

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum Würzburg

Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

**Der Einfluss der Spikestherapie  
bei Patienten mit anterior offenem Biss**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Katharina Mann geb. Müller

aus Bayreuth

Würzburg, Februar 2012

Referentin: Professor Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer  
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Josip Bill  
Dekan: Professor Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 09.10.2012

Die Promovendin ist Zahnärztin.

Widmung:

Diese Dissertation widme ich meiner Familie.



# Inhaltsverzeichnis:

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>2</b>
2.1	Definition des offenen Bisses.....	2
2.1.1	Skelettal offener Biss .....	3
2.1.2	Dentoalveolär offener Biss.....	3
2.2	Epidemiologie.....	4
2.3	Ätiologie des offenen Bisses .....	6
2.4	Auswirkungen des offenen Bisses .....	7
2.5	Behandlungsmöglichkeiten des offenen Bisses .....	8
2.5.1	Therapieansätze im Milchgebiss.....	9
2.5.2	Therapieansätze im Wechselgebiss .....	10
2.5.3	Therapieansätze im bleibenden Gebiss.....	12
2.5.4	Behandlungserfolg und Stabilität .....	12
2.6	Behandlung des offenen Bisses mit Spikes .....	14
<b>3</b>	<b>Ziele der Arbeit .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Patienten und Methoden.....</b>	<b>18</b>
4.1	Patienten.....	18
4.2	Behandlungsprotokoll.....	19
4.3	Methoden .....	21
4.3.1	Fernröntgenseitenbilder .....	21
4.3.1.1	Kephalometrie des maxillo-mandibulären Komplexes.....	22
4.3.1.2	Kephalometrie des Alveolarfortsatzes im OK/UK .....	29
4.3.2	Modelle .....	32
4.3.3	Fehlerberechnung.....	38
4.3.4	Statistik .....	39
<b>5</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>40</b>
5.1	Fehlerberechnung der Fernröntgenseitenbildanalyse .....	40

5.2	Fehlerberechnung der Modellanalyse .....	42
5.3	Ergebnisse der Kephalometrie des maxillo-mandibulären Komplexes und der Analyse der Alveolarfortsätze im OK/UK.....	43
5.3.1	Inklination der Kieferbasen .....	45
5.3.2	Dentale Analyse.....	46
5.3.3	Okklusion .....	47
5.3.4	Kephalometrie der Alveolarfortsätze .....	48
5.4	Modelle .....	49
5.4.1	Oberkiefer .....	51
5.4.2	Unterkiefer .....	52
5.4.3	Okklusion .....	53
5.5	Ergebniszusammenfassung.....	54
<b>6</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>55</b>
6.1	Ergebnisdiskussion .....	55
6.2	Methodenkritik.....	61
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>Publikation.....</b>	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>68</b>
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>74</b>
<b>12</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>75</b>
<b>13</b>	<b>Danksagung .....</b>	
<b>14</b>	<b>Curriculum Vitae .....</b>	

# 1 Einleitung

Die Behandlung des frontal offenen Bisses ist eine der anspruchvollsten Aufgaben des Kieferorthopäden im täglichen Praxisleben [1, 4, 16, 17, 60, 63].

Nach Subtelny ist eine Korrektur des offenen Bisses extrem schwer zu erzielen [61]. Aufgrund der Komplexität sind oft sowohl Kieferorthopäden als auch Kieferchirurgen, HNO-Ärzte, Psychologen und Atem-, Sprech- und Stimmlehrer in die Behandlung involviert.

Trotz hoher Erfolgsquote der Spiketherapie finden sich bis heute nur wenige Veröffentlichungen hierzu. Um die Auswirkungen durch die Behandlung mittels kieferorthopädischer Spikes auf den dentoalveolär offenen Biss näher aufzuzeigen, wurden sie im Rahmen dieser Doktorarbeit untersucht.

Hierzu wurde eine longitudinale klinische Untersuchung durchgeführt. Diese hatte das Ziel, bei Patienten mit frontal offenem Biss, verursacht durch eine Zungenfehlfunktion, den isolierten Effekt der Spiketherapie auf den Gesichtsschädel und den dentoalveolären Komplex darzustellen.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Definition des offenen Bisses

Der offene Biss ist definiert als das Fehlen des vertikalen Überbisses der Frontzähne in Schlussbissstellung [59]. Abbildung 1 zeigt das typische Bild eines frontal offenen Bisses.

In der sagittalen Dimension kann der offene Biss sowohl mit einer skelettalen Klasse I, Klasse II oder Klasse III auftreten [1, 3].



**Abbildung 1: offener Biss eines Patienten**



### **2.1.1 Skelettal offener Biss**

Charakteristisch für einen skelettal offenen Biss ist das vertikale Wachstumsmuster, ein vergrößerter Interbasen-, Kieferwinkel, eine lange vordere Gesichtshöhe, eine Anteinklination des Oberkiefers und eine Retroinklination des Unterkiefers [1]. Ursache ist eine allgemeine Wachstumsstörung.

### **2.1.2 Dentoalveolär offener Biss**

Der dentoalveolär offene Biss ist durch eine vertikale Unterentwicklung des anterioren Alveolarfortsatzes gekennzeichnet [29]. Patienten mit einem dental offenen Biss haben meist ein normales ausgeglichenes Wachstumsmuster. Die Frontzähne stehen in einer Infraposition, wohingegen sich die Molaren entweder in einer normalen Position oder einer Supraposition befinden. Oft kommen bei betroffenen Kindern Daumenlutschproblematiken hinzu [1]. Ursache für einen dentoalveolär offenen Biss ist eher eine funktionelle Störung. Im Vergleich zum skelettal offenen Biss muss man von einer günstigeren Entwicklungsprognose des offenen Bisses ausgehen.

Eine klare Unterteilung in skelettalen bzw. dentoalveolären offenen Biss ist allerdings häufig nicht möglich, da es sich meist um Mischformen handelt [1, 6]. Die Patienten zeigen dann Elemente beider Dysplasien.

## 2.2 Epidemiologie

Über die Prävalenz des offenen Bisses existieren unterschiedliche Daten. Proffit und Kollegen untersuchten in den Jahren von 1988 bis 1991 7000 Personen [49]. Da es sich dabei um eine repräsentative Stichprobe der amerikanischen Bevölkerung handelte, ließen sich Aussagen für 150 Millionen Amerikaner treffen (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Offener Biss nach Proffit**

Alter	8-11	12-17	18-50
Overbite			
0 mm bis -2 mm	2,7%	2,8%	2,7%
-3 mm bis -4 mm	0,6%	0,5%	0,5%
> -4 mm	0,3%	0,2%	0,1%
Insgesamt	3,6%	3,5%	3,3%

Im Vergleich dazu wird bei 17,7% der europäischen Kinder, die sich im Wechselgebiss befinden, ein offener Biss diagnostiziert [9, 64].

**Tabelle 2: Risikofaktoren für einen offenen Biss nach Cozza**

	offener Biss	kein offener Biss
Lutschgewohnheiten	63,4%	28%
vertikales Wachstumsmuster	61%	34,5%
Beides	36,3%	9,1%

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass sowohl das Lutschen nach dem 3. Lebensjahr als auch ein vertikales Wachstumsmuster einen signifikanten Risikofaktor für die Entstehung eines offenen Bisses darstellen [9] (Tabelle 2).

Auch Rakosi beschäftigte sich mit dem Zusammenhang des offenen Bisses mit den Lutschgewohnheiten der Kinder. 91% der von Rakosi untersuchten Kinder mit offenem Biss wiesen eine positive Lutschanamnese auf. Dies bedeutet aber nicht, dass jedes Kind, welches lutscht, gleich einen offenen Biss entwickelt, da bei 54% der Lutscher auch eine normale Okklusion vorgefunden wurde [51].

Worms vergleicht Patientengruppen der 7 – 9-Jährigen zu den 10 – 12-Jährigen und stellt fest, dass es bei 80% zu einer Selbstkorrektur des offenen Bisses kam. Im weiteren Vergleich zu den 12 – 18-Jährigen nahm der Überbiss leicht ab [65].

Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Bergersen in seinen Untersuchungen. Er berichtete von einem Anstieg des Overbites von 8 – 11-Jährigen, einem Plateau im Alter von 11 und 12 Jahren und einer daraufhin folgenden Abnahme des Overbites bei den 12 - 13-Jährigen. Nach einem erneuten Plateau im Alter von 13 - 16 Jahren nahm der Overbite bis ins Erwachsenenalter wiederum ab. Während dieses Vergleichs fand Bergersen keinen Unterschied im Overbite zwischen Jungen und Mädchen im Alter von 8 - 20 Jahren [4].

## 2.3 Ätiologie des offenen Bisses

Seit vielen Jahren ist bekannt, dass die Ursachen für den offenen Biss vielschichtig sind [7]. Der offene Biss kann sowohl angeboren als auch durch äußere Einwirkungen entstanden sein [1]. Rakosi unterteilte die Ätiologie des offenen Bisses in drei Kategorien [51]:

- **Genetische Faktoren**

Zu den genetischen Faktoren zählen das Wachstumsmuster und die Morphologie des Unterkiefers.

- **Epigenetische Faktoren**

Epigenetische Faktoren sind die Morphologie, Lage, Größe und Konfiguration von Zunge und Lippen.

- **Umweltfaktoren**

Umweltfaktoren wie viszerales Schluckmuster (beim Fortbestehen nach dem 3. Lebensjahr [17]), Zungenpressen, Daumen- oder Fingerlutschen, Mundatmung, anteriore Zungenruhelage usw. können einen offenen Biss provozieren.

Weitere auslösende Faktoren können nach Katsaros auch muskuläre Dysbalancen sein [29]. Diese können zu einem „long-face“ führen, das häufig mit einem offenen Biss auftritt. Die Muskulatur ist schwach ausgebildet und der Unterkiefer rotiert nach hinten und unten [48]. In seltenen Fällen gelten auch Myopathien, Behinderungen des zentralen Nervensystemes, Traumata und pathologische Prozesse der Kondylen als Auslöser eines offenen Bisses. Für eine sichere Diagnose ist es für Kieferorthopäden wichtig, die verschiedenen etiologischen Faktoren zu kennen, um den offenen Biss erfolgreich behandeln zu können [43].

## 2.4 Auswirkungen des offenen Bisses

Die Auswirkungen zeigen sich in folgenden Punkten:

- **Eingeschränkte Kaueffizienz**

Aufgrund des Fehlens des Frontzahnkontaktes ist ein normales Abbeißen nicht möglich. Ebenso ist die Kauleistung durch Verkleinerung der Kontaktflächen der Zähne vermindert.

- **Sprachstörungen**

Die häufigste Sprachstörung, die durch den offenen Biss hervorgerufen wird, ist das Lispeln. Schwierigkeiten gibt es vor allem bei der Aussprache der dentoalveolären Konsonanten s, ß und z [55].

- **Temporomandibuläre Dysfunktionen**

Bei Patienten mit offenem Biss ist im Erwachsenenalter eine höhere Prävalenz von Kiefergelenks-Arthropathien zu verzeichnen [29].

- **Ästhetik**

Eine Verbesserung der fazialen Ästhetik ist erstrebenswert. Das „long-face“ und auch der offene Biss selbst und ein inkompetenter oder erzwungener Lippenschluss entsprechen nicht dem Schönheitsideal. Dies wirkt sich negativ auf das Selbstwertgefühl der Patienten aus. Eine Unterentwicklung der Alveolarfortsätze kann zu einem vollkommenen Verdecken der Frontzähne durch die Lippen führen. Ebenso wie das vollständige Entblößen der Zähne und des Zahnfleisches beim „gummy smile“ gilt dies als ästhetisch sehr ungünstig [29].

## 2.5 Behandlungsmöglichkeiten des offenen Bisses

Eine Unterscheidung in dentoalveolär und/oder skelettal offenen Biss ist wichtig für eine sichere Diagnose und eine sich daran anschließende erfolgreiche Behandlungsplanung. Diese muss auf die Bedürfnisse jedes einzelnen Patienten zugeschnitten sein. Man sollte immer daran denken, dass es besser ist ein Problem dadurch zu beheben, dass man dessen Ursache beseitigt und nicht nur die Auswirkungen (Symptome) kaschiert [22].

Die Art der Behandlung richtet sich nach dem Vorliegen eines skelettalen oder dentoalveolär bedingten offenen Bisses bzw. einer Mischform. Weitere Faktoren sind Ätiologie und das Alter der Patienten. Hieraus ergeben sich viele verschiedene Behandlungsstrategien.

Therapeutisch mögliche Ansatzpunkte nach Rakosi für die Behandlung sind [52]:

- **Änderung der Wachstumsrichtung**
- **Durchführung von Zahnbewegungen**
  - Intrusion der Seitenzähne
  - Extrusion der Frontzähne
  - Mesialisierung der Seitenzähne (nur nach Extraktion)
  - Lingualkipfung der Frontzähne (nur nach Extraktion)
- **Eliminierung von Dyskinesien**

Generell kann man sagen, dass die Prognose eines dentoalveolär offenen Bisses günstiger ist als bei einem skelettal offenen Biss [29].

Behandlungsziel beim skelettal offenen Biss ist die Beseitigung der Dyskinesien und die positive Beeinflussung der Wachstumsrichtung. Behandelt wird der skelettal offene Biss meist durch eine dentoalveoläre Kompensation.

Bei der Behandlung des dentoalveolär offenen Bisses beschränkt man sich auf die Beseitigung der Zungenfehlfunktionen, das Abschalten des viszeralen Schluckmusters und der dadurch bedingten falschen Zungenposition.

Die anteriore Lage der Zunge gilt als die Hauptursache des offenen Bisses. Rakosi berichtet von Tierexperimenten, die durch Haryett durchgeführt wurden [50]. Diese zeigten, dass Manipulationen an der Zunge von Affen zu Gebissveränderungen führten. So bildete sich durch eine gezwungene anteriore Lage der Zunge nach einigen Wochen ein offener Biss mit lückigem Zahnbogen aus. Nach Verkleinerung durch Verkürzung der Zunge und der damit verbundenen posterioren Zungenlage schlossen sich die Lücken wieder und es entstand ein Engstand. Bei einer anterioren Zungenruhelage hat die Zunge wesentlich länger Kontakt mit der Front als beim viszeralen Schluckmuster und dadurch auch nachhaltigere Auswirkungen auf den offenen Biss. Der Mensch schluckt in der Regel ungefähr 1000 Mal pro Tag (davon 800 Mal tagsüber und 200 Mal nachts). Weil ein Schluckvorgang ungefähr eine Sekunde dauert, ist die tägliche Gesamtdauer des Zungendrucks auf die Frontzähne knapp 17 Minuten. Deshalb kann schon ein leichter Druck, verursacht durch eine anteriore Zungenlage, die Zahnstellung extremer beeinflussen als ein starker aber kurzer Druck während des Schluckvorganges [32]. Aus diesem Grund sehen Shapiro, Proffit und Subtelny die anteriore Zungenruhelage als Hauptverursachungsfaktor des offenen Bisses an [46, 59, 62].

