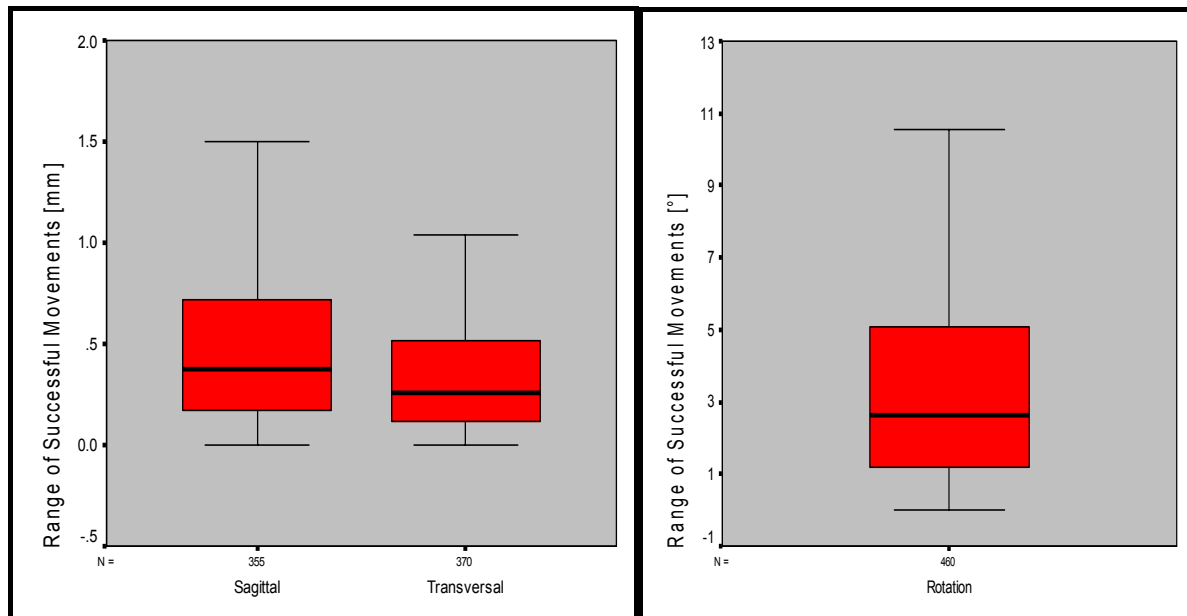


Abbildung 22: Boxplots zu den Zahnbewegungen

- Eine Überkorrektur im Setup ist für optimale Ergebnisse nötig.
  - Auffällig waren die Unterschiede in der Erfolgsrate zwischen den einzelnen Patienten. Sie umfassten das Intervall zwischen 42 % und 79 % bei den Rotationen, 25 % - 86 % in der Sagittalen und 12,5 % - 80 % in der Transversalen. Die Ergebnisse in der Sagittalen und in der Transversalen waren statistisch signifikant ( $p < 0,01$ ). Tendenziell hatten Patienten mit schlechten Ergebnissen in der Transversalen auch schlechte Ergebnisse in der Sagittalen.
  - Die Dauer der Behandlung zeigte signifikanten ( $p < 0,01$ ) Einfluss auf den Erfolg des Positioners: kürzere Behandlungen (weniger als 90 Tage) waren erfolgreicher als längere ( $> 90$  Tage): In der Sagittalen stand eine Erfolgsrate von 53.1% für kürzere Behandlungen 44.8% für Langzeitbehandlungen gegenüber. Noch deutlicher war das Ergebnis in der Transversalen: 60.5 % vs. 43.2 %.
- Ebenso ließ sich eine signifikante ( $p < 0,01$ ) Abhängigkeit der Ergebnisse zum Geschlecht der Patienten finden. So konnte man bei den weiblichen Patienten in Bezug auf die Sagittale (♀ 51.1%, ♂ 40.3%) und in Bezug auf die Transversale (♀ 53.8%, ♂ 40.8%) mehr erfolgreiche Bewegungen finden.
- Das Alter und die Vorbehandlung als Ex- oder Non-Ex-Kasus hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf die Erfolgsrate.

## 6. DISKUSSION

### 6.1. Überlegungen zur Evaluation des Positioners

Die Beurteilung eines kieferorthopädischen Behandlungsgerätes kann grundsätzlich auf mehrere Weisen erfolgen: Es können die Befunde vor und nach dem Geräteeinsatz miteinander verglichen werden. Waren vor dem zu untersuchenden Gerät noch andere Geräte im Einsatz, können diese Befunde auch noch in Beziehung zum Befund vor kieferorthopädischer Intervention gesetzt werden.

Weiterhin kann jeweils die klinische Situation betrachtet werden, es können aber auch die Ergebnisse bildgebender Verfahren oder Kiefermodelle beurteilt werden oder Kombinationen aus den genannten Verfahren angewandt werden.

Eine Studie kann zudem prospektiv oder retrospektiv ausgerichtet sein.

Eine In-vitro-Untersuchung eines kieferorthopädischen Behandlungsgerätes erscheint nur im Hinblick auf die Materialeigenschaften sinnvoll.

In der vorliegenden Studie wurde die Form der retrospektiven Studie gewählt. Da das verwendete Positionermaterial und der Herstellungsprozeß der Apparatur, Patienteninstruktion und Behandlungsziel bei allen untersuchten Positionern vergleichbar waren, hätte sich auch aus einer prospektiv angelegten Studie kein bedeutender Vorteil ableiten lassen.

Auf die Auswertung röntgenologischer Unterlagen wurde hier verzichtet, einerseits, weil normalerweise die Positionerbehandlung im Sinne der Reduktion der Strahlenbelastung nicht durch Röntgenaufnahmen dokumentiert wird, andererseits, weil die Aussagekraft von Fernröntgenseitenbildern oder Orthopantomogrammen in Bezug auf relativ kleine Zahnstellungsänderungen kritisch zu beurteilen ist [49], [97], [98] und Bewegungen wie Rotationen gar nicht erfassbar wären.

So wurde hier eine Kombination aus den klinischen Befunden zur Vorauswahl der Studienpatienten – Karteikarteneinträge zur vorausgegangenen Behandlung und Patientcompliance – und der Untersuchung von Gipsmodellen gewählt.

Beim Positioner ist in Bezug auf die Untersuchung von Modellen interessant, dass das dreidimensionale Ziel der Behandlung durch das Setup-Modell dokumentiert und direkt

auswertbar ist. Das macht es möglich, Abweichungen vom Wunschziel quantifizierend zu beschreiben.

## 6.2. Patienten

Die Patienten wurden zufällig aus dem Patientengut ausgewählt. Jedoch mussten die bereits unter Punkt 4.1. erwähnten Kriterien erfüllt sein.

Die Altersverteilung der in dieser Studie untersuchten Patienten entspricht annähernd der repräsentativen Werteverteilung, die FÄBLER [27] für die Poliklinik für Kieferorthopädie München feststellen konnte. Allerdings ist der Gipfel der Alterverteilung um ca. 6 Jahre verschoben, was dadurch erklärt wird, dass FÄBLER das Alter bei der kieferorthopädischen Erstberatung erhob, in dieser Studie jedoch Patienten mit nahezu abgeschlossener kieferorthopädischer Behandlung untersucht wurden. So war der Median des Patientenalters zum Zeitpunkt der Herstellung der Schlussmodelle ähnlich dem in der Untersuchung von KLEIN [52].

Die Geschlechtsverteilung war nicht ausgeglichen. Allerdings konnte in der Studie zur Zahnbewegung von WEILAND [126] keine Geschlechtsabhängigkeit festgestellt werden.

## 6.3. Auswertungsmethode

### 6.3.1. Herkömmliche Auswertungsmethoden

Ein Index-System, mit dem der Behandlungserfolg in einzelnen Kategorien bewertet werden kann, bietet durch die deskriptive Kategorisierung der Daten den Vorteil der einfacheren statistischen Auswertung. Das bestehende Indexsystem der kieferorthopädischen Indikationsgruppen (KIG) ist nicht auf wissenschaftliche Anwendung ausgerichtet und zu ungenau, da es für die orientierende Ermittlung eines kieferorthopädischen Behandlungsbedarfes entwickelt wurde.

Die von KOCH und BARTSCH [53] validierte Methode nach EISMANN [24] zur wissenschaftlichen Bewertung des Erfolges kieferorthopädischer Behandlungen anhand eines Indexsystems konnte ebenfalls keine Anwendung finden, da sie so kleine Veränderungen, wie sie der Positioner bewirkt, nahezu nicht erfassen kann.