### **2.5.1 Therapieansätze im Milchgebiss**

Wichtigstes Ziel der Therapie im Milchgebiss ist die Beendigung von Lutschgewohnheiten. Nach Abgewöhnung des Schnullers, Abstellen von Daumenlutschen und anderen entwicklungshemmenden Angewohnheiten kann es zu einer Selbstkorrektur des offenen Bisses kommen. Dieser schließt sich nach Durchbruch der oberen und unteren Schneidezähne meist spontan. Daher ist ein frühes Ausschalten dieser Angewohnheiten (möglichst bis zum 4. Lebensjahr) wünschenswert, um die Behandlungsnotwendigkeit im bleibenden

Gebiss zu reduzieren [11, 64]. Hierzu sollten bereits im Milchgebiss durch psychologische Verfahren das Abstellen der Lutschgewohnheiten unterstützt werden.

Zeigen diese psychologischen Interventionen keinen Erfolg, kann bereits jetzt kieferorthopädisch mit einer Mundhofplatte, Zungengitter, Aktivatoren oder Funktionsreglern behandelt werden. Festsitzende Zungengitter helfen in schwereren Fällen. Die meisten Kinder stellen allerdings ihre Lutschgewohnheiten bis zum 6. Lebensjahr von selbst ein, deshalb ist die kieferorthopädische Behandlung zu diesem Zeitpunkt nur bei schweren Fällen sinnvoll.

Ein weiteres wichtiges Ziel ist die Beseitigung eventuell vorhandener nasaler Obstruktionen. Eine kieferorthopädische Behandlung sollte erst nach Beseitigung der nasalen Obstruktionen begonnen werden. Durch vergrößerte pharyngeale Tonsillen oder Polypen (Adenoide) kann eine ungestörte Nasenatmung stark behindert bis unmöglich sein. Die Umstellung von Mund- auf Nasenatmung kann dann zu einer positiven Entwicklung des offenen Bisses beitragen [1, 17, 46].

### **2.5.2 Therapieansätze im Wechselgebiss**

In der Wechselgebissphase kommt es im Vergleich der Patientengruppe der 7 – 9-Jährigen zu den 10 - 12-Jährigen zu einer Selbstkorrektur von 80% des offenen Bisses [65]. Bei Persistenz eines offenen Bisses ist das Ziel der Behandlung im Wechselgebiss die Kontrolle der vertikalen Dimension beim heranwachsenden Patienten.



Hierzu können folgende Methoden zum Einsatz kommen:

- Funktionskieferorthopädie mit Aktivatoren und Funktionsreglern kommt auch im frühen Wechselgebiss zum Einsatz [16, 20]. Sie trainiert die Muskulatur und hat deshalb einen positiven Effekt auf den offenen Biss.
- Extraorale Geräte, wie der High-pull-Headgear, versuchen die Wachstumsrichtung zu beeinflussen und die Molaren zu intrudieren. Die gewünschten Ziele sind eine Intrusion der Seitenzähne und eine Extrusion der Frontzähne [17].
- Weiterhin können Bite Blocks, mit und ohne Magneten, zur Erreichung dieser Ziele eingesetzt werden. Diese bewirken laut Kuster und Ingervall eine Verbesserung des Overbites um 1,3 mm ohne Magnet bzw. 3 mm mit Magnet. Dadurch wird die Kaumuskulatur aktiviert, die bei einem „long-face“ - Patienten in der Regel zu schwach ausgebildet ist [38].
- Der hohe Palatinalbogen nutzt den Druck der Zunge während des Schluckens aus, um eine weitere Eruption der ersten Molaren zu verhindern [29].
- Die vertikale Kopf-Kinnkappe kann zusätzlich verwendet werden, um die Autorotation des Unterkiefers nach vorne und oben zu begünstigen. Dies führt zu einer Verbesserung des offenen Bisses [29].
- Auch eine Extraktionstherapie mit anschließender Mesialisierung der Seitenzähne und eventueller Lingualkippung der Frontzähne kommt möglicherweise in Frage [17].

- Weil im späten Wechselgebiss eine spontane Verbesserung des offenen Bisses nicht mehr zu erwarten ist, soll eine festsitzende aktive Behandlung (z. B. durch Spikes) vorgenommen werden [17]. Dies gilt auch bei schweren Formen oder Fortbestehen des viszeralen Schluckmusters.

### **2.5.3 Therapieansätze im bleibenden Gebiss**

Im Alter von 12 - 18 Jahren nimmt der Überbiss wieder leicht ab [65]. Mit der Zeit wird es immer schwieriger, den frontal offenen Biss zu schließen, so dass oft nur eine kieferorthopädisch-kieferchirurgische Intervention den gewünschten Behandlungserfolg liefern kann [13, 47]. In leichteren Fällen reicht unter Umständen auch eine Multibandapparatur aus. Das Erreichen eines stabilen Ergebnisses ist aber immer nur durch eine vorausgehende Abstellung der Habits möglich [1, 42]. Ein Rezidiv des anterior offenen Bisses ist kaum zu vermeiden, wenn Lutschgewohnheiten nach abgeschlossener Behandlung weiterhin bestehen.

### **2.5.4 Behandlungserfolg und Stabilität**

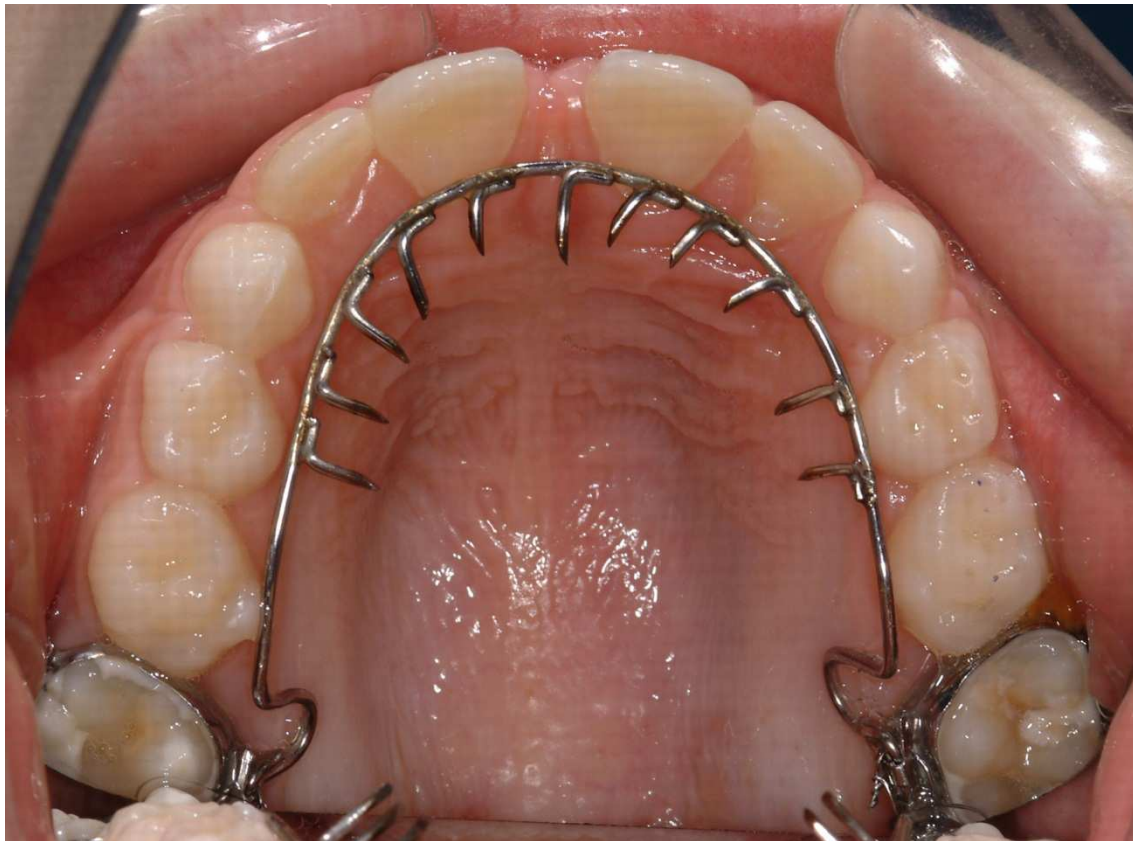
Bedingt durch die Vielzahl der ätiologischen Faktoren ergeben sich auch mehrere Behandlungsmöglichkeiten. Der Kieferorthopäde muss diese Auslöser oder Verstärker kennen und seinen Behandlungsplan danach erstellen. Wichtig für alle Therapien ist die Veränderung der Zungenlage, um nicht nur einen kurzfristigen, sondern einen dauerhaften Behandlungserfolg zu erhalten.

Shapiro berichtet, dass es nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen über die Behandlungsstabilität des offenen Bisses gibt [59]. Als Beispiel nennt er die Arbeit von Lopez-Gavito und Kollegen aus dem Jahre 1985. Sie fanden heraus, dass 10 Jahre nach Behandlungsende 35% der Patienten weiterhin oder wieder

einen offenen Biss aufwiesen, während bei 65% stabile Behandlungsergebnisse erzielt werden konnten. Die Patienten waren Festsitzend, mit Headgear oder mit Gummizügen behandelt worden [40]. Huang untersuchte 1990 die Langzeitstabilität der Behandlung mit Zungengittern und fand eine Behandlungsstabilität von 82,6% [25]. Katsaros und Berg behandelten ihre Patienten mit Edgewise-Apparaturen und vertikalen Gummizügen und kamen 1993 zu einem Behandlungserfolg von 75% [31]. 2006 berichteten Cozza und Andere von einem positiven Behandlungsabschluss in 90% der Fälle bei einer Behandlung des offenen Bisses mit einer modifizierten, mit Zungengittern versehenen Quadhelix [10]. Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sind allerdings nur bedingt miteinander vergleichbar, weil die Untersucher unterschiedliche Definitionen des offenen Bisses als Grundlage ihrer Arbeiten verwendeten [30]. Es gibt bis heute keine vergleichbare Untersuchung zum Behandlungserfolg und zur Behandlungsstabilität nach einer Therapie mit Spikes.

## 2.6 Behandlung des offenen Bisses mit Spikes

Die Veränderung der Zungenruhelage ist nur schwer zu erreichen, weil diese täglich über einen Zeitraum von 24 Stunden unbewusst eingenommen wird und nicht über den Willen beeinflusst werden kann. Laut Kahl-Nieke liegen Dyskinesien unwillkürlich ablaufende Reflexmuster zugrunde [27]. Bei einer anterioren Zungenruheposition handelt es sich um eine Dyskinesie. Außerdem wird der offene Biss mit steigendem Alter immer therapieresistenter [17]. Nur eine Behandlungsmethode mit Beeinflussung der Zungenruheposition mittels Spiketherapie kann hier effektiv zum Einsatz kommen.



**Abbildung 2: Spikesapparatur im Mund eines Patienten**

Die Spikesapparatur besteht aus einem runden Stahlbogen, der mit Bändern an den hinteren Molaren, vorzugsweise im Oberkiefer, befestigt wird. Dies ist in Abbildung 2 deutlich zu erkennen. Er verläuft palatinal mit Abstand zu den

Zähnen entlang des Zahnbogens. Im Bereich des offenen Bisses werden angespitzte Spikes befestigt.

Rogers beschrieb 1927 zum ersten Mal den erfolgreichen Einsatz einer Spikesapparatur zum Schluss eines offenen Bisses [26].

1971 lieferte Parker beeindruckende Ergebnisse mit den angespitzten Spikes, die er mit Bändern an den Innenseiten der Inzisiven befestigte [44]. Seine anfänglichen Bedenken, er könnte psychische Probleme bei seinen Patienten durch die Behandlung auslösen, wurden durch die Untersuchungen von Haryett abgeschwächt [24]. Dieser fand mit seinen Kollegen heraus, dass es zu keinen psychischen Problemen kommt, wenn zwischen behandelndem Arzt und Patient ein gutes und vertrauensvolles Verhältnis besteht. Dieselben Autoren zeigten, dass der Einsatz der Spikes effektiver ist, als die Behandlung mit Zungengittern [24]. Justus stimmte mit ihnen überein und erklärte dieses Phänomen folgendermaßen: Ein Zungengitter behindert die Zunge nur, ohne aber diese nachhaltig davon abzuhalten, wieder in die ursprüngliche Position zu gelangen [26].

Bei der Spiketherapie wird die Zunge durch einen nozizeptiven Reflex dauerhaft in eine neue Position gebracht [26]. Lernpsychologisch ist dies durch die Form des sogenannten „Vermeidungslernens“ zu erklären. Durch den Reflexbogen im Thalamus (Berührung->Schmerz->Rückzug) wird ein Lernprozess in der Großhirnrinde ausgelöst, der zu einer neuromuskulären Anpassung der Zunge an die neue Position führt [28]. Dieser Lernprozess kann sich aber nur dauerhaft etablieren, wenn über einen längeren Zeitraum die Haltung der Zunge geübt wird, so dass auch ohne nozizeptiven Reiz diese richtige Position eingehalten wird. Dies benötigt Zeit, weswegen die Spikesapparatur möglichst für weitere sechs Monate nach Schluss des offenen Bisses in situ bleiben sollte. Die Eingewöhnungszeit an die Spikes, in der man Probleme beim Sprechen, Essen und Schlucken hat, beträgt 2 - 3 Wochen.

Bis heute gibt es kaum Untersuchungen zur Wirksamkeit der Spiketherapie, obwohl sie an vielen Stellen erfolgreich zum Einsatz kommt und es immer mehr

Anhaltspunkte dafür gibt, dass die Zungenposition einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung des offenen Bisses hat [41, 59]. Die meisten Berichte beziehen sich auf große Fallstudien oder Einzelberichte, die keine signifikanten Aussagen erlauben [17, 26, 59]. Aus diesem Grund wurde eine nachfolgende prospektive, longitudinale Studie entwickelt und durchgeführt, auf die im Folgenden eingegangen wird.

### **3 Ziele der Arbeit**

Ziel dieser Arbeit ist es, die Auswirkungen der Behandlung mit kieferorthopädischen Spikes auf den dentoalveolär offenen Biss zu untersuchen. Hierzu wurde eine repräsentative Menge an Patienten der Universitätsklinik Würzburg ausgewählt, die zum Zeitpunkt des Beginns der Untersuchung an einer Dysfunktion der Zunge litten und deshalb in der Klinik behandelt wurden. Während dieser Zeit wurden verschiedene Messungen vorgenommen, die im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet werden konnten.

## 4 Patienten und Methoden

### 4.1 Patienten

Im Rahmen der prospektiven Studie wurden 31 Patienten (16 weibliche und 15 männliche Patienten) im Alter von  $13,3 \pm 3,2$  Jahren aus der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg akquiriert (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Alter und Geschlechterverteilung der Patienten**

	Anzahl	Mittelwert	Standardabweichung
Gesamt	31	13,33	3,17
Frauen	16	12,75	2,92
Männer	15	13,58	3,16

13 Patienten befanden sich zu Beginn der Behandlung in der Wechselgebissphase, 18 Patienten wiesen ein bleibendes Gebiss auf.

Einschlusskriterien für die Studie waren: Patienten mit anterior offenem Biss (negativem Overbite) bzw. knappem Overbite ( $\text{Overbite} \leq 2 \text{ mm}$ ) und einer Zungendysfunktion (anteriore Zungenruhelage, viszerales Schluckmuster, frontales Zungenpressen), Kaukasier.

Ausschlusskriterien waren: ein frontaler und/oder lateraler Kreuzbiss, eine apparative/funktionelle Vorbehandlung sowie eine kongenitale Anomalie.



## 4.2 Behandlungsprotokoll

Die Studiendurchführung basierte auf einem prospektiv longitudinalen Design mit standardisiertem Behandlungsprotokoll (Tabelle 4). Das beschriebene Behandlungsprotokoll basierte auf dem Vorgehen nach Meyer-Marcotty et al. (2007).

**Tabelle 4: Behandlungsprotokoll der Spiketherapie nach Meyer-Marcotty**

Behandlungsprotokoll	
Diagnose	<p>Eingangsuntersuchung mit Diagnose der Zungendysfunktion; Anfertigung eines Fernröntgenseitenbildes; Erstellung von Situationsmodellen und Photodokumentation; Aufklärung von Patient und Eltern.</p> <p>Einwilligung des Patienten bzw. dessen Eltern zur Behandlung mit Spikes.</p>
Therapie	Einsetzen der Spikes, eventuelles Abdecken der Spikes mit Wachs für sieben Tage.
	Kontrolluntersuchung nach drei und sieben Tagen mit Untersuchung der Zunge und der Mundschleimhaut, Motivierung des Patienten.
	Kontrolluntersuchung alle vier Wochen mit Überprüfung der Zungenfunktion, der Position der Spikes und eventueller Anpassung der Ausrichtung der Spikes.
	Nach der Korrektur der Zungenlage bzw. dem Abstellen des offenen Bisses verbleibt die Spikesapparatur für drei weitere Monate im Mund des Patienten.
	<p>Therapiedauer insgesamt mindestens neun Monate.</p> <p>Abschlussuntersuchung mit Fernröntgenseitenbild, Modellen und Photos.</p>

Um den isolierten Einfluss der Spikesapparatur untersuchen zu können, durften innerhalb des Beobachtungszeitraumes keine weiteren Behandlungsapparaturen verwendet werden.

Nach Befundung einer Zungendysfunktion wurden Eltern und Patient über die Therapie aufgeklärt und eine schriftliche Einverständniserklärung zur Verwendung der Spikesapparatur eingeholt. Zur Kontrolle der Zunge und Mundschleimhaut sowie der Motivation des Patienten erfolgte nach Einsetzen der Apparatur die Wiedervorstellung am dritten und siebten Tag. Anschließend wurden vierwöchige Kontrolltermine vereinbart. Bei jedem Termin wurden Zungenfunktion, Position der Spikes und Sitz des Palatinalbogens überprüft und ggf. adaptiert. Nach Korrektur der Zungenlage sowie der Bissvertiefung wurde die Apparatur für weitere drei Monate belassen. Insgesamt betrug die Behandlungszeit durchschnittlich 11,5 Monate. Von allen Patienten wurden prätherapeutisch zum Zeitpunkt T1 und direkt nach Spiketherapie zum Zeitpunkt T2 Fernröntgenseitenbilder und OK/UK Modelle (in habitueller Okklusion orientiert) angefertigt.

Die Spikesapparatur (Abbildung 2) bestand aus einem 0,9 mm harten, runden Stahlbogen, der an den oberen Molaren befestigt wurde. Der Bogen verlief im Seitenzahnbereich auf Höhe des Marginalsaumes und im Frontzahnbereich je nach Proklinationsgrad der Oberkieferinzisivi 1 – 3 mm palatinal abstehend. Die angespitzten Spikes waren ca. 3 mm lang und wurden je nach Zungendysfunktion im Front- und/oder Seitenzahnbereich 45° nach kaudal zur Okklusionsebene angebracht. Zur Anpassung an die individuelle Zungenmotorik und um neue sensorische Stimuli zu setzen, wurden Position und Angulation der Spikes im Verlauf der Therapie variiert.

## 4.3 Methoden

### 4.3.1 Fernröntgenseitenbilder

Die Fernröntgenseitenbilder (FRS) wurden alle nach standardisiertem Protokoll in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsklinik Würzburg mit dem Röntgengerät (Orthopos DS Ceph®, Siemens, Erlangen, Deutschland) angefertigt. Dadurch konnte ein konstanter Vergrößerungsfaktor gewährleistet werden. Von 26 Patienten wurden vor Beginn der Behandlung und direkt nach Abschluss der Therapie ein FRS des Gesichtsschädels erstellt.

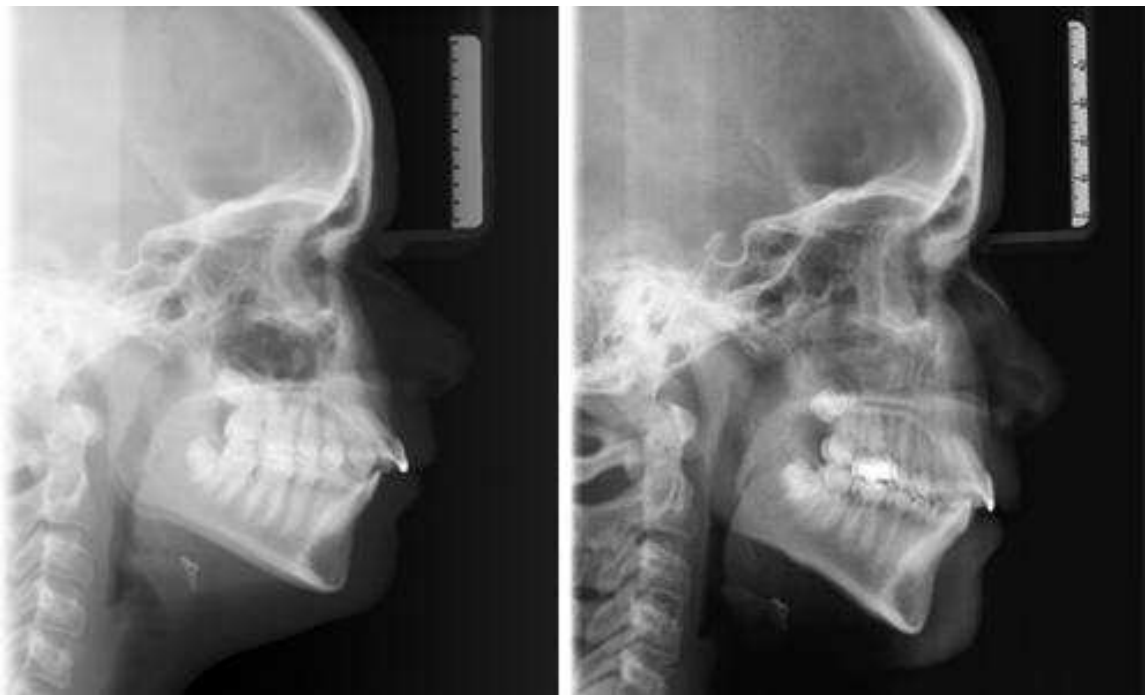


Abbildung 3: FRS eines Patienten zu Beginn und nach Abschluss der Spiketherapie

Dabei wurde das Röntgengerät gemäß der Röntgenverordnung unter besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes betrieben. Die kalibrierten Röntgenbilder wurden im Programm fr-win7.0 (Computer Konkret AG, Falkenstein) abgespeichert und ausgewertet.

#### 4.3.1.1 Kephalometrie des maxillo-mandibulären Komplexes

Die Auswertung des maxillo-mandibulären Komplexes anhand der Fernröntgenseitenbilder erfolgte in Anlehnung nach Rakosi (1988) und Knak (2008). Für die Auswertung wurden 22 Referenzpunkte herangezogen (Abbildung 4).

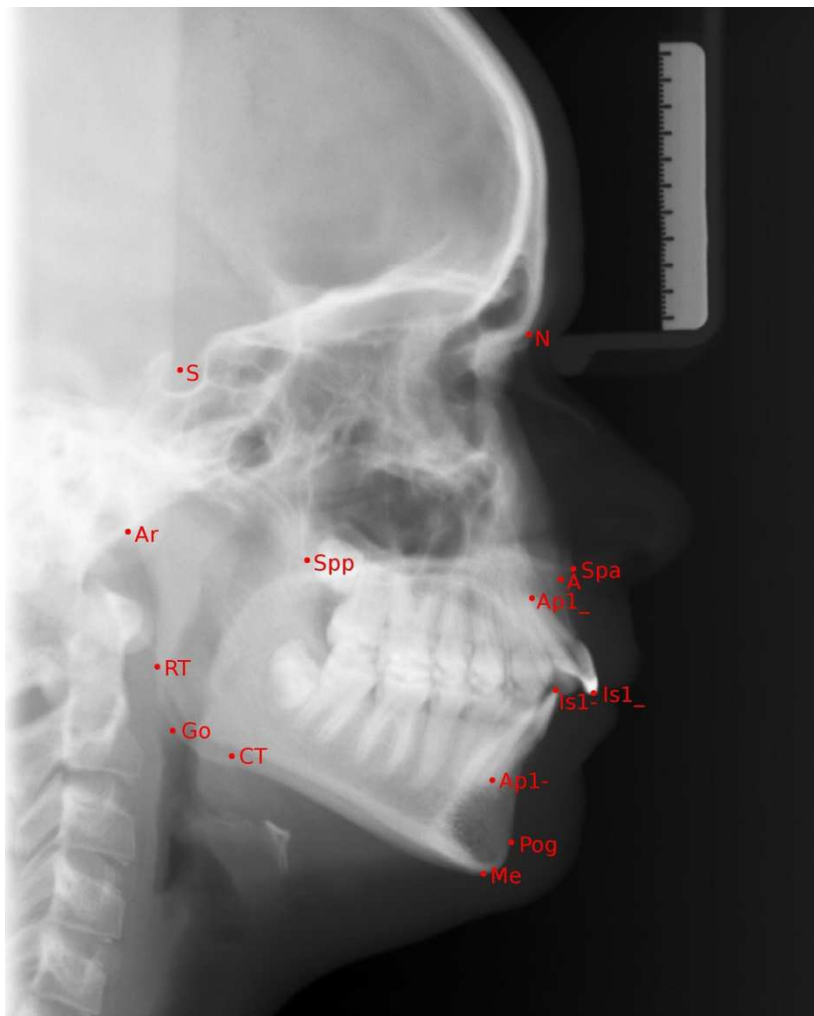


Abbildung 4: Referenzpunkte

In nachfolgender Tabelle werden die Referenzpunkte nach Rakosi aufgelistet [53]:

**Tabelle 5: Bezugspunkte nach Rakosi**

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
N	Nasion	Das vorderste Ende der Sutura naso-frontalis in der Median-Sagittal-Ebene, also der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura naso-frontalis.
S	Sella	Es wurde bei dieser Analyse die Sella-Mitte, wie auch die Mitte des Sella-Einganges (Se) nach Schwarz verwendet [57]. Der Sella-Punkt (S) ist als Mittelpunkt der Fossa hypophysialis definiert. Er stellt einen konstruierten (röntgenologischen) Punkt dar, der in der Median-Sagittal-Ebene liegt.
A	A-Punkt	Der tiefste Punkt an der äußeren Krümmung zwischen Subspinale der Oberkieferbasis und dem Alveolarfortsatz in der Median-Sagittal-Ebene. Dieser Punkt liegt an der tiefsten Einziehung zwischen Spina nasalis anterior und Prosthion. Er entspricht dem anthropologischen Subspinale.
Is 1_	Inzision 1_	Spitze der Inzisalkante des am weitesten anterior gelegenen oberen mittleren Schneidezahnes.
Ap 1_	Apicale 1_	Wurzelspitze des am weitesten anterior gelegenen oberen mittleren Schneidezahnes. Der Punkt ist in der Längsachse der Zahnwurzel lokalisiert.
Is 1-	Inzision 1-	Spitze der Inzisalkante des am weitesten anterior gelegenen unteren mittleren Schneidezahnes.
Ap 1-	Apicale 1-	Wurzelspitze des am weitesten anterior gelegenen unteren mittleren Schneidezahnes.

Pog	Pogonion	Der vorderste Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene.
Go	Gonion	Ein konstruierter Punkt, der am Tangentenschnittpunkt der hinteren Ramuslinie mit der Linie des Mandibularplanums liegt.
Me	Menton	Nach Krogman und Sassouni ist Menton der kaudalste Punkt an den Konturen der Symphyse, er gilt als tiefster Punkt des Unterkiefers und entspricht dem anthropologischen Gnathion.
Ar	Articulare	Der Punkt wurde von Björk (1947) eingeführt. Er ist ein röntgenologischer Orientierungspunkt, ein Schnittpunkt zwischen dem hinteren Rand des Ramus ascendens und dem äußeren Rand der Schädelbasis.
Spa	Spina nasalis anterior	Der Spa-Punkt ist die am weitesten anterior gelegene Spitze der knöchernen Spina nasalis anterior in der Median-Sagittal-Ebene. Der Punkt entspricht dem anthropologischen Acanthion.
Spp	Spina nasalis posterior	Spp ist ein konstruierter röntgenologischer Punkt und liegt am Schnittpunkt der Verlängerung der vorderen Wand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden und stellt die dorsale Begrenzung der Maxilla dar.

Ergänzt werden diese durch die Hilfspunkte nach Knak [35] (Tabelle 6):

**Tabelle 6: Referenzpunkte nach Knak**

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
CT	Corpus-Tangentenpunkt	Tangentenpunkt des Unterkieferkörpers (Corpus der Mandibula).
RT	Ramustangentenpunkt	Tangentenpunkt des aufsteigenden Unterkieferastes (Ramus der Mandibula).

Mittels der Referenzpunkte ergaben sich folgende Referenzlinien, die zur Definition der maxillären, mandibulären und dentalen Parameter benötigt wurden (Tabelle 7):

**Tabelle 7: Referenzlinien**

Abkürzung	Bezeichnung	Zusatz
SN	Nasion-Sella-Linie	vordere Schädelbasislänge
MeGo	Mandibularplanum	Unterkieferbasis-Länge
NPog	Nasion-Pogonion-Linie	
SpP	Spa-Spp	Spinaplanum
OK1-SN	Schneidezahnachse zu SN	
OK1-SpP	Schneidezahnachse zu SpP	
UK1-MeGo	Schneidezahnachse zur Mandibular-Ebene	

Mit Hilfe der Referenzpunkte und –linien wurden insgesamt 11 Messungen durchgeführt. Die 11 Messungen gliederten sich in sieben anguläre Messungen (Tabelle 8) und vier lineare Messungen (Tabelle 9).

**Tabelle 8: anguläre Messungen**

	Messung	Bezeichnung
1	SN-SpP	Oberkieferneigung
2	SN-MeGo	Unterkieferneigung
3	SpP-MeGo	Basiswinkel
4	OK1-SN	Inklination der Oberkieferfrontzähne in Bezug zur vorderen Schädelbasis.
5	OK1-SpP	Inklination der Oberkieferfrontzähne in Bezug zum Spinaplanum nach Schwarz [57].
6	UK1-MeGo	Inklination der Unterkieferfrontzähne in Bezug zum Mandibularplanum.
7	Interinzisalwinkel	Winkel zwischen den Zahnachsen der oberen und unteren mittleren Schneidezähne.