Auch der Peer Assessment Rating (PAR) Index [82] als ein okklusaler Index, mit dem beschrieben wird, inwieweit eine Patientenzahnreihe in Bogenform und Okklusion von Normgrößen abweicht [28], konnte hier nicht angewendet werden. Anhand von Gipsmodellen vom Behandlungsbeginn und vom Behandlungsende den Behandlungserfolg zu quantifizieren, wäre zwar von der Konzeption hier verwendbar gewesen, doch hätten die positionerinduzierten Bewegungen die Indexbewertung nicht maßgeblich beeinflusst.

Zusätzlich zur deskriptiven Auswertung der eingetretenen Ergebnisse sollte in dieser Studie ermittelt werden, welche Zahnbewegungen der Positioner durchzuführen im Stande ist und welches Ausmaß die im Setup gewünschten Zahnstellungsänderungen haben durften.

Auch zu entscheiden galt es, ob Modelle oder Fernröntgenseitenbilder ausgewertet werden sollten. Zur Genauigkeit von Modellanalysen gegenüber Analysen am Fernröntgenseitenbild stellten SCHENK ET AL. [97], [98] fest, dass Analysen am Fernröntgenseitenbild den Nachteil haben, dass schon eine geringe Veränderung der Projektionsrichtung nicht nachvollziehbare Verzerrungen produziert.

Das und die relativ geringen durch den Positioner hervorgerufenen Zahnstellungsänderungen wie auch die eingeschränkte Darstellbarkeit der zu beurteilenden Zähne auf Röntgenbildern zwingen zur Wahl der Modellauswertung.

Das kann auf verschiedene Weisen erfolgen. Klassisch mit der Schieblehre oder ähnlichen Messverfahren. Zur Schieblehre bemerkten MIRAS und SANDER [69], dass sie schon bei der Vermessung von mesiodistalen Breiten und damit von Strecken eine Pseudogenauigkeit suggeriere und deshalb zu einer wissenschaftlich orientierten Modellvermessung nur bedingt geeignet sei. Eine dreidimensionale Vermessung, so wie sie diese Autoren zeigten, bietet Vorteile bei der Planung kieferorthopädischer Fälle, da dabei bei schweren Fehlstellungen in der okklusalen Ansicht verdeckte Messpunkte trotzdem mit korrekten x- und y-Koordinaten, bezogen auf die Kauebene, wiedergegeben werden. Da es sich bei den untersuchten Modellen jedoch ausnahmslos um Fälle nach erfolgter Multibandbehandlung handelt, erschien die zweidimensionale Betrachtungsweise hier ausreichend.

SANDER und TOCHTERMANN [95] verwenden in ihrer Studie zur dreidimensionalen Modellvermessung eine lasergestützte Meßmethode und ein Messmikroskop oder vermessen vorher angefertigte Hologramme. Solche berührungslosen Meßmethoden bieten ausreichende Genauigkeit und den Vorteil, keine Beschädigungen am Modell zu verursachen.

Diese technisch aufwendigen und teuren Apparaturen standen jedoch nicht zur Verfügung.

So wurde eine andere, neue Möglichkeit für die Auswertung der Positionereffekte entwickelt.

### 6.3.2. Neue Auswertungsmethode

Bei der Entwicklung der neuen Auswertungsmethode stand im Vordergrund, möglichst kosteneffizient eine hohe Genauigkeit zu erreichen. Weiter sollte die große anfallende Datenmenge automatisiert digital ausgewertet werden können, um betrachterabhängige Einflüsse auszuschalten.

So wurden die möglichen Einflussfaktoren durch Vorversuche sukzessiv auf ihren Einfluss auf die Messgenauigkeit überprüft.

In Vorversuchen wurde ermittelt, ob eine Neigung des einzuscannenden Modells Einfluss auf die Genauigkeit der Messung hat. So konnte bei Neigungsvariationen bis  $15^\circ$  kein signifikanter negativer Einfluss festgestellt werden, so dass dieser Faktor keine weitere Berücksichtigung fand. Bei der Definition und Eingabe der Messpunkte wurde durch die signifikant genauere digitale Markierung mit auf zwei Computermonitoren simultan erfolgender Festlegung der Punkte versucht, die Voraussetzung für sehr genaue Messungen zu schaffen.

Da für die Erfassung von Veränderungen ein Referenzsystem nötig ist, wurde in Vorversuchen nach einer Möglichkeit gesucht, das herkömmliche, an anatomischen Punkten orientierte System für die Messung sehr kleiner Zahnstellungsänderungen und den Vergleich mehrerer, an verschiedenen Zeitpunkten erstellter Gipsmodelle zu verbessern.

Bei der zuerst entwickelten Methode „5-ModellPositioner“ wurde die Referenzgerade, wie allgemein üblich, im Oberkiefer durch die Raphe mediana in ihren Festlegungspunkten bestimmt (vgl. [38], [99], [103]). Die Probleme sind einerseits die exakte Übertragung auf den Unterkiefer, die bei einartikulierten Modellen relativ fehlerbehaftet ist, andererseits, dass die Punkte, die zur Festlegung benutzt werden, selbst nicht unveränderlich sind [36], [110], [119]. Weiterhin ergibt sich das Problem, dass der Fehler, der sich aus ungenauer Punkteingabe der die Gerade bestimmenden Punkte ergeben kann (z.B. aufgrund nicht auf allen Modellen gleich sichtbaren Gaumenfalten, Symphysengruben lingual der medialen Inzisivi im Unterkiefer, Blasen im Gips usw.), die Ergebnisse bei allen Messungen in hohem Maße beeinflusst. So wurde über eine Mittelung der Strecken korrespondierender Messpunkte und weitere Mittelungen dieser Mittelungen usw. ein System gefunden, das eine mathematische Symmetriegerade als Referenzsystem berechnet. Diese erwies sich der durch die Raphe mediana vorgegebenen Symmetriegerade als signifikant überlegen.



Für die rationelle Auswertung der angefallenen Daten wurde im Programm SPSS ein Makro programmiert, das die automatisierte Zuordnung zu den vorher definierten Ereignisräumen erlaubt. Dabei musste ein Messfehler in die Methode in die mathematische Auswertungsmethode mit einbezogen werden. Dies mag a priori verwundern, da dies auf die Ergebnisse möglichen Einfluss haben mag. Zu entgegnen ist, dass bei einer mathematischen Auswertung der Daten ohne Einbeziehung des Messfehlers das Ereignis „Zahn hat sich nicht bewegt“ real nie eintreten würde, da dazu die gemessenen Differenzen exakt Null sein müssten. Weiterhin wurde stichprobenartig überprüft, wie weit sich die Endergebnisse bei verschiedenen Werten aus dem Messfehlerintervall unterscheiden. Es konnte festgestellt werden, dass die Größe des Wertes nur einen relativ geringen Einfluss hat.

Die Größe des hier ermittelten Messfehlerwertes entspricht jenen, die in der Literatur für Modellvermessungen [87] und für einen 3D-Laserscanner [64] angegeben werden.

#### 6.4. Mögliche Einflüsse auf den Positioniererfolg

Unter allen möglichen Einflüssen ist sicherlich der bedeutsamste die Patientencompliance, welche unmittelbar Einfluß auf die tägliche Tragedauer hat und somit auf die kontinuierliche Wirkzeit der Apparatur. Diese bestimmt ja nach Ansicht der meisten Autoren [11], [37], [56], [91] den Erfolg der Positionerbehandlung. Das muss unter dem Aspekt betrachtet werden, dass die Zähne in der Zeit ohne Führung durch den Positioner wieder dem Muskelspiel, den Okklusionsbeziehungen und der Restdehnung der Sharpeyschen Fasern des Desmodnonts ausgesetzt sind. Diese Einwirkungen können jedoch nicht objektiv beurteilt werden, da es für den Positioner keine Möglichkeit gibt, die Verweildauer im Patientenmund, außer durch den Patienten, aufzuzeichnen und auszuwerten.

Auch die von GERKHARDT und WEBER [31] für den Funktionsregler Ib nach Fränkel gezeigte Möglichkeit, über die Tiefe der Impressionen in der Wangenschleimhaut auf die Tragedauer zu schließen, konnte für die Beurteilung beim Positioner nicht herangezogen werden.

Weiterhin bedeutsam für den Positioniererfolg mag auch die Materialauswahl sein. Nach den vorliegenden Materialstudien [17], [88], [89], [124], [125] sind die Unterschiede in den Materialparametern erheblich. Auch die Art der Anfertigung respektive die Schichtstärke des verwendeten Materials kann sich zusammen mit Art und Umfang der geplanten Bewegungen auf den Erfolg auswirken [88], [89].