**Tabelle 9: lineare Messungen**

	Messung	Bezeichnung
8	UK1-NPog	Abstand der Unterkieferschneidezähne zu NPog.
9	OK1-NPog	Abstand der Oberkieferschneidezähne zu NPog.
10	Overbite	vertikaler frontaler Überbiss
11	Overjet	sagittaler frontaler Überbiss



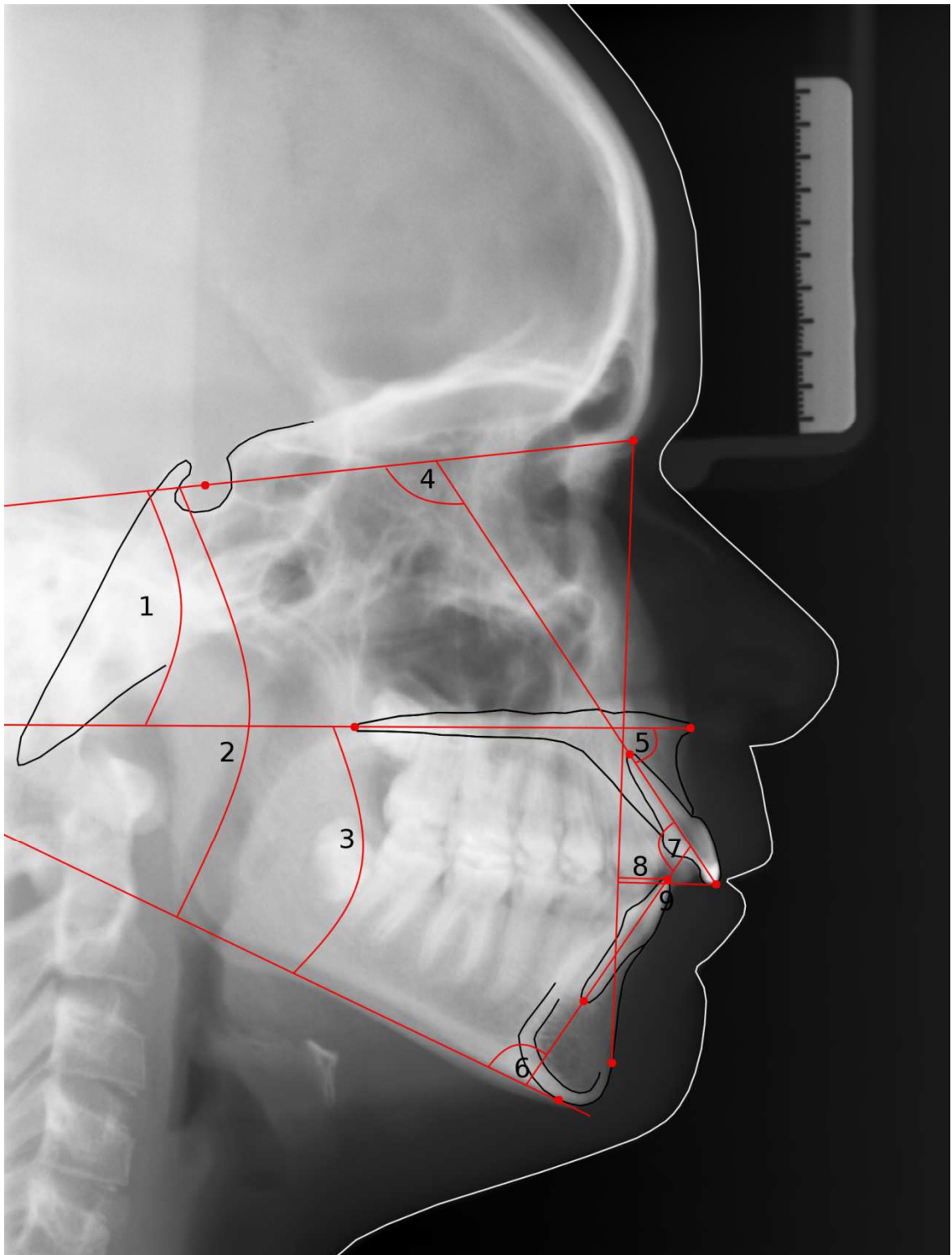


Abbildung 5: Auswertung des FRS

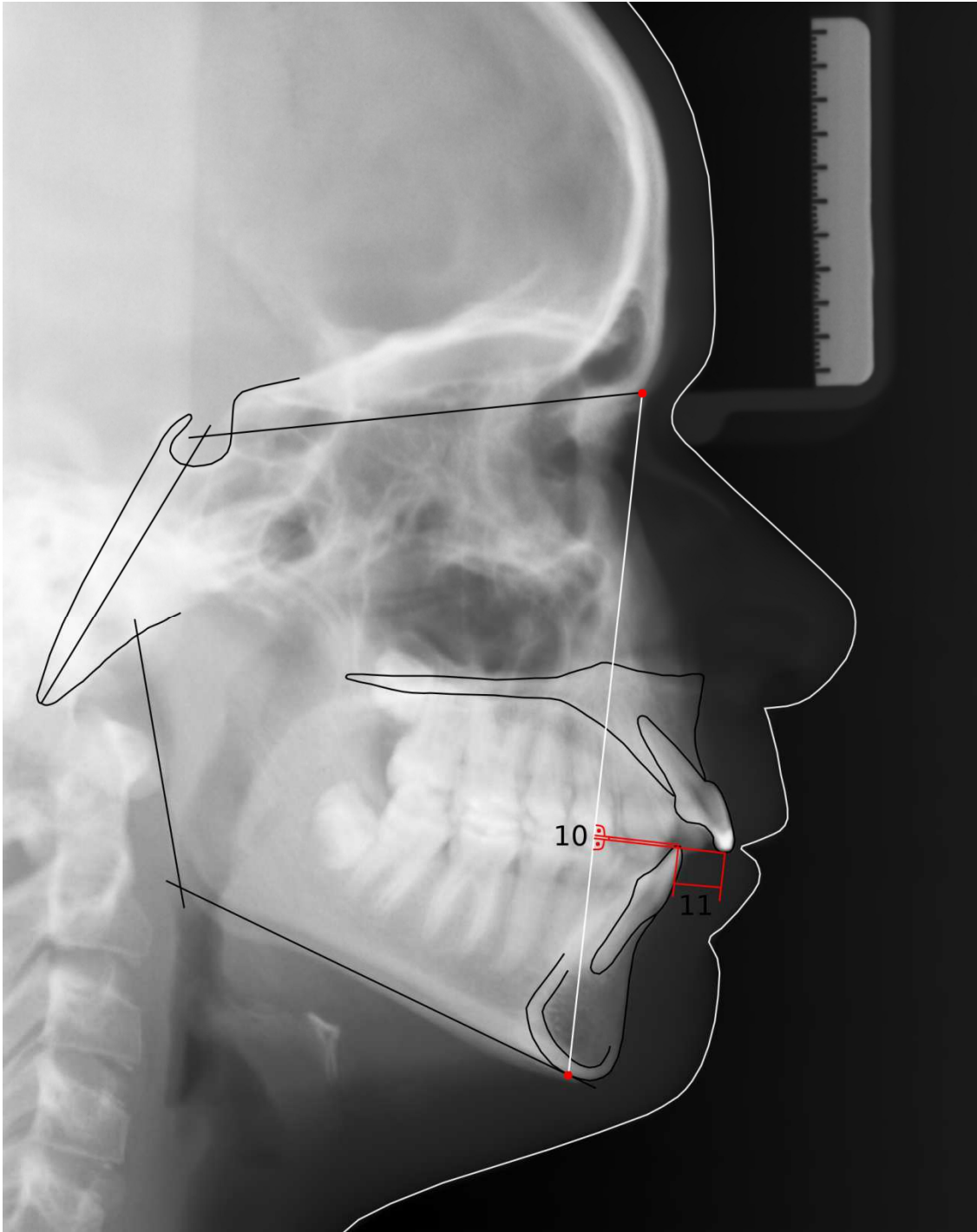


Abbildung 6: Bestimmung des Overbite und Overjet

#### 4.3.1.2 Kephalometrie des Alveolarfortsatzes im OK/UK

Für eine genaue Identifikation von Veränderungen innerhalb der Alveolarfortsätze im OK/UK wurde eine Analyse zur Bestimmung der Höhe des basalen und alveolären Anteiles der Maxilla und der Mandibula nach Beckmann (1998) durchgeführt [2, 3]. Die Auswertung basierte auf folgenden zusätzlichen Punkten (Tabelle 10):

**Tabelle 10: Referenzpunkte nach Beckmann**

Abkürzung	Beschreibung
A`	Gegenpunkt von A mit der gleichen Distanz von PP wie Punkt A.
Z	Zentrum des basalen Anteiles der Maxilla definiert durch ein Rechteck begrenzt von A-A`.
MaOK	Mittelpunkt des Meatus alveolaris des OK.
MZ	Schnittpunkt der Verlängerung der Linie von MaOK zum Zentrum des basalen Anteils der Maxilla mit dem Spinaplanum.
Zs	Zentrum der Symphyse.
MaUK	Mittelpunkt des Meatus alveolaris des Unterkiefers.
MZs	Schnittpunkt der Linie zwischen MaUK und Zs in Verlängerung mit der Kortikalis der Symphyse.

Mittels der Referenzpunkte konnte die Höhe der Alveolarfortsätze durch lineare Messungen im Oberkiefer (MxH) und Unterkiefer (MdH) erfasst werden (Abbildung 7/Tabelle 11)

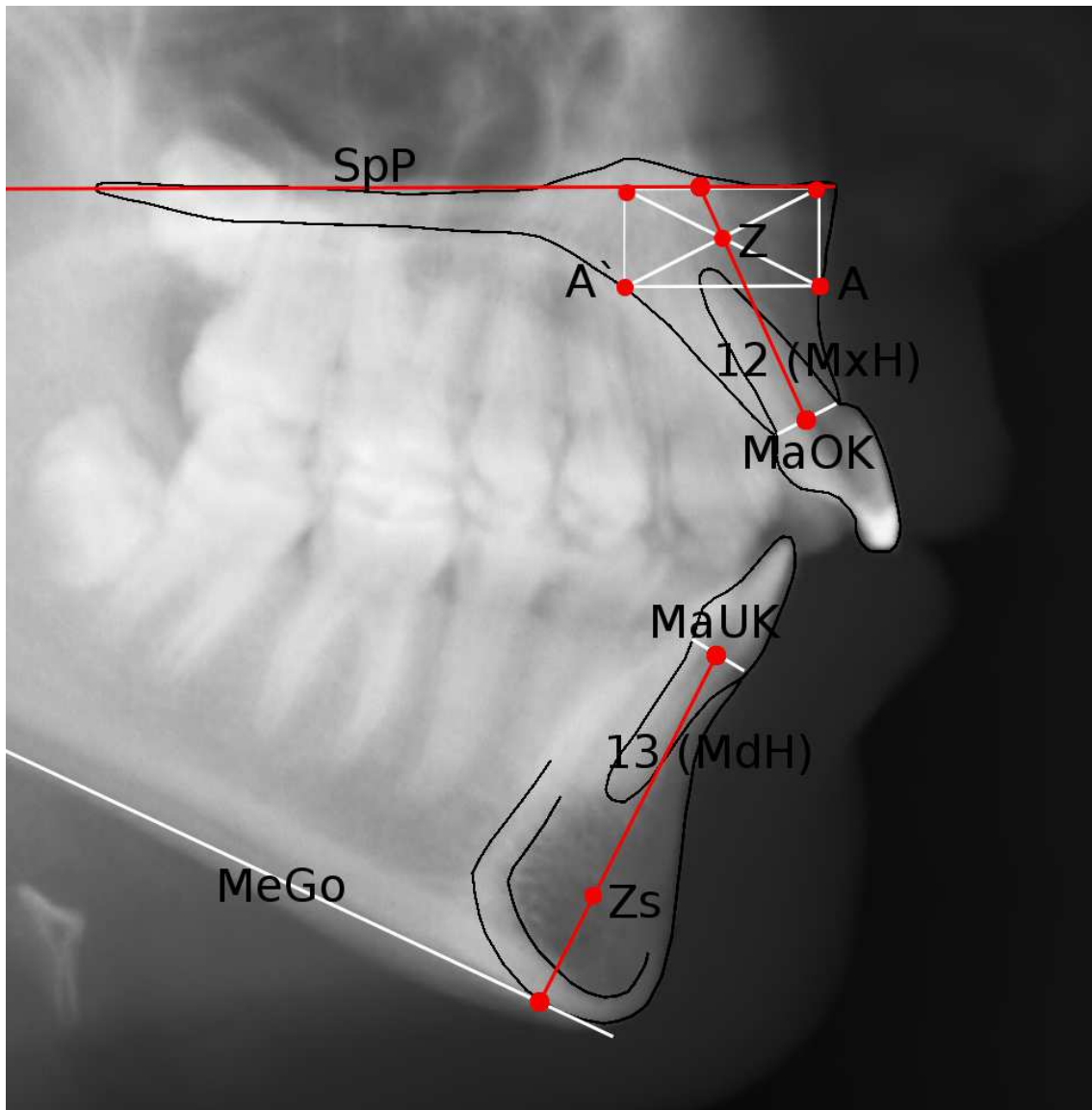


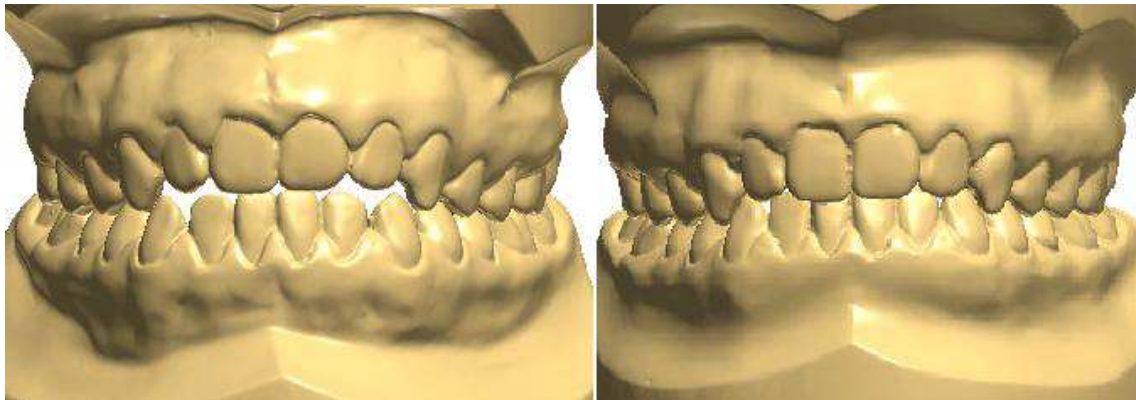
Abbildung 7: Auswertung nach Beckmann

**Tabelle 11: lineare Messungen nach Beckmann**

Abkürzung	Beschreibung
MxH	Höhe des basalen und alveolären Anteils der Mandibula nach Beckmann.
MdH	Höhe des basalen und alveolären Anteils der Mandibula nach Beckmann.

### 4.3.2 Modelle

Für eine dreidimensionale dentale Analyse wurden von 29 Patienten jeweils kurz vor Beginn der Behandlung (T1) und nach 9 Monaten (T2) Alginatabdrücke vom Oberkiefer und Unterkiefer genommen, die im zahntechnischen Labor mit Orthodontic Stone Gips von Whip Mix ausgegossen wurden. Anschließend wurden die Modelle mit der Dupliermasse Dublisil dupliert und erneut ausgegossen, um später von derselben Person mit einer digitalen Schieblehre vermessen zu werden. Zudem wurde die habituelle Okklusion mit einem Wachs-biss registriert.