Auch von Bedeutung für die Wirksamkeit des Positioners sind Art und Ausmaß der Vorbehandlung. Da ein relativ hoher Lockerungsgrad nach Multibandbehandlung nach Aussage der meisten Autoren [25], [47], [48], [123], [126], [127] einen hohen Einfluss auf die Effektivität hat, wurden nur Patienten ausgewählt, bei denen der Positionerbehandlung eine Multibandbehandlung unmittelbar vorausging.

## 6.5. Beurteilung der Ergebnisse

### 6.5.1. Rotationen

Es konnte durch die Ergebnisse dieser Studie gezeigt werden, dass der Positioner ein gutes Vermögen hat, Zähne an der Rotation zu hindern, aber auch Zähne aktiv zu rotieren. Das steht im Widerspruch zu den Untersuchungen von MISCHLER [70] und VAN DEN HOEK [118]. Das kann damit erklärt werden, dass in der vorliegenden Studie relativ viele erfolgreiche, aber in ihrem Ausmaß sehr kleine Setup-korrelierte Rotationen unter Positionerbehandlung festgestellt wurden. Diese sind jedoch mit anderen, weniger sensiblen Untersuchungsmethoden nicht erfassbar.

Andererseits haben auch LEW [59], STEINHÄUSER und JANSON [113] und WELLS [127] nach ihren Untersuchungen den Positioner für Rotationen speziell im Frontzahnbereich empfohlen. Das kann durch die 234 erfolgreichen Zahnbewegungen im Rahmen dieser Studie unterstützt werden. Interessant sind auch die hohen Erfolgsraten im Molarenbereich, was speziell bei den 2. Molaren dadurch erklärt werden kann, dass die Zähne beim Erreichen der Kauebene durch den Positioner geführt wurden.

In der Retention erreicht der Positioner eine Erfolgsquote von ca. 45 % bei den Rotationen.

### 6.5.2. Sagittale Effekte

In der Sagittalen sind bei 261 Zähnen im Mittel Zahnstellungsänderungen von ca. 0,6 mm erreicht worden. Vor dem Hintergrund, dass die meisten Zahnbögen vor der Positionerbehandlung nur wenig Restlücken aufwiesen, ist das Vermögen des Positioners, derart große Veränderungen über den gesamten Zahnbogen relativ häufig zu erreichen, beeindruckend. So scheint es durchaus nicht abwegig, dass mit dem Positioner eine gute Verzahnung bei Einstellung einer zentrischen Kondylenlage herbeigeführt werden kann, wie dies BARNETT [6] und ROTH [91] beschreiben. Allerdings ist die Retentionsfähigkeit des

Positioners in Bezug auf die Sagittale mit einer Rate von nur 94 erfolgreich retinierten zu 477 zu retinierenden Zähnen als eingeschränkt zu bezeichnen. Speziell die schlechte Erfolgsrate in der Unterkieferfront zeigt, dass eine ausreichende Angriffsfläche für die Positionerwirkung essentiell ist.

Das Ergebnis in Hinblick auf sagittale Veränderungen bei Frontzähnen, speziell der unerwünschten Veränderungen und der Tatsache, dass im Oberkiefer der Zahnbogen in 71% der Fälle komprimiert wurde, lässt schließen, dass die oftmals beschriebenen Verlängerungen in der Oberkieferfront auch durch Tipping entstanden sein könnten, und die Inzisalkante bei einer Rotation um die Wurzelspitze mit Aufrichtung des Zahnes kaudalwärts kam.

Viele Autoren halten eine körperliche Bewegung und Intrusion mit dem Positioner nicht möglich, so dass dies obige These zusätzlich stützt.

### 6.5.3. Transversale Effekte

Es zeigte sich in dieser Studie zwar die Möglichkeit, auch transversale Bewegungen mit dem Positioner durchzuführen. Eine mittlere Bewegung von ca. 0,4 mm pro Zahn bei 262 Zähnen, bezogen auf die Kiefermitte, lässt es jedoch entgegen den Berichten von BERGERSEN [9], LEW [59], MISCHLER und DELIVANIS [70], OLIVER [73], ROTH [90] und WARUNEK ET AL. [124] nicht möglich erscheinen, mit dem Positioner auch seitliche Kopf- oder Kreuzbisse zu beseitigen. Der Vorteil des Positioners, die interokklusalen Beziehungen durch die Bissperrung aufzuheben, scheint dabei nicht in der erwünschten Weise Erfolg zu zeigen. Dennoch lassen die Werte den Schluß zu, dass die Interkuspidation mit dem Positioner verbessert werden kann, da selbst sehr geringe Zahnbewegungen durch die dreidimensionale Struktur der Kauflächen die Verzahnung der Ober- und Unterkieferzähne stark beeinflussen kann.

Da in der Transversalen 262 erfolgreiche Bewegungen und 108 Retentionen 368 Rezidiven gegenüberstehen, darf auch hier das Retentionsvermögen des Positioners als nicht ausreichend bezeichnet werden.

### 6.5.4. Weitere Effekte

Was die Erfolgs- und Rezidivraten im Ganzen angeht, so stimmen die Ergebnisse dieser Studie in Bezug auf die Zahnposition mit jenen von VAN DEN HOEK [118] überein. Was die Rotationen angeht, so kann, wie erwähnt, hier über bessere Ergebnisse berichtet werden.

Insgesamt kann aus den Ergebnissen geschlussfolgert werden, dass prinzipiell alle Zähne mit dem Positioner bewegt werden können. Dabei scheint eine möglichst große Kontaktfläche zwischen Zahn und Positioner wie auch eine möglichst nicht drehrunde Form bei Rotationen wesentlichen Einfluss auf den Erfolg zu haben. Die große Zahl an Misserfolgen oder Rezidiven lässt sich auch darauf zurückführen, dass die Zähne bei realistischer Betrachtung der Tragedauer täglich längere Zeit dem freien Spiel der Kräfte ohne Führung durch den Positioner ausgesetzt waren.

Da die Erfolgsrate für die einzelnen Patienten relativ unterschiedlich ist, aber keine signifikanten Korrelationen mit dem Alter und somit dem Mineralisierungsgrad des Knochens oder anderen anamnestischen Parametern gefunden werden können, sind die Unterschiede auf einen leider nicht hinreichend objektivierbaren Unterschied in der Patientencompliance zurückzuführen. Nachdem aber keine anderen signifikanten Einflussfaktoren gefunden werden konnten, die diese Heterogenität erklären lassen, muss als entscheidender Faktor die leider nicht objektiv quantifizierbare individuelle Tragedauer des Geräts durch die einzelnen Patienten diskutiert werden, zumal trendmäßig dieselben Patienten bei den verschiedenen Bewegungen jeweils gute oder schlechte Erfolgsraten aufwiesen.

Jedoch konnte ein Korrelationstest nach Pearson nur schwache Korrelationen ( $K < 0.5$ ) zwischen den Erfolgsraten in den einzelnen Kategorien bei den jeweiligen Patienten aufdecken. So scheinen bei manchen Patienten Rotationen, bei anderen Transversal- oder Sagittalbewegungen besser zu gelingen. Inwieweit das von der Vorbehandlung des jeweiligen Zahnes oder von den individuellen Patientencharakteristika abhängt, konnte hier nicht endgültig geklärt werden.

Zu bemerken bezüglich der Compliance ist auch, dass die Erfolgsrate in Bezug auf die Zähne weit (=intraindividuell) weniger stark streute als die interindividuelle Streuung. Deswegen muss daran gedacht werden, dass sich auch durch natürliches Settling die Zahnstellung verändert haben könnte, was bei dem vorliegenden Untersuchungsmaterial nicht untersucht werden konnte. Dies kann allerdings dazu beigetragen haben, dass die jeweiligen Behandler den Patienten dieser Studie fälschlicherweise eine gute Compliance attestierten. Andererseits ist durch den Behandler eine Zahnstellungsänderung zwischen den Kontrollterminen bis auf eine Verbesserung der Verzahnung vor allem intraoral sehr schwer festzustellen, da es selbst auf den hier vorliegenden, optimal getrimmten Modellen schwer war, mit dem bloßen Auge Unterschiede zu erkennen. So kann die Tatsache erklärt werden, dass trotz vorheriger Selektion der Patienten nach den Karteikarteneinträgen der Behandler zur Compliance auch inkooperative Patienten wie z.B. Patient 21 den Weg in diese Nachuntersuchung fanden.

Neben der reinen Tragedauer ist aber das Ausmaß des aktiven Übens mit dem Gerät durch Einbeißen bei der Erfolgsbetrachtung zu diskutieren, was nach Ansicht vieler Autoren (z.B. ASCHER [5]) deutlich zum Positioniererfolg beiträgt. So setzt KISER [50] das Tragen über die ganze Nacht gleich mit 1 h Einbeißübungen untermittags. Diese Aussage findet durch die Untersuchungen von SANDER und SANDER [94] eine Fundierung; sie berichten von Schlaflaboruntersuchungen, mit denen für S-II-Apparaturen, die mit einer vergleichbaren Bissperrung arbeiten wie der Positionier, festgestellt wurde, dass manche Patienten teilweise über 80% der Schlafenszeit ihren Mund >6 mm geöffnet haben, so dass kein Effekt durch das herausnehmbare Gerät zu erwarten sein kann.

## 6.6. Schlussfolgerung und Ausblick

Mit dem Positionier können in kurzer Zeit relativ große Zahnbewegungen vorgenommen werden [9]. Eine Überkorrektur im Setup von mindestens einem Drittel größer als dem gewünschten Ergebnis ist dazu nötig, wie dies laut ZACHRISSON [135] bei jeder orthodontischen Zahnbewegung einzuplanen ist.

Eine Positionierbehandlung scheint in ihrem Erfolg mehr abhängig von der Mitarbeit des Patienten als von allen anderen Parametern wie Alter, Geschlecht, Zahnart, usw. zu sein [33]. Daher muss der Patient hinsichtlich einer guten Compliance motiviert werden. Ein auf kurzen, aber intensiven Positioniereinsatz zielendes Behandlungskonzept wie das von BOWMAN und CARANO [11] ist daher zu favorisieren, auch wenn man geneigt sein mag, den relativ teuren Positionier für längere Zeit einzusetzen.

Danach sollte sich eine Phase mit konventionellen Retentionsgeräten anschließen, in der das Settling ohne beim Positionier auftretende Jiggling-Effekte erfolgen kann.

Zusätzlich kann auch, wie von GRABER und VANARSDALL [36] beschrieben, die Stellung der Unterkieferfront während der Positionierbehandlung mit einem geklebten Drahtretainer gehalten werden.

Wie weit die unerwünschten Ergebnisse vom vorhergehenden Behandlungsverlauf und den damit einhergehenden Zahnstellungsänderungen in Verbindung zu setzen sind, konnte in dieser Studie nicht untersucht werden.

Mit der hier vorgestellten Auswertungsmethode ist eine hinreichend genaue, kostengünstige und einfache Methode beschrieben worden. Mit ihr sollte, um die Vermessung eines Modells

mit bleibenden Zähnen vor reiner Multiband-/Multibracketbehandlung erweitert, die Frage in einer weiteren Untersuchung beleuchtet und geklärt werden können, ob es während der Positionerbehandlung zu Rezidiven kommt oder die beobachteten Veränderungen keinen Bezug zu vorangegangenen orthodontischen Zahnbewegungen haben.

Weiterhin könnten damit auch in einer Kontrollgruppe die nach Abschluß einer Multiband-/Multibracketbehandlung ohne weitere Geräteeinwirkung auftretenden Zahnstellungsänderungen gemessen werden.

Interessant wäre es auch, mit dieser Methode den Ablauf einer Invisalign-Behandlung mitzuverfolgen, um damit die Indikationsgebiete besser einschätzen zu können.

Ausserdem könnten mit der beschriebenen Auswertungsmethode, die non-invasiv ist und keine Strahlenbelastung verursacht, Patienten ohne kieferorthopädische Behandlung über mehrere Jahre zu beobachtet werden und so Daten zu physiologischen Zahnbewegungen gewonnen werden.

Weiterhin von Interesse wäre es, Bioplast<sup>®</sup>-Positioner und z. B. Positioner aus Odontosil bezüglich Ergebnis und Wurzelresorptionen, speziell bei umfangreicheren Zahnbewegungen, zu vergleichen. Für alle in-vivo Messungen sollte aber eine Möglichkeit gefunden werden, die tatsächliche Tragedauer objektiv messen zu können, damit diese große Unbekannte der Positioner-Nachuntersuchung ausgeschaltet werden kann. Eine solche Messeinrichtung wäre natürlich auch für jede andere Untersuchung zu herausnehmbaren kieferorthopädischen Geräten äußerst wünschenswert.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

**Ziel:** Das Ziel dieser retrospektiven Modellstudie war die Eingrenzung des Wirkungsspektrums und damit der Behandlungsmöglichkeiten mit dem Positioner. Die Gewinnung und Verarbeitung der dazu benötigten Daten und Messungen sollte digital mit Hilfe einer für diesen Zweck entwickelten computergestützten Methode erfolgen.

**Patienten und Methoden:** 738 Zähne von 28 zufällig ausgewählten Positionerpatienten der Abteilung für Kieferorthopädie der LMU München wurden über den Zeitraum der Positionerbehandlung untersucht. Dazu wurden die Modelle vom Abschluss der Multibandbehandlung, die Setup-Modelle und die Modelle vom Abschluss der Positionerbehandlung digitalisiert und anschließend im Programm DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> vermessen. Die Messergebnisse wurden mit Hilfe mathematischer Formeln kategorisiert und statistisch mit Hilfe nicht parametrischer Tests ausgewertet.

**Ergebnisse:** Die neuentwickelte *Methode* auf Basis des Programms DiagnoseFix 2001<sup>©</sup> ist kostengünstig, ausreichend genau und erweiterbar. Sie erlaubt die einfache und schnelle Berechnung von Strecken und Winkeln aus zweidimensionalen digitalen (Modell-) Ablichtungen. Eine mathematisch errechnete Symmetriegerade ist als Referenz für Modell-Vermessungen besser als die Raphe-Mediana.

Der *Positioner* kann unerwünschte Zahnbewegungen nicht effizient verhindern. Er kann jedoch Zähne überwiegend kontrolliert gemäß dem Setup in sagittaler und transversaler Dimension bewegen und auch rotieren. Das Ausmaß der Bewegungen ist weitgehend unabhängig von anamnestischen Parametern wie dem Alter oder Geschlecht des Patienten. Immer scheint eine Überkorrektur im Setup von mindestens einem Drittel nötig.

Die mit dem Positioner durchgeführten erfolgreichen Zahnbewegungen lagen im Mittel bei ca. 4,9° Rotation, 0,6 mm Bewegung in der Sagittalen und 0,4 mm in der Transversalen.

Die durchschnittliche Erfolgsrate lag bei 62 % der Fälle bei den Rotationen, bei 48 % in der Sagittalen und 50 % in der Transversalen. Die teilweise großen interindividuellen Unterschiede waren signifikant ( $p < 0,01$ ).

**Schlussfolgerungen:** Der Bioplast<sup>®</sup>-Positioner kann erfolgreich in der Justierungsphase einer kieferorthopädischen Behandlung auch für Stellungskorrekturen eingesetzt werden. Er sollte nur für kurze Zeit benutzt werden. Danach sollten Retentionsgeräte zum Einsatz kommen.

**Schlüsselwörter:** Kieferorthopädie, Positioner, Elasto-KFO, computergestützte Auswertung kieferorthopädischer Behandlungsunterlagen

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

1. *Alexander, R. G.*: The Alexander Discipline -- Contemporary Concepts and Philosophies, Ormco Corporation, Glendora, CA 1986. 442-443.
2. *Alraun, E.*: Vom Naturkautschuk zum Elastomer -- Praktische Erfahrung mit weichbleibenden Kunststoffen für Positioner. Quintessenz Zahntech 15, 1185-90 (1989).
3. *Andersen, C. E., Schramm, E.*: The bioplast positioner: a new production method. J Clin Orthod 10, 692-7 (1976).
4. *Andrews, L. F.*: The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 62, 296-309 (1972).
5. *Ascher, F.*: Praktische Kieferorthopädie, Urban & Schwarzenberg, München 1968.
6. *Barnett, J. W.*: The centric relation tooth positioner. Its use as a finishing appliance for modern orthodontics. J Clin Orthod 12, 24-37 (1978).
7. *Begg, P. R., P. C. Kesling.*: Begg orthodontic theory and technique, 3. Aufl., W. B. Saunders, Philadelphia, PA 1977. 654-657
8. *Bekeny, A. R., De Marco, T. J.*: The effects of the rubber tooth positioner on the gingiva of orthodontic patients during retention. J Periodontol 42, 300-5 (1971).
9. *Bergersen, E. O.*: Der vorgefertigte Positioner, Eigenverlag Dr. Axel Georg, Dortmund 1981.
10. *Bortz, J.*: Statistik für Sozialwissenschaftler, Springer, Berlin 1999.
11. *Bowman, S. J., Carano, A.*: Short-term, intensive use of the tooth positioner in case finishing. J Clin Orthod 36, 216-9 (2002).
12. *Boyd, R., H.-D. John.*: Die Invisalign Methode -- Videofortbildung, Align Technologies Germany, Düsseldorf 2001.
13. *Brachwitz, J., Miethke, R.-R.*: Die Entwicklungsgeschichte von Align Technology. Kieferorthopädie Sonderheft Invisalign 55-6 (2001).
14. *Brewka, R. E.*: Pantographic evaluation of cephalometric hinge axis. Am J Orthod 79, 1-19 (1981).
15. *Chiappone, R. C.*: Constructing the gnathologic setup and positioner. J Clin Orthod 14, 121-33 (1980).
16. *Christensen, G. J.*: Orthodontics and the general practitioner. J Am Dent Assoc 133, 369-71 (2002).
17. *Collett, A. R., Cook, W. D., West, V. C.*: Mechanical properties of some polymer materials used for tooth positioners. Aust Dent J 39, 298-305 (1994).
18. *Cooke, M. S., Wreakes, G.*: Orthodontic decalcification, the ultrasonic instrument, and the premade positioner. A new orthodontic triad. Br J Orthod 5, 157-9 (1978).