**Abbildung 8: Modelle eines Patienten vor und nach der Behandlung**

Zur Modellanalyse wurden sieben verschiedene Messungen durchgeführt. Vier davon wurden wiederholt im Ober- und Unterkiefer getätigt. Die Maßeinheit bei allen Messungen waren mm.

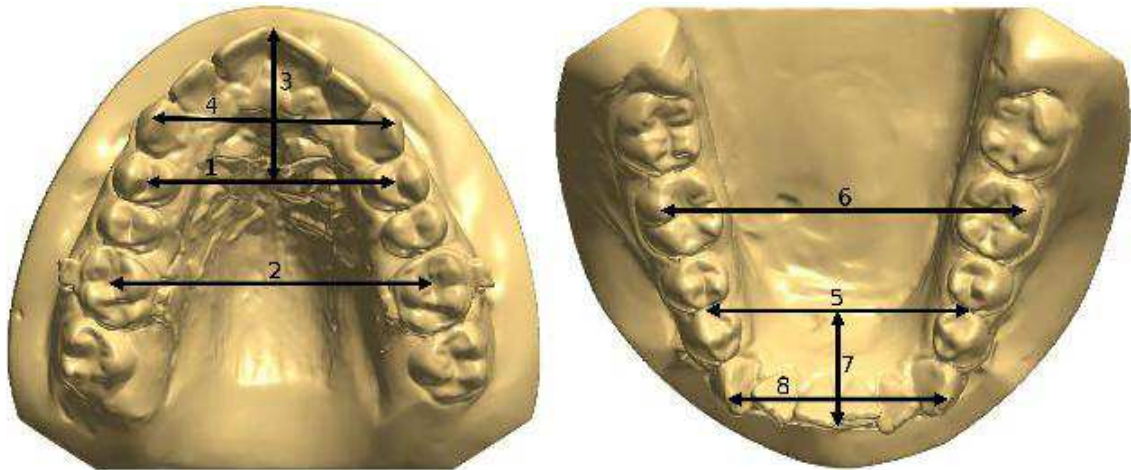


Abbildung 9: Messungen der Modellanalyse im bleibenden Gebiss

Die Einzelkieferbefunde des Oberkiefers bzw. Unterkiefers waren:

Tabelle 12: Einzelkieferbefunde

Nummer	Bezeichnung	Beschreibung
1(OK) bzw. 5(UK)	vordere Zahnbogen- breite nach Pont [45]	<p><b>Wechselgebiss</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberkiefer: transversale Strecke zwischen den distalen Fossae der ersten Milchmolaren.</li> <li>• Unterkiefer: transversale Strecke zwischen den distobukkalen Höckerspitzen der ersten Milchmolaren.</li> </ul> <p><b>Bleibendes Gebiss</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberkiefer: transversale Strecke zwischen den Zentralfissuren der ersten Prämolaren.</li> <li>• Unterkiefer: transversale Strecke zwischen den Kontaktpunkten der ersten und zweiten Prämolaren.</li> </ul>

2(OK) bzw. 6(UK)	hintere Zahnbogen- breite nach Pont [45]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberkiefer: transversale Strecke zwischen den Zentralfissuren der beiden ersten Molaren.</li> <li>• Unterkiefer: transversale Strecke zwischen den mittleren bukkalen Höckerspitzen der ersten Molaren.</li> </ul>
3(OK) bzw. 7(UK)	Zahnbogen- länge nach Korkhaus [36]	Abstand zwischen der vorderen Zahnbogenbreite und den mittleren Inzisivi.
4(OK) bzw. 8(UK)	Intercanine Distanz	Transversaler Abstand zwischen den Eckzahnspitzen der jeweiligen Kiefer.

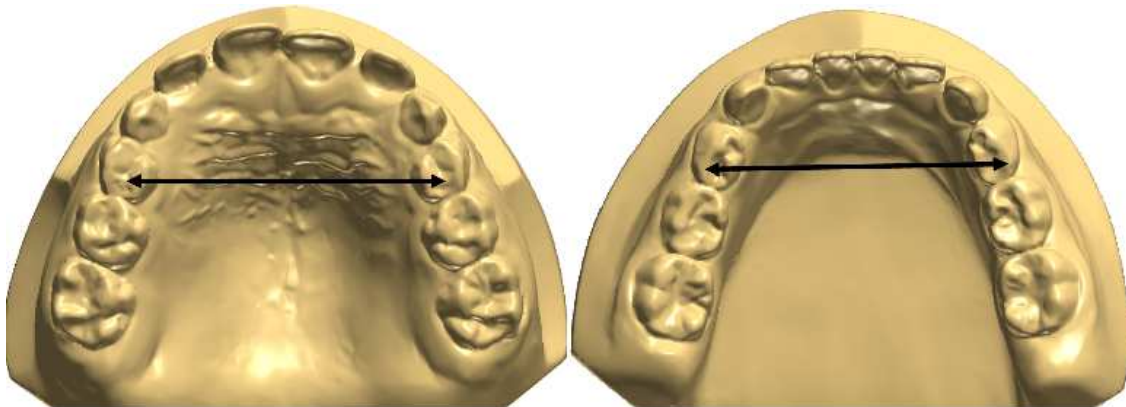


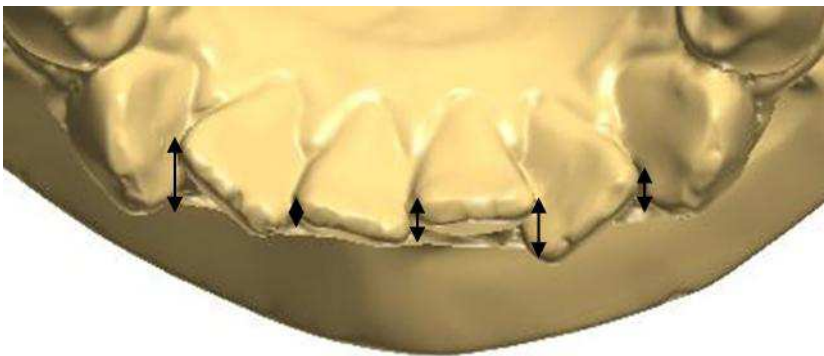
Abbildung 10: vordere Zahnbogenbreite im Wechselgebiss



Im Unterkiefer wurde der Irregularitätsindex nach Little bestimmt [39]:

**Tabelle 13: Irregularitätsindex nach Little**

Nummer	Bezeichnung	Beschreibung
9	Irregularitätsindex nach Little [39]	Der Irregularitätsindex nach Little liefert eine quantitative Analyse des Frontengstandes durch Aufsummierung der sagittalen Distanz der benachbarten anatomischen Kontaktpunkte der Frontzähne, von Caninus zu Caninus.

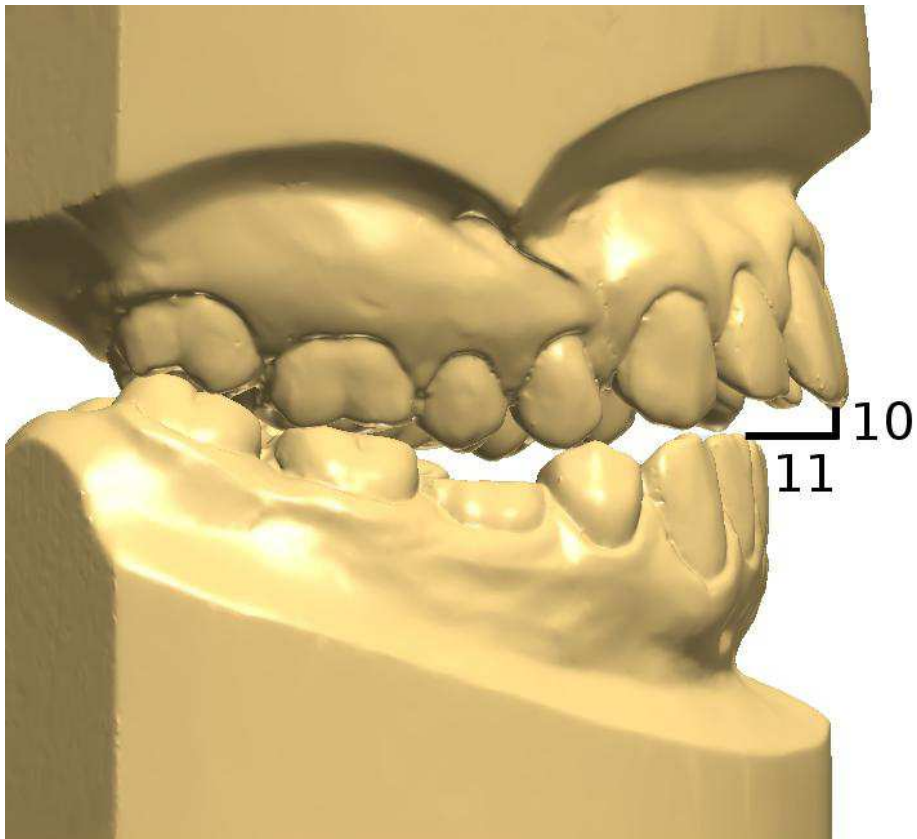


**Abbildung 11: Der Irregularitätsindex nach Little**

Anhand beider Modelle, des Unterkiefers und des Oberkiefers ließen sich folgende Werte ermitteln:

**Tabelle 14: Okklusion**

Nummer	Bezeichnung	Beschreibung
10	Overbite	<b>Vertikaler frontaler Überbiss</b> Die Inzisalkante des oberen Inzisivi wird auf die Labialfläche der unteren Inzisive projiziert und der Abstand zur Inzisalkante der unteren Inzisivi gemessen.
11	Overjet	<b>Sagittaler frontaler Überbiss</b> Parallel zur Kauebene gemessener Abstand zwischen der Labialfläche der unteren mittleren Schneidezähne und der Inzisalkante der oberen mittleren Schneidezähne.



**Abbildung 12: Overbite und Overjet**

### 4.3.3 Fehlerberechnung

Alle Röntgenbilder wurden von derselben Person ausgewertet, um den interindividuellen Messfehler auszuschalten. Im Abstand von zwei Wochen wurden zehn zufällig ausgewählte Röntgenbilder bzw. Modelle nochmals von demselben Untersucher durchgezeichnet, um den persönlichen Messfehler nach Dahlberg zu errechnen.

Zur Fehlerberechnung der einzelnen Auswertungen wurde der Methodenfehler (MF) nach Dahlberg nach der Formel bestimmt [12].

$$\text{Dahlberg Fehler [ mm ]} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

mit

d = Differenz zwischen den wiederholten Messungen

n = Anzahl der Messungen

### 4.3.4 Statistik

Die gewonnenen Daten wurden in tabellarischer Form im Softwareprogramm Excel 2003 (Microsoft Deutschland GmbH, München) abgespeichert. Die Auswertung der importierten Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm PASW Version 18 für Windows (SPSS Inc. Chicago, IL, USA).

Das Programm PASW berechnete für jede Variable den Mittelwert, die Standardabweichung sowie den Minimal- und den Maximalwert.

Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test (Test einer Stichprobe auf die Zugehörigkeit einer Verteilung) wurde daraufhin geprüft, ob es sich um eine Normalverteilung der Daten handelt. Der Test bestätigte in diesem Fall eine Normalverteilung.

Anschließend wurde ein gepaarter t-Test durchgeführt, um die Mittelwerte von T1 und T2 miteinander zu vergleichen. Es wurde geprüft, ob es sich bei den Unterschieden um zufällige Schwankungen oder wirkliche signifikante Unterschiede handelt.

Die Signifikanz wird anhand des p-Wertes (probability = Wahrscheinlichkeit) angegeben:

**Tabelle 15: Signifikanzniveau**

p-Wert	Interpretation	Abkürzung
$p > 0,05$	nicht signifikant	n.s.
$p \leq 0,05$	signifikant	*
$p \leq 0,01$	hoch signifikant	**
$p \leq 0,001$	höchst signifikant	***

## **5 Ergebnisse**

### **5.1 Fehlerberechnung der Fernröntgenseitenbildanalyse**

In der vorliegenden Untersuchung der Röntgenbilder wies keiner der Messwerte einen größeren Dahlbergfehler als  $0,97^\circ$  auf. Die Spannbreite reichte von  $0,45^\circ$  bis  $0,97^\circ$  bzw. 0,18 mm bis 0,89 mm (Tabelle 16). Dadurch wurde eine gute Reproduzierbarkeit der Parameter nachgewiesen.

Tabelle 16: Methodische Fehlerbestimmung nach Dahlberg

Variable	Messfehler
Inklination der Kieferbasen	
1	SN-SpP ° 0,81
2	SN-MeGo ° 0,46
3	SpP-MeGo ° 0,92
Dentale Analyse	
4	1_SN ° 0,45
5	1_SpP ° 0,89
6	1-MeGo ° 0,97
7	NPog1_ mm 0,18
8	NPog1- mm 0,28
9	Interinzisal < ° 0,9
Okklusion	
10	Overjet mm 0,24
11	Overbite mm 0,20
Kephalmetrie der Alveolarfortsätze	
12	MdH mm 0,73
13	MxH mm 0,89

## 5.2 Fehlerberechnung der Modellanalyse

Die Berechnung der Fehleranalyse in der Modellanalyse ergab einen Methodenfehler von 0,2 mm bis 0,68 mm. Somit wurde auch hier eine gute Reproduzierbarkeit nachgewiesen.

**Tabelle 17: Methodenfehler nach Dahlberg Modellanalyse**

Variable			Messfehler
Oberkiefer			
1	vordere Zahnbogenbreite	mm	0,38
2	hintere Zahnbogenbreite	mm	0,57
3	Zahnbogenlänge	mm	0,66
4	interkanine Distanz	mm	0,41
Unterkiefer			
5	vordere Zahnbogenbreite	mm	0,68
6	hintere Zahnbogenbreite	mm	0,48
7	Zahnbogenlänge	mm	0,57
8	interkanine Distanz	mm	0,42
9	Irregularitätsindex	mm	0,43
Okklusion			
10	Overjet	mm	0,36
11	Overbite	mm	0,2



### **5.3 Ergebnisse der Kephalemetrie des maxillo- mandibulären Komplexes und der Analyse der Alveolarfortsätze im OK/UK**

Die Ergebnisse der kephalometrischen Analyse wurden in Tabelle 18 zusammengefasst. Es wurde jeweils der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD) zu den Untersuchungszeitpunkten T1 und T2 ermittelt. Des Weiteren wurde die Differenz ( $\Delta$ ) zwischen T1 und T2 sowie die Signifikanz (S) bei  $p < 0,05$  errechnet. Das Ergebnis nach dem t-Test für gepaarte Stichproben bei Normalverteilung der Variablen wurde nach folgenden Kategorien unterteilt:

- n.s.      nicht signifikant
- \*        signifikant
- \*\*      hoch signifikant
- \*\*\*     höchst signifikant

Tabelle 18: Ergebnisse FRS

Variable			T1		T2		Δ(T2-T1)		S	
			M	SD	M	SD	M	SD	p	
Inklination der Kieferbasen										
1	SN-SpP	°	5,84	2,90	6,04	3,14	0,20	2,05	0,623	n.s.
2	SN-MeGo	°	35,73	5,87	36,36	6,13	0,63	2,33	0,181	n.s.
3	SpP-MeGo	°	29,89	5,30	30,31	5,59	0,42	2,23	0,342	n.s.
Dentale Analyse										
4	U1_SN	°	104,85	6,77	104,07	8,05	-0,78	5,03	0,439	n.s.
5	U1_SpP	°	69,31	6,63	69,90	7,98	0,59	4,89	0,543	n.s.
6	L1-MeGo	°	90,59	7,16	86,73	7,40	-3,87	4,57	0,000	***
7	U1-NPog	mm	7,22	3,14	7,44	3,56	0,22	2,01	0,583	n.s.
8	L1-NPog	mm	4,04	2,44	3,12	3,16	-0,92	1,74	0,012	*
9	Interinzisalwinkel	°	128,83	7,31	132,87	9,86	4,03	6,67	0,005	**
Okklusion										
10	Overjet	mm	3,16	1,98	4,31	2,29	1,15	2,07	0,009	**
11	Overbite	mm	-0,35	1,88	0,64	1,98	0,99	1,91	0,014	*
Kephalometrie der Alveolarfortsätze										
12	MdH	mm	31,97	4,31	33,36	4,43	1,39	1,92	0,001	***
13	MxH	mm	20,54	3,93	21,66	2,95	1,12	1,84	0,005	**

### 5.3.1 Inklination der Kieferbasen

- **Oberkieferneigung SN-SpP**

Die Oberkieferneigung vergrößerte sich von durchschnittlich  $5,84^\circ \pm 2,9^\circ$  auf  $6,04^\circ \pm 3,14^\circ$ . Beide Werte entsprachen einer Normoinklination mit leichter Tendenz zur Anteinklination.