19. *Cottingham, L. L.*: Gnathologic clear plastic positioner. Am J Orthod 55, 23-31 (1969).
20. *Cunat, J. J., Strychalski, I. D., Warunek, S. P.*: The use of silicone elastomeric positioner-type appliances in space closure: three case reports. Am J Orthod Dentofacial Orthop 100, 306-11 (1991).
21. *Droschl, H., Permann, I., Bantleon, H. P.*: Changes in occlusion and condylar positioning during retention with a gnathologic positioner. Eur J Orthod 11, 221-7 (1989).
22. *Durbin, D. S., Sadowsky, C.*: Changes in tooth contacts following orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 90, 375-82 (1986).
23. *Efstratiadis, S. S.*: An American Board of Orthodontics case report. Treatment of an open bite malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 98, 94-102 (1990).
24. *Eismann, D.*: Numerische Erfolgsbewertung kieferorthopädischer Therapie, Med. Habil.-Schrift, Dresden 1969.
25. *Elsasser, W. A.*: Some Observations of the History and Use of the Kesling Positioner. Am J Orthod 36, 368-74 (1950).
26. *Ernst, K.*: Die Herstellung des Impulsators. Zahnarztl Welt Zahnarztl Rundsch ZWR Zahnarztl Reform 6, 161-2 (1950).
27. *Fäßler, F.*: Die Befundvariation in der kieferorthopädischen Praxis, Med. Diss. LMU München, München 1999.
28. *Firestone, A. R., Beck, F. M., Beglin, F. M., Vig, K. W.*: Evaluation of the peer assessment rating (PAR) index as an index of orthodontic treatment need. Am J Orthod Dentofacial Orthop 122, 463-9 (2002).
29. *Frass, K.*: Das Set-up Modell -- Geeignetes Material verbessert die Ergebnisse. Dent Labor (München) 37, 59-62 (1989).
30. *Gazit, E., Lieberman, M. A.*: Occlusal contacts following orthodontic treatment. Measured by a photocclusion technique. Angle Orthod 55, 316-20 (1985).
31. *Gerhardt, K. D., Weber, A.*: Die vergrößerte Frontzahnstufe, Vortrag V7 anlässlich der 76. Jahrestagung der DGKFO in München ([www.dgkfo2003.de](http://www.dgkfo2003.de)) (2003).
32. *Gernet, W.*: Funktionsanalysen im stomatognathen System: Vergleichende Untersuchungen, Hanser, München 1982.
33. *Gottlieb, E. L.*: Success and failure with the positioner appliance. Report of 100 cases. JPO J Pract Orthod 2, 506-22 (1968).
34. *Graber, T. M., B. Neumann.*: Removable orthodontic appliances, WB Saunders, Philadelphia - London - Toronto 1977. 114.
35. *Graber, T. M., B. F. Swain.*: Orthodontics - Current principles and techniques, The C.V. Mosby Company, St. Louis - Toronto - Princeton 1985. 895-897.

36. *Graber, T. M., R. L. Vanarsdall.*: Kieferorthopädie - Grundlagen und moderne Therapiekonzepte, Urban & Fischer, München - Jena 1999.
37. *Hasund, A.*: Skriptum des Propädeutischen Kursus für die Kieferorthopädie, Abteilung für Kieferorthopädie an der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-Mund- und Kieferkrankheiten, Hamburg, Hamburg, 164-170 (1981).
38. *Hausser, E.*: Das Verhältnis zwischen Gaumenfalten und Zähnen. DZZ Deutsche Zeitschrift für Zahnheilkunde 18, 1016-21 (1950).
39. *Hawley, C. A.*: A removable retainer. Dent Cosmos 61, 449 (1919).
40. *Haydar, B., Ciger, S., Saatci, P.*: Occlusal contact changes after the active phase of orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 102, 22-8 (1992).
41. *Hinz, R.*: Das Elasto-KFO-System -- Eine Weiterentwicklung des Positioners. Prakt Kieferorthop 5, 179-88 (1991).
42. *Hoffmann, T., Grosse, P.*: Einfluß unterschiedlicher Positionerarten auf die Kondylenlage. Inf Orthod Kieferorthop 14, 91-101 (1982).
43. *Jagoda, D., Neumayer, B.*: Automatisierungsvorschläge für die kieferorthopädische Modellanalyse mittels elektronischem Meßschieber. Prakt Kieferorthop 5, 153-8 (1991).
44. *Janson, I.*: Bionator-Modifikationen in der kieferorthopädischen Therapie, Carl Hanser Verlag, München 1987.
45. *Kahl-Nieke, B.*: Retention, Stabilität, Rezidiv. In: *Diedrich, P.* (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde, Band 12, Kieferorthopädie III, 4. Aufl. München 2001, 233.
46. *Kantorowicz, A.*: Vereinfachung und Erweiterung der Pontschen Tabelle. Fortschr Kieferorthop 18, 101-4 (1957).
47. *Kesling, H. D.*: The philosophy of the tooth positioning appliance. Am J Orthod Oral Surg 31, 297-304 (1945).
48. *Kesling, H. D.*: Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. Am J Orthod Oral Surg 32, 285-93 (1946).
49. *Kinast, H.*: Der exakte Nachweis kieferorthopädischer Zahnbewegungen mittels fotometrischer Meßmethode. Fortschr Kieferorthop 37, 332-46 (1976).
50. *Kiser, H. E.*: A method for obtaining patient cooperation in positioner wearing. J Clin Orthod 8, 581 (1974).
51. *Kleemann, P., Janssen, C.*: The speed positioner. J Clin Orthod 30, 673-80 (1996).
52. *Klein, U.*: Stabilität von transversalen und sagittalen Veränderungen im Ober- und Unterkieferzahnbogen nach Abschluß kieferorthopädischer Behandlung mit abnehmbaren Geräten - eine Modellstudie, Med. Diss. LMU München, München 1984.
53. *Koch, R., Bartsch, A.*: Die Bewertung kieferorthopädischer Behandlungen. Überlegungen anhand des Eismann-Verfahrens. Fortschr Kieferorthop 55, 251-60 (1994).

54. *Kondo, E., Aoba, T. J.*: Nonsurgical and nonextraction treatment of skeletal Class III open bite: its long-term stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 117, 267-87 (2000).
55. *Korkhaus, G.*: Orthodontische Diagnostik. *Fortschr Zahnheilk* 8, 719-36 (1932).
56. *Kröniger, C.*: Dentoalveoläre Veränderungen während einer Behandlung mit dem kieferorthopädischen Gerät Positioner in der Justierungsphase - Modellstudie, Med. Diss. LMU München, München 1995.
57. *Küch, A., Hordt, C.*: Optimales Ergebnis durch interdisziplinäres Arbeiten - ein Patientenbericht. *Kieferorthopädie Sonderheft Invisalign* 39-42 (2001).
58. *Kuo, E., Hordt, C.*: Attachments in der Invisalign-Therapie. *Kieferorthopädie Sonderheft Invisalign* 25-8 (2001).
59. *Lew, K. K.*: The orthodontic tooth positioner--an appraisal. *Br J Orthod* 16, 113-6 (1989).
60. *Lindauer, S. J., Shoff, R. C.*: Comparison of Essix and Hawley retainers. *J Clin Orthod* 32, 95-7 (1998).
61. *Lorentz, H.*: Treatment with preformed positioners. *Trans Eur Orthod Soc* 207-13 (1973).
62. *Lou, Z. H.*: [Clinical application of positioner and its fabrication]-English Abstract. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 27, 293-5, 319 (1992).
63. *Manhartsberger, C., Richter, M.*: Der geteilte Positioner. *Zahnärztl Prax* 40, 6-7 (1989).
64. *Mavropoulos, A., Kiliaridis S., Papadoupoulos M.A.*: Dreidimensionale Auswertung der Zahnbewegungen nach simultaner Distalisation der ersten und zweiten Molaren mittels einer intraoralen Apparatur mit minimalem Kooperationsbedarf. Vortrag V18 anlässlich der 76. Jahrestagung der DGKFO in München ([www.dgkfo2003.de](http://www.dgkfo2003.de)) (2003).
65. *McNamara, J. A., Kramer, K. L., Juenker, J. P.*: Invisible retainers. *J Clin Orthod* 19, 570-8 (1985).
66. *Miller, R. J., Duong, T. T., Derakhshan, M.*: Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 36, 95-102 (2002).
67. *Miller, R. J., Hordt, C.*: Behandlung von Patienten mit frontalem Engstand mit Hilfe des Invisalign-Systems - zwei Patientenberichte. *Kieferorthopädie Sonderheft Invisalign* 29-38 (2001).
68. *Mimura, H., Ohnishi, M., Suzuki, H., Ishikawa, T., Handa, H., Miura, F.*: Orthodontic approach to temporomandibular arthrosis. A case report of medial displacement of the articular disk. *Nihon Ago Kansetsu Gakkai Zasshi* 1, 94-109 (1989).
69. *Miras, D., Sander, F. G.*: Die Genauigkeit von Hologrammen im Vergleich zu anderen Modellvermessungen. *Fortschr Kieferorthop* 54, 203-17 (1993).
70. *Mischler, W. A., Delivanis, H. P.*: Comparison study between three tooth positioners. *Am J Orthod* 85, 154-8 (1984).

71. *Müller, H. J.*: Herstellung und Erfahrung mit dem gnathologischen Positioner in der Praxis. Fortschr Kieferorthop 41, 447-50 (1980).
72. *Müßig, H.-D.*: Die unsichtbare Zahnspanne. Bayerisches Zahnärzteblatt BZB 39, 34-6 (2002).
73. *Oliver, R. G.*: Elastodontie -- Ein Fallbericht. Inf Orthod Kieferorthop 3, 373-81 (1990).
74. *Owen, A. H. I.*: Accelerated Invisalign treatment. J Clin Orthod 35, 381-5 (2001).
75. *Permann, I., Bantleon, H. P., Muchitsch, A. P., Droschl, H.*: Der Positioner -- eine Möglichkeit zur Feineinstellung der Okklusion, objektiviert durch Kondymetermessungen der Diskrepanz zwischen IKP und RKP. Fortschr Kieferorthop 50, 530-9 (1989).
76. *Ponitz, R. J.*: Invisible retainers. Am J Orthod 59, 266-72 (1971).
77. *Pont, A.*: Beitrag zum Studium der Behandlung der Atresie der Kiefer. Zeitschr Zahnärztl Orthop 2, 7-15 (1908).
78. *Pont, A.*: Der Zahnindex in der Orthodontie. Zeitschr Zahnärztl Orthop 3, 306-21 (1909).
79. *Rakosi, T., Keller H, Jonas, I., Burgert, R.*: Vereinfachte Konstruktion eines Positioners. Fortschr Kieferorthop 42, 71-4 (1981).
80. *Ramian, C.*: Der Positioner und seine Variationen. Quintessenz Zahntech 23, 807-17 (1997).
81. *Razdolsky, Y., Sadowsky, C., BeGole, E. A.*: Occlusal contacts following orthodontic treatment: a follow-up study. Angle Orthod 59, 181-5 (1989).
82. *Richmond, S., Shaw, W. C., O'Brian, K. D., Buchanan, I. B., Stephens, C. D., Roberts.*: The development of the PAR index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. Eur J Orthod 14, 125-39 (1992).
83. *Ricketts, R. M.*: Occlusion--the medium of dentistry. J Prosthet Dent 21, 39-60 (1969).
84. *Ricketts, R. M., Bench, R. W., Gugino, C. F., Hilgers, J. J. and Schulhof, R. J.*: Die Anwendung des Positioners in der bioprogressiven Therapie. In: *Ricketts, R. M.* (Hrsg.): Bioprogressive Therapie Heidelberg 1988, 244-5.
85. *Rinchuse, D. J., Rinchuse, D. J.*: Active tooth movement with Essix-based appliances. J Clin Orthod 31, 109-12 (1997).
86. *Rinchuse, D. J., Rinchuse, D. J., Dinsmore, C.*: Elastic traction with Essix-based anchorage. J Clin Orthod 36, 46-8 (2002).
87. *Rönnerman, A., Thilander, B.*: Facial and dental arch morphology in children with and without early loss of deciduous molars. Am J Orthod 73, 47-58 (1978).
88. *Rost, D., Schwarze, C. W., Hilgers, R. D.*: Materialeigenschaften der Werkstoffe für Positioner -- eine In-vitro Untersuchung. Fortschr Kieferorthop 54, 71-5 (1993).

89. *Rost, D., Schwarze, C. W., Hilgers, R. D.:* Die Kraftabgabe von Positionern bei unterschiedlicher Schneidezahnprotrusion. Eine In-vitro-Untersuchung. Fortschr Kieferorthop 56, 104-9 (1995).
90. *Roth, R. H.:* The maintenance system and occlusal dynamics. Dent Clin North Am 20, 761-88 (1976).
91. *Roth, R. H., Gordon, W. W.:* Der gnathologische Positioner. Inf Orthod Kieferorthop 13, 125-48 (1981).
92. *Sagner, T. H.:* Computerunterstützte Überlagerung digitaler Fernröntgenseitenbilder, Med. Diss. LMU München, München 2003.
93. *Sander, F. G., Fröhls, M.:* Qualitative und quantitative Bestimmung des Settling-Effektes durch die Positioner-Therapie. Inf Orthod Kieferorthop 21, 311-8 (1989).
94. *Sander, F. G., Sander Ch.:* Die Bedeutung der schiefen Ebene und der Länge der Vorschubstege bei der S-II-Apparatur (ein Vergleich zu anderen Geräten). Vortrag V5 anlässlich der 76. Jahrestagung der DGKFO in München (www.dgkfo2003.de) (2003).
95. *Sander, F. G., Tochtermann, H.:* Dreidimensionale computergestützte Modell- und Hologrammauswertung. Fortschr Kieferorthop 52, 218-29 (1991).
96. *Sauget, E., Covell, D. A. Jr., Boero, R. P., Lieber, W. S.:* Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. Angle Orthod 67, 223-30 (1997).
97. *Schenk, H. J.:* Dreidimensionale Modellanalyse von regelrechten und dysgnathem Gebissen bei Verwendung der Koordinatenmeßtechnik. Fortschr Kieferorthop 50, 81-98 (1989).
98. *Schenk, H. J., Fuchs, G., Wiemann, C., Schröter, R.:* Kieferorthopädische Modellanalyse mit Hilfe verschiedener Verfahren der Koordinatenmeßtechnik. Fortschr Kieferorthop 47, 67-75 (1986).
99. *Schmuth, G. P. F.:* Das Verhalten des parodontalen Bindegewebes bei Zahnstellungsänderungen. Z Stomatol 54, 314-23 (1957).
100. *Schopf, P.:* Curriculum Kieferorthopädie. Band I+II, Quintessenz, Berlin - Chicago - London 2003. Aufl.
101. *Schrems, H. T., Schrems-Adam, G.:* Der Positioner beim offenen Biß. Fortschr Kieferorthop 43, 232-9 (1982).
102. *Schrems-Adam, G., Schrems, H. T.:* Der Positioner -- ein Ersatz für das Einschleifen? Fortschr Kieferorthop 37, 473-8 (1976).
103. *Schwarze, C. W.:* Langzeitstudie über das sagittale Positionsverhalten der ersten Molaren. Fortschr Kieferorthop 33, 93-102 (1972).
104. *Sergl, H. G.:* Der Idealisator -- ein funktionelles Endgerät aus weichbleibendem Kunststoff. Fortschr Kieferorthop 50, 338-46 (1989).
105. *Sheridan, J. J.:* The Essix bracket choice appliance. J Clin Orthod 30, 203-5 (1996).