- **Unterkieferneigung SN-MeGo**

Die Unterkieferneigung vergrößerte sich von  $35,73^\circ \pm 5,87^\circ$  auf  $36,36^\circ \pm 6,13^\circ$ . Sowohl zu Beginn als auch nach der Behandlung war der Unterkiefer normoinkliniert, wies aber eine vertikalere Tendenz der Neigung auf. Der mittlere Anstieg während der Therapie betrug  $0,63^\circ \pm 2,33^\circ$ .

- **Interbasenwinkel SpP-MeGo**

Sowohl der Wert des Interbasenwinkels von  $29,89^\circ \pm 5,30^\circ$  (T1) als auch der Wert  $30,31^\circ \pm 5,59^\circ$  (T2) sprachen für eine Tendenz zum skelettal offenen Biss.

Die Spiketherapie hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Inklination der Kieferbasen ( $p = 0,623; 0,181; 0,342$ ).

### 5.3.2 Dentale Analyse

- **U1\_SN**

Die sagitale Stellung der Oberkieferfrontzähne verkleinerte sich von  $104,85^\circ \pm 6,77$  auf  $104,07^\circ \pm 8,05^\circ$ . Die Oberkieferfrontzähne standen achsengerecht.

- **U1\_SpP nach Schwarz**

Auch die Frontzahnanalyse nach Schwarz besagte eine achsengerechte Stellung der Oberkieferfrontzähne. Die Werte änderten sich von  $69,31^\circ \pm 6,63^\circ$  auf  $69,90^\circ \pm 7,98^\circ$ .

- **L1-MeGo**

Die Unterkieferfrontzähne standen am Anfang der Behandlung achsengerecht ( $90,59^\circ \pm 7,16^\circ$ ), richteten sich während der Behandlung auf und standen nach 9 Monaten leicht steil ( $86,73^\circ \pm 7,40^\circ$ ).

- **U1-NPog**

Der Abstand der Oberkieferschneidekante zur NPog-Linie vergrößerte sich nicht signifikant ( $p = 0,583$ ) um  $0,22 \text{ mm} \pm 2,01 \text{ mm}$ .

- **L1-NPog**

Der Abstand der Unterkieferschneidekante dagegen verkleinerte sich zur NPog-Linie um  $0,92 \text{ mm} \pm 1,74 \text{ mm}$  signifikant ( $p = 0,012$ ).

- **Interinzisalwinkel**

Auch der Interinzisalwinkel veränderte sich signifikant ( $p = 0,005$ ). Er vergrößerte sich von  $128,83^\circ \pm 7,31^\circ$  um  $4,03^\circ \pm 6,67^\circ$  auf  $132,87^\circ \pm 9,86^\circ$  hoch signifikant. Allerdings konnten beide Werte als stabil angesehen werden.

### 5.3.3 Okklusion

- **Overjet**

Der Overjet vergrößerte sich von  $3,16 \text{ mm} \pm 1,98 \text{ mm}$  hoch signifikant ( $p = 0,009$ ) auf  $4,31 \text{ mm} \pm 2,29 \text{ mm}$ .

- **Overbite**

Der Overbite vergrößerte sich ebenfalls. Sein Ausgangswert lag bei  $-0,35 \text{ mm} \pm 1,88 \text{ mm}$  und er vergrößerte sich signifikant ( $p = 0,014$ ) um  $0,99 \text{ mm} \pm 1,91 \text{ mm}$ .

### 5.3.4 Kephalometrie der Alveolarfortsätze

- **MdH**

Die Höhe des basalen und alveolären Anteiles der Mandibula vergrößerte sich höchst signifikant ( $p = 0,001$ ) um  $1,39 \text{ mm} \pm 1,92 \text{ mm}$  auf  $33,36 \text{ mm} \pm 4,43 \text{ mm}$ .

- **MxH**

Hoch signifikant ( $p = 0,005$ ) änderte sich der basale und alveoläre Anteil der Maxilla. Er vergrößerte sich von  $20,54 \text{ mm} \pm 3,93 \text{ mm}$  auf  $21,66 \text{ mm} \pm 2,95 \text{ mm}$ .

## 5.4 Modelle

Die Ergebnisse der Modellanalyse wurden in Tabelle 19 zusammengefasst. Es wurde jeweils der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD) zu den Untersuchungszeitpunkten T1 und T2 ermittelt. Des Weiteren wurde die Differenz ( $\Delta$ ) zwischen T1 und T2 sowie die Signifikanz (S) bei  $p < 0,05$  errechnet. Das Ergebnis nach dem t-Test für gepaarte Stichproben bei Normalverteilung der Variablen wurde nach folgenden Kategorien unterteilt:

- n.s.      nicht signifikant
- \*        signifikant
- \*\*       hoch signifikant
- \*\*\*     höchst signifikant

Tabelle 19: Ergebnisse Modellanalyse

Variable		T1		T2		$\Delta(T2-T1)$		S		
		M	SD	M	SD	M	SD	p		
Oberkiefer										
1	vordere Zahnbogenbreite	mm	36,48	3,01	36,2	2,99	0,27	1,14	0,206	n.s.
2	hintere Zahnbogenbreite	mm	47,07	3,47	48,05	3,36	-0,98	1,99	0,013	*
3	Zahnbogenlänge	mm	18,20	2,02	18,38	2,18	-0,19	1,24	0,423	n.s.
4	interkanine Distanz	mm	34,11	1,97	33,15	2,99	0,96	1,99	0,024	*
Unterkiefer										
5	vordere Zahnbogenbreite	mm	35,66	2,69	35,15	2,36	0,51	1,15	0,024	*
6	hintere Zahnbogenbreite	mm	48,75	2,78	49,01	2,69	-0,26	1,22	0,262	n.s.
7	Zahnbogenlänge	mm	15,50	2,37	15,00	2,09	0,51	0,83	0,003	**
8	interkanine Distanz	mm	27,16	2,04	26,67	1,88	0,49	1,53	0,111	n.s.
9	Irregularitätsindex	mm	2,95	2,08	3,44	2,31	-0,50	1,44	0,065	n.s.
Okklusion										
10	Overjet	mm	3,41	1,99	4,13	2,08	-0,73	1,70	0,029	*
11	Overbite	mm	0,48	1,94	1,77	1,54	-1,30	2,11	0,003	**



### 5.4.1 Oberkiefer

- **vordere Zahnbogenbreite**

Die vordere Zahnbogenbreite verringerte sich nicht signifikant ( $p = 0,206$ ) von  $36,48 \text{ mm} \pm 3,01 \text{ mm}$  auf  $36,2 \text{ mm} \pm 2,99 \text{ mm}$ .

- **hintere Zahnbogenbreite**

Signifikant ( $p = 0,013$ ) vergrößerte sich die hintere Zahnbogenbreite um  $0,98 \text{ mm} \pm 1,99 \text{ mm}$  auf  $48,05 \text{ mm} \pm 3,36 \text{ mm}$  zum Zeitpunkt T2.

- **Zahnbogenlänge**

Von  $18,2 \text{ mm} \pm 2,02 \text{ mm}$  vergrößerte sich die Zahnbogenlänge nicht signifikant ( $p = 0,423$ ) um  $0,19 \text{ mm} \pm 1,24 \text{ mm}$ .

- **interkanine Distanz**

Zum Zeitpunkt T2 verringerte sich die interkanine Distanz signifikant ( $p = 0,024$ ) von  $34,11 \text{ mm} \pm 1,97 \text{ mm}$  auf  $33,15 \text{ mm} \pm 2,99 \text{ mm}$ .

## 5.4.2 Unterkiefer

- **vordere Zahnbogenbreite**

Die vordere Zahnbogenbreite verringerte sich signifikant ( $p = 0,024$ ) von  $35,66 \text{ mm} \pm 2,68 \text{ mm}$  auf  $35,15 \text{ mm} \pm 2,36 \text{ mm}$ .

- **hintere Zahnbogenbreite**

Nicht signifikant ( $p = 0,262$ ) vergrößerte sich die hintere Zahnbogenbreite um  $0,26 \text{ mm} \pm 1,22 \text{ mm}$  auf  $49,01 \text{ mm} \pm 2,69 \text{ mm}$  zum Zeitpunkt T2.

- **Zahnbogenlänge**

Von  $15,5 \text{ mm} \pm 2,37 \text{ mm}$  verkleinerte sich die Zahnbogenlänge hoch signifikant ( $p = 0,003$ ) um  $0,51 \text{ mm} \pm 0,83 \text{ mm}$ .

- **interkanine Distanz**

Zum Zeitpunkt T2 verringerte sich die interkanine Distanz nicht signifikant ( $p = 0,111$ ) von  $27,16 \text{ mm} \pm 2,04 \text{ mm}$  auf  $26,67 \text{ mm} \pm 1,88 \text{ mm}$ .

Die Signifikanzen im Unterkiefer verhielten sich umgekehrt zu den Oberkiefersignifikanzen.

## **Irregularitätsindex**

Der Irregularitätsindex vergrößerte sich nicht signifikant ( $p = 0,065$ ) von T1  $2,95 \text{ mm} \pm 2,08 \text{ mm}$  auf  $3,44 \text{ mm} \pm 2,31 \text{ mm}$  zum Zeitpunkt T2.

### **5.4.3 Okklusion**

- **Overjet**

$3,41 \text{ mm} \pm 1,99 \text{ mm}$  war der Ausgangswert des Overjets zum Zeitpunkt T1, der sich während der Behandlung signifikant ( $p = 0,029$ ) um  $0,73 \text{ mm} \pm 1,70 \text{ mm}$  auf  $4,13 \text{ mm} \pm 2,08 \text{ mm}$  zum Zeitpunkt T2 vergrößerte.

- **Overbite**

Um  $1,3 \text{ mm} \pm 2,11 \text{ mm}$  vergrößerte sich der Overbite innerhalb der neun Monate hoch signifikant ( $p = 0,003$ ) von  $0,48 \text{ mm} \pm 1,94 \text{ mm}$  auf  $1,77 \text{ mm} \pm 1,54 \text{ mm}$ .

## 5.5 Ergebniszusammenfassung

Sowohl die Höhe der basalen und alveolären Anteile der Maxilla als auch der Mandibula vergrößerten sich signifikant. Es fand ein Wachstum der Alveolarfortsätze statt. Der Overbite wurde signifikant größer, ebenso der Overjet. Beim Overbite handelte es sich dabei um eine positive Veränderung, während sich die bereits zu Beginn leicht vergrößerte sagittale Frontzahnstufe noch weiter vergrößerte. Die Achsenstellung der Oberkiefer- und Unterkieferfrontzähne wurde steiler und die Frontzähne wurden weiter nach posterior geholt. Bei den Unterkieferzähnen zeigte sich dies signifikant, bei den Oberkieferzähnen war es nur als Tendenz zu sehen. Dagegen zeigten der skelettal offene Biss und der Einbau der Kieferbasen keine signifikanten Veränderungen.

Die Modellanalyse zeigte, dass sich der vordere Anteil der Kiefer verschmälerte (vordere Zahnbogenbreite und interkanine Distanz), wohingegen sich die hintere Zahnbogenbreite vergrößerte. Die Zahnbogenlänge des Oberkiefers vergrößerte sich, die des Unterkiefers wurde kleiner. Aus der Verschmälerung des Unterkieferfrontsegmentes resultierte ein größerer Platzmangel, was man auch am vergrößerten Irregularitätsindex erkannte. Diese Veränderungen waren allerdings teilweise nicht signifikant.

Die größte und gleichzeitig hoch signifikante Veränderung in der Modellanalyse fand man im vergrößerten Overbite. Auch der Overjet vergrößerte sich signifikant.

## 6 Diskussion

Die Diskussion gliedert sich in die Ergebnisdiskussion und die Methodenkritik.

### 6.1 Ergebnisdiskussion

Ziel dieser prospektiven Langzeitstudie war es, den isolierten Effekt der Spiketherapie auf den Gesichtsschädel und den dentoalveolären Komplex bei Patienten, die einen frontal offenen Biss bedingt durch eine Zungenfehlfunktion aufwiesen, darzustellen.

Es wurden 31 weißhäutige Patienten der Universitätsklinik Würzburg mit einem frontal offenen Biss bzw. einem knappen Overbite in Kombination mit einer Zungendysfunktion untersucht.

Das Verhältnis von Männern zu Frauen bzw. Jungen zu Mädchen war mit einer Verteilung von 15 zu 16 Personen ausgeglichen.

Die Fernröntgenseitenbilder von 26 Patienten und die Modelle von 29 Patienten wurden von einer Person jeweils zum Zeitpunkt T1 (vor der Behandlung) und T2 (nach Abschluss der Behandlung) ausgewertet.

Mit Hilfe der Röntgenbilder wurden die Alveolarfortsatzhöhe und der Einbau der Kieferbasen bestimmt, während die Modelle Angaben zu den Veränderungen der Zahnbögen lieferten.

Alle Patienten waren nicht vorbehandelt. Weitere Therapien wie myofunktionelle Therapie oder andere Apparaturen waren während des Beobachtungszeitraumes untersagt. Bei allen Patienten wurde der von Meyer-Marcotty festgelegte standardisierte Behandlungsplan für die Spiketherapie angewendet [41].

19 der 26 Patienten, deren Fernröntgenseitenbilder analysiert wurden, wiesen eine Tendenz zu einem skelettal offenen Biss auf. Während der Behandlung

kam es zu keiner signifikanten Veränderung und so wiesen auch nach der Behandlung 19 Patienten eine Tendenz zu einem skelettal offenen Biss auf, allerdings mit einem leichten Anstieg der Tendenz.

Trotzdem konnte ein Rückgang des offenen Bisses verzeichnet werden, allerdings weniger als Folge von skelettalen Veränderungen als durch eine dentoalveoläre Kompensation. Auf Grund des Wachstums der Alveolarfortsätze konnte vielfach auch bei einem skelettal offenen Biss ein positiverer Overbite während der Behandlung geschaffen werden.

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit den Beobachtungen von Dung [14]. Diese besagen, dass es keinen eindeutigen Parameter für einen offenen Biss im Fernröntgenseitenbild gibt. Manche Patienten, die im Röntgenbild einen Hinweis auf einen offenen Biss haben, haben klinisch keinen offenen Biss und umgekehrt. Die individuellen Unterschiede in der Zungenruheposition können im Fernröntgenseitenbild nicht sichtbar gemacht werden.

Die Spikestherapie hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Einbau der Kieferbasen. Zu diesem Ergebnis kam auch Klocke in seinen Untersuchungen von 2002 [34].

Einen signifikanten Einfluss zeigte die Spikestherapie dagegen bei der dentalen Analyse. Die Unterkieferfrontzähne richteten sich signifikant auf und wurden steiler. Auch der Interinzisalwinkel vergrößerte sich signifikant, allerdings sprechen sowohl die Werte vor als auch nach der Behandlung für stabile Verhältnisse.

Während der Therapie nahmen der Overjet hoch signifikant und der Overbite signifikant zu.

Bei fast allen Patienten zeigte sich nach dem Einsetzen der Spikes eine Verlängerung der Alveolarfortsätze des Oberkiefers als auch des Unterkiefers. Die Werte im Unterkiefer vergrößerten sich höchst signifikant, wohingegen die Werte im Oberkiefer nur hoch signifikant größer wurden.

All diese Ergebnisse können ein erster Anhaltspunkt dafür sein, dass sich die Zunge den Veränderungen in ihrer Umgebung anpasst. Diese Veränderungen werden von den Spikes ausgelöst, die die Zunge in eine posteriore Lage versetzen. Cleall kam schon 1965 zu dieser Annahme. Dieser untersuchte allerdings Patienten, die mit einem Zungengitter behandelt wurden. Dabei verwendete er zur Darstellung der Zungenposition eine radioaktive Substanz [8]. Eine derartige Untersuchungsmethode wäre heute wegen gesundheitlicher Bedenken nicht mehr zulässig.

Heutzutage kann die Lage der Zungenspitze auf andere Art und Weise bestimmt werden. Das erste Mal wendeten 1995 Schwestka-Polly und Kollegen die Magnetresonanztomographie an, um die Bewegungen der Zunge darzustellen [58]. Sayin und Andere verwendeten 2006 ebenfalls die Magnetresonanztomographie und konnten damit nachweisen, dass die Zungenspitze nach dem Einsatz des Zungengitters eine posteriore Lage einnimmt [54]. Die meisten Autoren sind sich darüber einig, dass die Zungenspitze bei Patienten mit einem offenen Biss während des Schluckens nach vorne genommen wird.

Die Wirksamkeit der Behandlung des offenen Bisses mit Zungengittern wird kontrovers diskutiert. Das mag laut Sayin an der individuell unterschiedlichen Anpassungsfähigkeit der Zunge an ihre Umgebung liegen [54]. Allerdings wurden in dieser Studie herausnehmbare Zungengitter bewertet, deren adaptative Potenz geringer einzustufen ist als die der Spikes, die in unserem Fall fest einzementiert wurden und dadurch unabhängig von der Mitarbeit des Patienten über einen längeren Zeitraum ununterbrochen wirken konnten. Giuntini und Kollegen verglichen in ihrer Studie festsitzende mit herausnehmbaren Zungengittern und fanden einen größeren Behandlungserfolg bei der festsitzenden, von der Patientencompliance unabhängigen, Therapieform [21]. Für den Therapieerfolg scheint auch die Behandlungsdauer von entscheidender Bedeutung zu sein. Haryett und Kollegen [24] setzten die Zungengitter für mindestens 10 Monate und Huang [25] für 14 Monate ein und berichteten von positiven Ergebnissen. Subtelny und Sakuda hatten 1964 die Effektivität der Zungengitter noch in Frage gestellt, allerdings wurden ihre

Patienten auch nur für 6 Monate mit den Zungengittern behandelt [61]. Cozza und Andere berichten nun von einem 90%igem Erfolg bei der Behandlung des offenen Bisses bei einer mittleren Tragedauer der Zungengitter von 18 Monaten [10].

Bei den 29 untersuchten Modellen zeigte sich in der Analyse im Oberkiefer eine signifikante Vergrößerung der hinteren Zahnbogenbreite. Die interkanine Distanz dagegen wurde signifikant kleiner.

Die Veränderungen im Unterkiefer verhielten sich in Bezug auf die Signifikanz spiegelbildlich. So nahmen im Unterkiefer die vordere Zahnbogenbreite signifikant und die Zahnbogenlänge hoch signifikant ab, welche im Oberkiefer keine signifikanten Veränderungen erfuhren. Bei der hinteren Zahnbogenbreite und der interkaninen Distanz im Unterkiefer konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

In der Okklusion vergrößerte sich sowohl der Overjet als auch der Overbite signifikant bzw. hoch signifikant.

Zu diesem Ergebnis kamen sowohl die Modellanalyse als auch die oben genannte Analyse der Fernröntgenseitenbilder.

All diese Veränderungen können über die Zunge erklärt werden. Nach Einsetzen der Spikes wird die Zunge in eine posteriore Lage gezwungen. Dadurch nimmt, wie Taslan in seiner Studie von 2010 nachwies, der Druck auf die oberen ersten Molaren zu. Dadurch wird der Zahnbogen breiter, wohingegen der Druck auf die unteren Schneidezähne abnimmt. Hierdurch wird die untere Zahnbogenbreite schmaler. Taslan verwendete bei seiner Untersuchung von 19 Kindern im Wechselgebiss zwar keine Spikes, sondern Zungengitter, die Auswirkungen der verschiedenen Apparaturen sind aber vergleichbar. Taslan verwendete keine Röntgenbilder oder Modelle für seine Untersuchung. Da er den Druck in der Front und im Seitenzahnggebiet direkt gemessen hatte, konnte er eindeutigere Aussagen zur Auswirkung des Zungendrucks auf die Gebissentwicklung machen [63]. Sowohl das Zungengitter als auch die Spikes sind in der Lage, die Zungenruheposition



positiv zu verändern, d. h. eine stabile posteriore Zungenruhelage zu etablieren [18].

Epker und Andere sahen einen großen Einfluss der Zunge auf die Entwicklung der Kieferbasen. Die Zunge kann einen normalen Durchbruch der Zähne behindern und das Alveolarwachstum verzögern. Nimmt der Druck der Zunge auf die Frontzähne ab, können die Frontzähne ungehindert durchbrechen und die Alveolarfortsätze wachsen [15].

Dieser ungehinderte Durchbruch der Frontzähne kann zum Schließen des offenen Bisses hilfreich sein. Zu beachten ist allerdings die Ästhetik des Patienten, da es bei einer zu starken dentoalveolären Kompensation zu einem ästhetisch unbefriedigenden „gummy smile“ kommen kann. Die ungehinderte Elongation der Seitenzähne ist bei einem offenen Biss immer zu verhindern. Eine offene Mundhaltung, z. B. aufgrund einer Mundatmung oder eines Lutschhabits, kann eine Elongation der Oberkieferseitenzähne bewirken, was auf die Front einen noch größeren Einfluss hat als auf die Seitenzähne, da eine Elongation der posterioren Zähne um 1 mm eine anteriore Bissöffnung um 2 mm auslöst [29, 46].

Alle diese Untersuchungen zeigen, dass der Einsatz von Spikes eine gute Behandlungsmethode bei heranwachsenden Patienten mit einem offenen Biss, ausgelöst durch eine Zungenfehlfunktion, ist, weil die Spikes die Zunge erfolgreich „umprogrammieren“ und dadurch Veränderungen im Zahnbogen bewirken können.

Schon 1971 berichtete Parker in seiner Fallstudie vom erfolgreichen Einsatz der Spiketherapie. Er hatte allerdings Bedenken, ob es bei den Patienten durch die eingesetzten Spikes und den dadurch ausgelösten Schmerzreiz zu traumatisierenden Problemen kommen könnte [44]. Die Angst davor, dass Patienten traumatisiert werden würden, konnten allerdings Haryett und seine Kollegen 1967 entschärfen [23]. Ihre Studie, die 1970 weitergeführt wurde, bezog sich allerdings nicht auf die Behandlung des offenen Bisses, sondern es ging ihnen um das Abstellen des Daumenlutschens bei Kleinkindern. Sie verwendeten verschiedene Behandlungsmethoden, unter anderem ein

Zungengitter mit Spikes, und fanden heraus, dass die Probleme der Kinder beim Einschlafen, Essen, Durchschlafen und eine zunehmende Unruhe nur von vorübergehender Art waren [24].

Nur 9 Prozent der von Haryett behandelten Kinder, die mit einem Zungengitter mit Spikes für 10 Monate behandelt wurden, zeigten nach 3 Jahren einen Rückfall des Daumenlutschens. Daran ist zu sehen, dass es sich bei den Spikes um ein äußerst effektives Behandlungsmittel handelt.

2001 beschrieb Justus detailliert den Behandlungsablauf, der zu einem guten Arzt- und Patientenverhältnis führt und dadurch keine psychologischen Probleme bei Patienten, die mit Spikes behandelt werden, aufkommen lässt [26]. Damit es zu diesem guten und vertrauensvollen Verhältnis kommt, müssen sowohl die Patienten als auch die Eltern gut über die Behandlung mit all ihren Risiken, Auswirkungen, Nebenwirkungen und vor allem die anstehenden Probleme in den ersten 2 - 3 Wochen informiert werden.

Bei keinem der Patienten der vorliegenden Studie mussten die Spikes vorzeitig entfernt werden. Es gab keine Verletzungen der Zunge und der Schleimhaut. In der Eingewöhnungsphase durften die Patienten die Spikes bei anfänglichen Problemen mit Wachs abdecken. Durch die schnelle Umstellung der Zungenruheposition kommt es zu keiner weiteren Gefahr der Verletzung der Zunge.

## 6.2 Methodenkritik

Generell muss der Begriff „offener Biss“ sehr genau definiert sein, um klare Aussagen machen zu können. So wird in der Literatur der Begriff „long-face-syndrom“ manchmal synonym mit dem „offenen Biss-Syndrom“ verwendet. Das ist aber nicht korrekt, da das „long-face-Syndrom“ sowohl als Variante mit einem offenen Biss als auch mit einem tiefen Biss vorkommen kann. Der Unterschied liegt in der Länge des Ramus [5, 55].

Um den Methodenfehler in unserer Studie möglichst klein zu halten, wurden folgende Maßnahmen getroffen:

- Die Fernröntgenseitenbilder wurden von erfahrenen Mitarbeitern der Zahnklinik immer mit derselben Apparatur angefertigt, wodurch ein gleichbleibender Vergrößerungsfaktor garantiert werden konnte.
- Der methodische Fehler beim Auswerten der Fernröntgenseitenbilder bzw. beim Auswerten der Modelle wurde mithilfe des Dahlbergfehlers bestimmt. Dafür wurden jeweils 10 zufällig ausgewählte Fälle nach zwei Wochen von derselben Person nochmals ausgewertet. Der Dahlbergfehler lag bei den Röntgenbildern zwischen  $0,45^\circ$  und  $0,97^\circ$  bzw. 0,18 mm und 0,89 mm. Bei der Modellanalyse wurde ein Dahlbergfehler zwischen 0,2 mm und 0,68 mm gefunden. Damit war eine klinisch relevante Messgenauigkeit gesichert.
- Alle Auswertungen wurden von ein und derselben Person vorgenommen, um keinen interindividuellen Fehler mit einzubauen.

Diese prospektive Langzeitstudie bezieht sich mit 31 Patienten auf eine relativ kleine Stichprobe.

Die Geschlechterverteilung war zwar relativ homogen, allerdings wurde in der Auswertung keine Trennung zwischen Jungen und Mädchen vorgenommen. Somit können keine geschlechtsspezifischen Aussagen gemacht werden.

Auch die Unterscheidung der Patienten, die sich im Wechselgebiss oder im bleibenden Gebiss befanden, wurde nur rein numerisch vorgenommen, kam aber bei der Auswertung nicht zum Tragen.

Es gibt nur Beobachtungsdaten vor der Behandlung (T1) und direkt nach Abschluss der Behandlung (T2) und es folgte keine weitere, spätere Untersuchung um festzustellen, ob auch langzeitstabile Verhältnisse aus dieser Behandlung entstehen.

Als weitere Einschränkung muss genannt werden, dass es keine Kontrollgruppe gab. Auf diese wurde aus ethischen Gründen verzichtet, da man keinem Patienten die Behandlung verwehren wollte. Taslan hat dieses Problem so umgangen, indem er eine unbehandelte Kontrollgruppe bildete, die er allerdings nach Beendigung der Studie ebenfalls behandelte [63].

Da wir ohne Kontrollgruppe arbeiteten, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die beobachteten Veränderungen nicht durch die Veränderung der Zungenruhelage sondern eventuell durch andere Faktoren, z. B. Veränderungen im Wachstumsmuster, ausgelöst wurden.

Trotzdem sind die Ergebnisse dieser Langzeitstudie ein erster klinischer Hinweis auf die Anpassungsfähigkeit der Zunge an ihre Umgebung, ausgelöst durch die Spiketherapie. Durch den Einsatz von Spikes bei Patienten mit frontal offenem Biss kommt es zu einer dentoalveolären Kompensation. Diese Kompensation kann durch einen Anstieg der Alveolarfortsatzhöhen verstärkt werden und daraus kann sich ein positiver Overbite ergeben. Deshalb kann die Spiketherapie als wirksame Therapie für heranwachsende Patienten mit einem frontal offenen Biss oder einer Tendenz zum offenen Biss gesehen werden. Um die oben genannten Einschränkungen aufzuheben, sind allerdings weitere kontrollierte, klinische Studien nötig, um den isolierten Effekt der Spiketherapie auf den Gesichtsschädel und den dentoalveolären Komplex bei Patienten mit frontal offenem Biss, verursacht durch eine Zungenfehlfunktion, abzusichern.

## **7 Zusammenfassung**

### **Einleitung**

Diese prospektive Langzeitstudie wurde entworfen, um den alleinigen Effekt der Spikestherapie auf den kraniofazialen und dentoalveolären Komplex bei Patienten mit einem frontal offenen Biss, verursacht durch eine Zungenfehlfunktion, zu zeigen.

### **Material und Methode**

31 Patienten wurden in diese Studie aufgenommen, 16 weibliche und 15 männliche Patienten mit einem Durchschnittsalter von 13,3 Jahren. Alle Patienten wurden mit einer festsitzenden Spikesapparatur behandelt, die im Durchschnitt für 11,5 Monate im Mund verblieb. Die Fernröntgenseitenbilder von 26 Patienten und die Gipsmodelle von 29 Patienten wurden erstmals kurz vor der Behandlung (T1) und nochmals direkt nach der Spikestherapie (T2) aufgenommen, erstellt und ausgewertet.

### **Ergebnisse**

Die Analyse der Messungen ergab eine signifikante Vergrößerung sowohl des Overjets als auch des Overbites während der Spikestherapie. Darüber hinaus zeigte die Auswertung der Röntgenbilder eine signifikante Vergrößerung der Alveolarfortsatzhöhe des Oberkiefers und des Unterkiefers in der Vertikalen.