106. *Sheridan, J. J., Armbruster, P., Moskowitz, E., Nguyen, P.*: Avoiding demineralization and bite alteration from full-coverage plastic appliances. *J Clin Orthod* 35, 444-8 (2001).
107. *Sheridan, J. J., LeDoux, W., McMinn, R.*: Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 27, 37-45 (1993).
108. *Sheridan, J. J., McMinn, R., LeDoux, W.*: Essix thermosealed appliances: various orthodontic uses. *J Clin Orthod* 29, 108-13 (1995).
109. *Shilliday, D. J.*: Minimizing finishing problems with the mini-positioner. *Am J Orthod* 59, 596-9 (1971).
110. *Simmons, J. D., Moore, R. N., Erickson, L. C.*: A longitudinal study of anterioposterior growth changes in the palatinae rugae. *J Dent Res* 66, 1512-5 (1987).
111. *Stark, S.*: Okklusion und Kiefergelenkfunktion nach kieferorthopädischer Behandlung erwachsener Patienten. *ZMK - Magazin für Zahnheilkunde, Management und Kultur* 19, 82-8 (2003).
112. *Steffen, J. M., Haltom, F. T.*: The five-cent tooth positioner. *J Clin Orthod* 21, 528-9 (1987).
113. *Steinhäuser, E. W., I. Janson.*: Kieferorthopädische Chirurgie -- eine interdisziplinäre Aufgabe. Band I: Grundlagen zur Behandlungsplanung und Behandlungsdurchführung., Quintessenz, Berlin 1988.
114. *Steinhäuser, E. W., I. Rudzki-Janson.*: Kieferorthopädische Chirurgie -- eine interdisziplinäre Aufgabe. Band II: Behandlungsablauf bei typischen Dysgnathieformen., Quintessenz, Berlin 1994.
115. *Tegtmeier, K.*: Gedanken über neue Wege in der Bekämpfung und Behandlung der Parodontose mittels Impulsator. *Zahnärztl Welt Zahnärztl Rundsch* 6, 157-61 (1950).
116. *Tibbets, J. R.*: The effectiveness of three orthodontic retention systems: A short term clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 106, 671 (1994).
117. *Trask, P. A.*: Orthodontic positioner used for home fluoride treatments. *Am J Orthod* 67, 677-86 (1975).
118. *van den Hoek, J.*: Der Positioner als aktives Retentionsgerät, Med. Diss. Univ. Bern, Bern 1992.
119. *van der Linden, F. P. G. M.*: Changes in the position of posterior teeth in relation to rugae points. *Am J Orthod* 74, 142-60 (1978).
120. *van der Linden, P. G.*: The removable orthodontic appliance. *Am J Orthod* 59, 376-85 (1971).
121. *Varde, P.*: Wachsbißregistrare für Positioner. *Inf Orthod Kieferorthop* 20, 257-60 (1988).
122. *Vlaskalic, V., Boyd, R., Hordt, C., Miethke, R.-R.*: Die kieferorthopädische Behandlung mit dem Invisalign-System. *Kieferorthopädie Sonderheft Invisalign* 17-24 (2001).

123. *Vorhies, J. M.*: Short, intensive use of tooth positioners and an appraisal of the results. *Angle Orthod* 30, 248-54 (1960).
124. *Warunek, S. P., Sorensen, S. E., Cunat, J. J., Green, L. J.*: Physical and mechanical properties of elastomers in orthodontic positioners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 95, 388-400 (1989).
125. *Warunek, S. P., Strychalski, I. D., Cunat, J. J.*: Klinische Anwendung von Silikonelastomerapparaturen. *Inf Orthod Kieferorthop* 23, 349-56 (1990).
126. *Weiland, F.*: Kontinuierliche versus nicht-kontinuierliche Kräfte in der Kieferorthopädie -- Die Wirkung auf initiale Zahnbewegung und Wurzelresorption, Quintessenz, Berlin 2001.
127. *Wells, N. E.*: Application of the positioner appliance in orthodontic treatment. *Am J Orthod* 58, 351-66 (1970).
128. *Williams, J. K., P. A. Cook, K. G. Isaacson, A. R. Thom.*: Festsitzende kieferorthopädische Apparaturen -- Grundlagen und klinische Anwendung, Thieme, Stuttgart - New York 2000. 109.
129. *Williamson, E. H., Fisher, J. C., Stroop, J. R.*: The influence of three types of positioners on mandibular condyle relationships. *J Clin Orthod* 18, 335-41 (1984).
130. *Wingberg, J. P.*: Diagnose Fix 2001 -- Handbuch, Diagnostik Wingberg GmbH, Buxtehude 2000.
131. *Wingberg, J. P.*: Seminar Diagnose Fix an der Abteilung für Kieferorthopädie der LMU München, Schulungsunterlagen vom 18.01.2002, Diagnostik Wingberg GmbH, Buxtehude 2002.
132. *Wiseman, J.*: SPSS für Windows: Eine Einführung, Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München 2000.
133. *Wong, B. H.*: Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 121, 540-1 (2002).
134. *Yoshii, O.*: New orthodontic device -- dynamic positioner (D.P.) . *Nippon Dent Rev* 452; 454; 457; 458, 61-74; 107-130; 146-164; 112-129 (1980).
135. *Zachrisson, B. U.*: On excellence in finishing. Part I + II. *J Clin Orthod* 20, 460-82; 536-556 (1986).

## 9. ANHANG

## 9.1. Patientenliste

	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	37	36	35	34	33	32	31	41	42	43	44	45	46	47		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
2	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	0	0	0	1	x	1	1	1		
~3	1	1	1	x	1	1	1	0	0	0	x	1	1	1	1	0	0	x	0	1	1	0	0	0	0	x	1	1	1	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
~6	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	0	
8	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	
9	x	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
11	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	x	0	
~12	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
~13	1	1	1	x	1	0	0	0	0	1	x	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
~14	0	0	0	x	0	1	1	1	1	0	x	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	0	
~15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	0	1	1	1	0	x	0	0	0	0	0	0	0	x	1	1	1	
17	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	
~18	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	x	1	1	0	0	0	0	1	1	x	0	1	1	
~19	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	1	
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	x	0	1	0	0	0	0	x	1	1	1	1	1	1	x	0	1	1	1	1	0	x	1	1	1	1	
23	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	x	0	0	0	0	0	0	0	x	1	1	1	
24	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
~27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	1	x	1	1	1	1	x	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	20	20	21	12	23	23	21	20	21	23	13	22	19	20	14	15	16	12	15	17	16	14	14	15	12	15	18	17		

Legende: horizontal ist die Zahnnummer angegeben,

vertikal die Patientennummer.

1 bedeutet: im Setup umgestellt, 0 bedeutet: im Setup nicht umgestellt,

x bedeutet: Zahn fehlt.

~ hinter der Patientennummer: Modelle mit Digitalkamera digitalisiert, Bleistiftmarkierungen.

In der untersten Zeile finden sich die Summen der umgestellten Zähne

Tabelle 26: Patientenliste: Übersicht über die veränderten Zähne



## 9.2. Ereignissyntax für SPSS

```

COMPUTE zmam = zm-am .
EXECUTE .
COMPUTE zmem = zm-em .
EXECUTE .
COMPUTE ze_za = (zmem/zmam)*100 .
EXECUTE .

IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) >= x,xx & (abs(zmam)+x,xx) > abs(zmem)
) erfolgd5 = abs(zmem) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) >= x,xx & (abs(zmam)+x,xx) > abs(zmem)
) erfolgq5 = (abs(zmem)/ (abs(zmam)+x,xx) )*100 .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) >= x,xx & abs(zmam) > abs(zmem)
) erfolgq5 = (abs(zmem)/abs(zmam))*100 .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) >= x,xx & (abs(zmam)+ x,xx ) < abs(zmem)
) übersch = abs(zmem) -(abs(zmam)+x,xx) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) >= x,xx & (abs(zmam)+ x,xx ) < abs(zmem)
) überschq = (abs(zmem)/ (abs(zmam)+x,xx) )*100 .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) < x,xx & abs(abs(zmam) - abs(zmem)) < x,xx
) keine = abs(abs(zmam)- abs(zmem)) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za < 0 & abs(zmam) < x,xx & abs(abs(zmam) + abs(zmem)) < x,xx
) keine = abs(abs(zmam)+ abs(zmem)) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za > 0 & abs(zmam) < x,xx & abs(abs(zmam) - abs(zmem)) > x,xx
) misserf = abs(abs(zmam)- abs(zmem)) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za < 0 & abs(zmam) < x,xx & abs(abs(zmam) + abs(zmem)) > x,xx
) misserf = abs(abs(zmam)+ abs(zmem)) .
EXECUTE .
IF (zahn=1 & ze_za < 0 & abs(zmam) > x,xx & abs(abs(zmam) + abs(zmem)) > x,xx
) misserf = abs(abs(zmam) + abs(zmem)) .
EXECUTE .

IF (zahn=0 & ze_za < 0 & abs(zmam) + abs(zmem) > x,xx
) rezidiv = abs(zmam) + abs(zmem) .
EXECUTE .
IF (zahn=0 & ze_za > 0 & abs(zmam - zmem) > x,xx
) rezidiv = abs(zmam - zmem) .
EXECUTE .
IF (zahn=0 & ze_za < 0 & abs(zmam) + abs(zmem) <= x,xx
) stabil = abs(zmam) + abs(zmem) .
EXECUTE .
IF (zahn=0 & ze_za > 0 & abs (zmam - zmem) <= x,xx
) stabil = abs(zmam - zmem) .
EXECUTE .

IF (stabil >= 0.00 | erfolgd5 >= 0.00 | keine >= 0.00) erfolge = ABS(1) . EXECUTE .
IF (rezidiv >= 0.00 | übersch >= 0.00 | misserf >= 0.00) erfolge = ABS(2) . EXECUTE .