### **Zusammenfassung**

Diese Auswertungen sind ein erster klinischer Hinweis auf die Anpassungsfähigkeit der Zunge an ihre Umgebung ausgelöst durch die Spiketherapie. Durch den Einsatz von Spikes bei Patienten mit frontal offenem Biss kommt es zu einer dentoalveolären Kompensation. Diese Kompensation kann durch einen Anstieg der Alveolarfortsatzhöhen verstärkt werden und es kann sich daraus ein positiver Overbite ergeben. Die Spiketherapie kann als wirksame Therapie für heranwachsende Patienten mit einem frontal offenen Biss oder einer Tendenz zum offenen Biss gesehen werden.

## 8 Summary

### Introduction

This prospective, longitudinal study was designed to analyze the isolated effect of spurs on the craniofacial and dentoalveolar complex in patients presenting anterior open bite influenced by a tongue dysfunction.

### Methods

Thirty-one patients were enrolled in this study, sixteen female and fifteen male (mean age, 13,3 years). All patients underwent the spur therapy with a fixed appliance with a mean duration of 11,5 month. The lateral cephalograms of 26 patients and the dental casts of 29 patients were taken and analysed just before treatment (T1) and directly after spur therapy (T2).

### Results

In the analysis of the interarch measurements the overjet as well as the overbite grew up significantly during the spur therapy. Moreover the cephalometric evaluation of the height of the alveolar process of the mandibula and the maxilla showed a significant growth in the vertical dimension.

### Conclusions

These measurements could be a first clinical advice to an adaptive capacity of the tongue due to environmental changes caused by the spur therapy. By using

the spurs in patients with a skeletal open bite pattern the mechanism of the dentoalveolar compensation with increase of the alveolar process heights may be enhanced, resulting in a positive overbite. Spurs could be seen as an effective therapy for growing patients with an anterior open bite or open bite tendency.



## 9 Publikation

### **Teile der Arbeit wurden publiziert in:**

Meyer-Marcotty P., Hartmann J., Stellzig-Eisenhauer A.

Dentoalveolar open bite treatment with spur appliances.

J Orofac Orthop. 2007;68:510-521.

## 10 Literaturverzeichnis

1. Beane R. Nonsurgical management of the anterior open bite: a review of the options. *Semin Orthod* 1999;5(4):275-83.
2. Beckmann SH, Kuitert RB, Prahli-Andersen B, Segner D, The RPS, Tuinzing DB. Alveolar and skeletal dimensions associated with lower face height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113(5):498-506.
3. Beckmann SH, Kuitert RB, Prahli-Andersen B, Segner D, The RPS, Tuinzing DB. Alveolar and skeletal dimensions associated with overbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:443–452.
4. Bergersen E. A longitudinal study of anterior vertical overbite from eight to twenty years of age. *Angle Orthod* 1988;58(3):237-56.
5. Betzenberger D, Ruf S, Pancherz H. The compensatory mechanism in high-angle malocclusions: a comparison of subjects in the mixed and permanent dentition. *Angle Orthod* 1999;69(1):27-32.
6. Bock JJ, Bock F, Böhm B, Fuhrmann RA. Classification of anterior open bite using individualized cephalometry. *J Orofac Orthop* 2005;66:338-348.
7. Cangialosi TJ. Skeletal morphologic features of anterior open bite. *Am J Orthod* 1984;85:28–36.
8. Cleall JF. Deglutition: A Study of Form and Function. *Am J Orthod* 1965;51:566-594.
9. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, Mucedero M, Polimeni A. Sucking habits and facial hyperdivergency as risk factors for anterior open bite in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(4):517-519.
10. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Treatment effects of a modified quad-helix in patients with dentoskeletal open bites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:734-739.

11. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, Mucedero M. Comparison of 2 early treatment protocols for open-bite malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:743-747.
12. Dahlberg G. *Statistical methods for medical and biological students*. New York: Interscience publications, 1940.
13. Ding Y, Xu TM, Lohrmann B, Gellrich NC, Schwestka-Polly R. Stability following combined orthodontic-surgical treatment for skeletal anterior open bite – a cephalometric 15-year follow-up study. *J Orofac Orthop* 2007;68:245-256.
14. Dung DJ, Smith RJ. Cephalometric and clinical diagnoses of open bite tendency. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988;94:484-490.
15. Epker BN, Fish LC. Surgical-orthodontic correction of open-bite deformity. *Am J Orthod* 1977;71:278-299.
16. Erbay E, Uğur T, Ülgen M. The effects of Frankel's function regulator (FR-4) therapy on the treatment of Angle Class I skeletal anterior open bite malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108(1):9-21.
17. Fadel B, Miethke RR. Die kieferorthopädische Behandlung des offenen Bisses bei Dysfunktionen und Habits. *Kieferorthop* 1994;8:23-34.
18. Fink FS. Resting position of tongue important. *Angle Orthod* 1990;60(4):244.
19. Foppa K. *Lernen Gedächtnis Verhalten*. Köln: Kiepenheuer und Witsch, 1972.
20. Fränkel R, Fränkel C. A functional approach to treatment of skeletal open bite. *Am J Orthod* 1983;84(1):54-68.
21. Giuntini V, Franchi L, Bassetti T, Mucedero M, Cozza P. Dentoskeletal changes associated with fixed and removable appliances with a crib in open-bite patients in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:77-80.

22. Haralabakis NB, Yiagtzis SC, Toutountzakis NM. Cephalometric characteristics of open bite in adults: a three-dimensional cephalometric evaluation. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1994;9:223–231.
23. Haryett RD, Hansen FC, Davidson PO, Sandilands ML. Chronic thumb-sucking: the psychologic effects and the relative effectiveness of various methods of treatment. *Am J Orthod* 1967;53(8):569-585.
24. Haryett RD, Hansen FC, Davidson PO. Chronic thumb-sucking. A second report on treatment and its psychological effects. *Am J Orthod* 1970;57(2):164-168.
25. Huang GJ, Justus R, Kennedy DB, Kokich VG. Stability of anterior openbite treated with crib therapy. *Angle Orthod* 1990;60(1):17-26.
26. Justus R. Correction of anterior open bite with spurs: long-term stability. *World J Orthod* 2001;2:219-231.
27. Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie. München: Urban und Fischer, 2001.
28. Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. Die sensorischen Systeme. In: Jessell TM, Hrsg. *Neurowissenschaften: eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1996:379-392.
29. Katsaros C, Kiliaridis S, Berg R. Therapie des frontal offenen Bisses. In: Dietrich P, Hrsg. *Kieferorthopädie II*. 4. Aufl. München: Urban und Fischer, 2000:364-375.
30. Katsaros C, Berg R. Frontal offener Biss – Kieferorthopädische Behandlungsergebnisse mindestens ein Jahr nach Abschluss der Retention. *Prakt Kieferorthop* 1992;6:243-258.
31. Katsaros C, Berg R. Anterior open bite malocclusion: a follow-up study of orthodontic treatment effects. *Eur J Orthod* 1993;15:273-280.
32. Kim YS, Kown SY, Park YG, Chung KR. Clinical application of the tongue elevator. *J Clin Orthod* 2002;36:104-106.

33. Klocke A, Korbmacher H, Kahl-Nieke B. Influence of orthodontic appliances on myofunctional therapy. *J Orofac Orthop* 2000;61(6):414-420.
34. Klocke A, Nanda RS, Kahl-Nieke B. Anterior open bite in the deciduous dentition: longitudinal follow-up and craniofacial growth considerations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(4):353-358.
35. Knak S. *Praxisleitfaden Kieferorthopädie*. München: Urban und Fischer, 2008.
36. Korkhaus G. In: Bruhn C. *Gebiss-, Kiefer- und Gesichtorthopädie. Handbuch der Zahnheilkunde Bd IV*, München: Bergmann Verlag, 1939.
37. Korkhaus G. Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis. *Fortschr Kieferorthop* 1959;20(1):1-21.
38. Kuster R, Ingervall B. The effect of treatment of skeletal open bite with two types of bite-blocks. *Eur J Orthod* 1992;14(6):489-499.
39. Little RM. The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod* 1975;68(5):554-563.
40. Lopez-Gavito G, Wallen TR, Little RM, Joondeph DR. Anterior open-bite malocclusion: a longitudinal 10-year postretention evaluation of orthodontically treated patients. *Am J orthod* 1985;87:175-186.
41. Meyer-Marcotty P, Hartmann J, Stellzig-Eisenhauer A. Dentoalveolar open bite treatment with spur appliances. *J Orofac Orthop* 2007;68(6):510-521.
42. Muntean R, Komposch G, Steegmayer-Gilde G. Long-term stability of extraction therapy in anterior open bite. A case report. *J Orofac Orthop* 2007;68:413-422.
43. Nielsen L. Vertical malocclusions: etiology, development, diagnosis and some aspects of treatment. *Angle Orthod* 1991;61(4):247-260.
44. Parker JH. The interception of the open bite in the early growth period. *Angle Orthod* 1971;41(1):24-44.

45. Pont A. Der Zahn-Index in der Orthodontie. *Z Zahnärztl Orthod* 1909;3:306-321.
46. Proffit WR. *Contemporary Orthodontics*. St. Louis: Mosby, 2000:134-137/444-448.
47. Proffit WR, Bailey LTJ, Phillips C, Turvey TA. Long-term stability of surgical open-bite correction by Le Fort I osteotomy. *Angle Orthod* 2000;70(2):112-117.
48. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *J Dent Res* 1983;62(5):566-571.
49. Proffit WR, Fields HW, Moray LJ. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in the United States: Estimates from the NHANES III survey. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1998;13(2):97-106.
50. Rakosi T. Das Problem der Zunge in der Kieferorthopädie. *Fortschr. Kieferorthop.* 1975;36:220-230.
51. Rakosi T. Ätiologie und diagnostische Beurteilung des offenen Bisses. *Fortschr. Kieferorthop.* 1982;43(1):68-73.
52. Rakosi T. Therapie des offenen Bisses. *Fortsch Kieferorthop* 1982;43(3):171-177.
53. Rakosi T. Bedeutung der angulären und linearen Messungen in der dento-skelettalen Analyse. In: Rakosi T, Hrsg. *Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse*. München: Hanser, 1988:58-98.
54. Sayin MÖ, Akin E, Karacay S, Bulakbasi N. Initial effects of the tongue crib on tongue movements during deglutition: a Cine-Magnetic resonance imaging study. *Angle Orthod* 2006;76(3):400-405.
55. Schendel SA, Eisenfeld J, Bell WH, Epker BN, Mischelevich DJ. The long face syndrome: vertical maxillary excess. *Am J Orthod* 1976;70(4):398-408.

56. Schneider E, Schmidt H, Rakosi T. Die Korrelation zwischen dem Zungenpressen und dem Aufbau des Gesichtsschädels. Fortschr Kieferorthop 1975;36:379-390.
57. Schwarz AM. Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis. Fortschr. Kieferorthop 1959;20(1):22-38.
58. Schwestka-Polly R, Engelke W, Hoch G. Electromagnetic articulography as a method for detecting the influence of spikes on tongue movement. Eur J Orthod 1995;17:411-417.
59. Shapiro PA. Stability of open bite treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;121(6):566-568.
60. Simang-Czeypek U. Behandlungsprinzipien und Behandlungsprobleme beim skelettal offenen Biss. Fortschr Kieferorthop 1982;43(3):178-185.
61. Subtelny JD, Sakuda M. Open-bite: diagnosis and treatment. Am J Orthod 1964;50(5):337-358.
62. Subtelny JD, Subtelny JD. Oral habits-studies in form, function, and therapy. Angle Orthod 1973;43(4):349-383.
63. Taslan S, Biren S, Ceylanoglu C. Tongue pressure changes before, during and after crib appliance therapy. Angle Orthod 2010;80(3):533-539.
64. Tausche E, Luck O, Harzer W. Prevalence of malocclusions in the early mixed dentition and orthodontic treatment need. Eur J Orthod 2004;26(3):237-244.
65. Worms FW, Meskin LH, Isaacson RJ. Open-bite. Am J Orthod 1971;59(6):589-595.

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: offener Biss eines Patienten .....	2
Abbildung 2: Spikesapparatur im Mund eines Patienten.....	14
Abbildung 3: FRS eines Patienten zu Beginn und nach Abschluss der Spiketherapie.....	21
Abbildung 4: Referenzpunkte .....	22
Abbildung 5: Auswertung des FRS .....	27
Abbildung 6: Bestimmung des Overbite und Overjet.....	28
Abbildung 7: Auswertung nach Beckmann .....	30
Abbildung 8: Modelle eines Patienten vor und nach der Behandlung .....	32
Abbildung 9: Messungen der Modellanalyse im bleibenden Gebiss .....	33
Abbildung 10: vordere Zahnbogenbreite im Wechselgebiss .....	34
Abbildung 11: Der Irregularitätsindex nach Little.....	35
Abbildung 12: Overbite und Overjet .....	37



## 12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Offener Biss nach Proffit .....	4
Tabelle 2: Risikofaktoren für einen offenen Biss nach Cozza .....	4
Tabelle 3: Alter und Geschlechterverteilung der Patienten .....	18
Tabelle 4: Behandlungsprotokoll der Spiketherapie nach Meyer-Marcotty .....	19
Tabelle 5: Bezugspunkte nach Rakosi .....	23
Tabelle 6: Referenzpunkte nach Knak .....	25
Tabelle 7: Referenzlinien .....	25
Tabelle 8: anguläre Messungen .....	26
Tabelle 9: lineare Messungen .....	26
Tabelle 10: Referenzpunkte nach Beckmann .....	29
Tabelle 11: lineare Messungen nach Beckmann .....	31
Tabelle 12: Einzelkieferbefunde .....	33
Tabelle 13: Irregularitätsindex nach Little .....	35
Tabelle 14: Okklusion .....	36
Tabelle 15: Signifikanzniveau .....	39
Tabelle 16: Methodische Fehlerbestimmung nach Dahlberg .....	41
Tabelle 17: Methodenfehler nach Dahlberg Modellanalyse .....	42
Tabelle 18: Ergebnisse FRS .....	44
Tabelle 19: Ergebnisse Modellanalyse .....	50

## 13 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen bedanken, die mich bei der Fertigstellung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

Bei Frau Professor Dr. med. dent. A. Stellzig-Eisenhauer bedanke ich mich für die Überlassung meines Themas. Bei Herrn PD Dr. Ph. Meyer-Marcotty für die Betreuung und Hilfe während dieser Zeit. Des Weiteren danke ich allen Mitarbeitern der Kieferorthopädie, die mich unterstützt haben. Vor allem den Mitarbeitern des zahntechnischen Labors und Frau Martin aus der Bibliothek.

Sowie allen weiteren Personen, die mich unterstützt haben.

## 14 Curriculum Vitae

### Allgemeines:

Name: Katharina Mann, geb. Müller  
Geburtsdatum: 09.10.1981  
Geburtsort: Würzburg  
Adresse: Bahnhofstrasse 17, 95444 Bayreuth  
Staatsangehörigkeit: deutsch

### Ausbildung:

Grundschule (09/88-07/92): Grundschule Zell am Main  
Gymnasium (09/92-06/01): Friedrich-Koenig-Gymnasium Würzburg  
Abitur: 06/01  
Studium (10/01-06/07): Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Zahnmedizin (Staatsexamen)  
10/02 Vorphysikum  
09/04 Physikum  
06/07 Staatsexamen

### Beruflicher Werdegang:

Approbation: 07/07  
Assistenzzeit: 12/07-05/10 in Zahnarztpraxis Dres. Hofmann  
Angestellte Zahnärztin: seit 06/10