```

### 9.3. Verzerrung bei der Winkelmessung

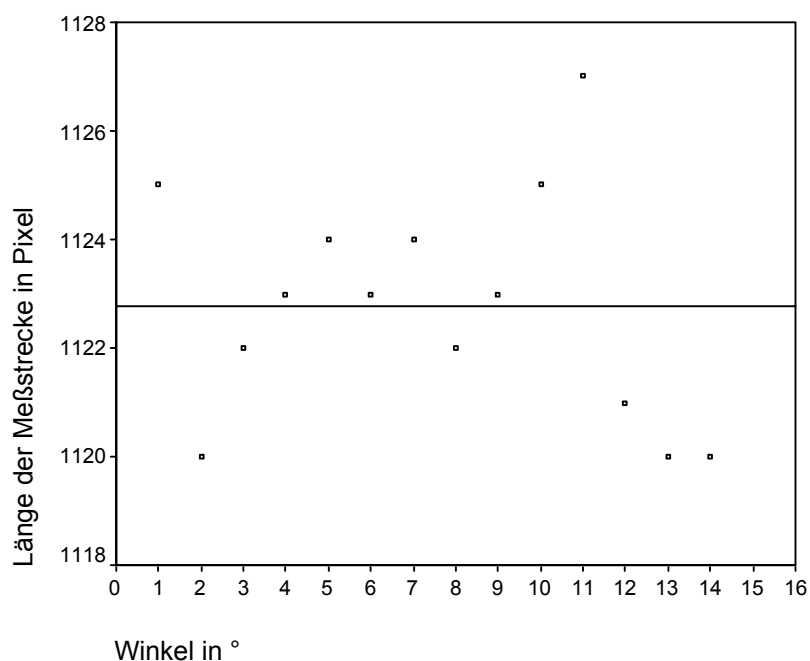


Abbildung 23: Streudiagramm zur Verzerrung bei Winkelmessungen

### 9.4. Korrelationstabellen

Korrelationen				
Zahngruppe			Differenz Setup-SM in °	Differenz Setup-EM in °
OK 11/21	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.720(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.720(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 12/22	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.712(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.712(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 13/23	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.724(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.724(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.

		N	56	56
OK 14/24	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.382(*)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.014
		N	33	33
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.382(*)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.014	.
		N	33	33
OK 15/25	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.722(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.722(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 16/26	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.547(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.547(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 17/27	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.817(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.817(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 31/41	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.705(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.705(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 32/42	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.746(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.746(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 33/43	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.526(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.526(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56

		N	56	56
UK 34/44	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.656(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	40	40
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.656(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	40	40
UK 35/45	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.536(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.536(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 36/46	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.689(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.689(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 37/47	Differenz Setup-SM in °	Korrelation nach Pearson	1.000	.859(**)
		Signifikanz (1-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in °	Korrelation nach Pearson	.859(**)	1.000
		Signifikanz (1-seitig)	.000	.
		N	56	56
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.				
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.				

Tabelle 27: Korrelation der Differenzen zwischen SE - SM und SE - EM, Rotationen

Korrelationen				
Zahngruppe			Differenz Setup-SM in mm	Differenz Setup-EM in mm
OK 11/21	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.588(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.588(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.

		N	56	56
OK 12/22	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.630(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.630(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 13/23	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.745(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.745(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 14/24	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.705(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	33	33
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.705(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	33	33
OK 15/25	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.676(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.676(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK	Differenz Setup-SM in	Korrelation nach	1.000	.745(**)

16/26	mm	Pearson		
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.745(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 17/27	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.709(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.709(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 31/41	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.526(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.526(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 32/42	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.562(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.562(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 33/43	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.708(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000

		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.708(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 34/44	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.734(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	40	40
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.734(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	40	40
UK 35/45	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.785(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.785(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 36/46	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.720(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.720(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 37/47	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.749(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach	.749(**)	1.000

		Pearson		
	mm	Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

Tabelle 28: Korrelation der Differenzen zwischen SE - SM und SE – EM, Sagittale

Korrelationen				
Zahngruppe			Differenz Setup-SM in mm	Differenz Setup-EM in mm
OK 11/21	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.538(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.538(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 12/22	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.573(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	55	55
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.573(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	55	55
OK 13/23	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.696(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.696(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56



OK 14/24	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.740(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	33	33
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.740(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	33	33
OK 15/25	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.682(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.682(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 16/26	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.750(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.750(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
OK 17/27	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.782(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	54	54
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.782(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	54	54
UK 31/41	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.680(**)

		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	55	55
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.680(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	55	55
UK 32/42	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.584(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.584(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 33/43	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.780(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.780(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
UK 34/44	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.996(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	40	40
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.996(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	40	40
UK 35/45	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.643(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	54	54

	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.643(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	54	54
UK 36/46	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.550(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	55	55
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.550(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	55	55
UK 37/47	Differenz Setup-SM in mm	Korrelation nach Pearson	1.000	.538(**)
		Signifikanz (2-seitig)	.	.000
		N	56	56
	Differenz Setup-EM in mm	Korrelation nach Pearson	.538(**)	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.000	.
		N	56	56
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

Tabelle 29: Korrelation der Differenzen zwischen SE - SM und SE – EM, Transversale

## 10. DANKSAGUNG

Für die freundliche Überlassung des Themas und der Unterlagen zu dieser Studie möchte ich mich an dieser Stelle sehr herzlich bei Frau Professor Dr. Ingrid Rudzki-Janson bedanken, die als Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie diese Arbeit erst ermöglichte.

Ihr und den wissenschaftlichen Mitarbeitern in der Poliklinik für Kieferorthopädie, hier insbesondere Herrn Oberarzt Dr. Thomas Sagner, möchte ich für die Vermittlung der Grundlagen der Kieferorthopädie während des Studiums und die Wegleitung während der Anfertigung dieser Dissertation besonderen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt weiterhin allen Mitarbeitern der Poliklinik für Kieferorthopädie für die Hilfsbereitschaft und Freundlichkeit, die mir in allen Phasen der Erstellung dieser Arbeit und von allen Seiten entgegengebracht wurde.

Für die Beratung in statistischen Fragen und die geduldige Auseinandersetzung mit meinen teilweise sehr komplexen Anliegen danke ich herzlich Frau Dr. med. Ursula Schlipkötter und Herrn Dr. med. Alexander Crispin, MPH (postgrad.) vom Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE) der LMU München.

Ganz besonders will ich meinen Eltern und Großeltern für die moralische und materielle Unterstützung während des Studiums der Zahnheilkunde und der Anfertigung dieser Arbeit danken und ihnen und meiner Schwester diese Dissertation widmen.

## 11. LEBENSLAUF

<b>Name</b>	Florian Gebhart
<b>Geburtstag und –ort:</b>	24. Mai 1977 in Schwabmünchen, Bayern
<b>Eltern:</b>	Dieter Gebhart Roswitha Gebhart, geb. Tremel
<b>Schulbildung</b>	
09/1983 - 07/1987	Grundschule Bad Wörishofen
09/1987 - 06/1996	Staatliches Gymnasium Kaufbeuren
<b>Wehrdienst</b>	
07/1996 - 04/1997	Grundausbildung und Wehrdienst als Sanitäter
<b>Studium</b>	
05/1997 - 02/2002	Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München
02/2002 - 07/2002	Zahnärztliche Prüfung und Approbation
01/2003 - 07/2003	Promotionsstudent an der Abteilung für Kieferorthopädie, LMU München (Prof. Dr. I. Rudzki-Janson)
<b>Berufstätigkeit</b>	
09/2002 – 12/2002	Tätigkeit als Zahnarzt in der Praxis von Dr. R. Masur, Bad Wörishofen
seit 07/2003	Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Universität des Saarlandes (Prof. Dr. P. Pospiech)
<b>Mitgliedschaften</b>	
seit 04/2003	Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie
seit 01/2004	International Association for Dental Research