Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor:Universitätsprofessor Dr. D. Drescher

Die frühe Gaumennahterweiterung
Effektivität und Rezidiv

Dissertation

Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dominika Scherkowski

2003

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität

gez.:

Dekan:	**Univ.-Prof. Dr. med. Dr. phil. Alfons Labisch, M.A.**
Referent:	**Univ.-Prof. Dr. Dieter Drescher**
Korreferent:	**Univ.-Prof. Dr. Armin Herforth**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Literatur 3

2.1. Geschichte der Gaumennahterweiterungsapparatur 3

2.2. Indikation 4

2.3. Änderung der anatomischen Strukturen bei der Gaumennahterweiterung 6

2.4. Dentoalveoläre Veränderungen bei der Gaumennahterweiterung 9

2.5. Histologische Veränderungen bei der Gaumennahterweiterung

2.5.1. Suturen 11

2.5.2. Parodontium 12

2.6. Auswirkungen der Gaumennahterweiterung auf die Atmung 13

2.7. Einflüsse auf das Allgemeinbefinden des Patienten durch die Gaumennahterweiterung 14

2.8. Rezidiv 15

3. Problemstellung 17

4. Material und Methode 18

4.1. Patientenauswahl 18

4.2. Herstellung der Gaumennahterweiterungsapparatur 19

4.3. Therapeutisches Vorgehen bei der Gaumennahterweiterung 20

4.4. Diagnostisches Material 21

4.5. Auswertung der Modelle und FRS-Aufnahmen 22

4.5.1. Vermessungspunkte der FRS-Aufnahmen 23

4.5.2. Vermessungspunkte der Modelle 24

4.6. Fehlerquellen 26

4.7.Datenverarbeitung und statistische Auswertung 27

5. Ergebnisse 29

5.1. Beschreibung der für das FRS herangezogenen Stichprobe 29

5.2. Sella-Nasion-A-Winkel (SNA) 31

5.3. Sella-Nasion-B-Winkel (SNB) 32

5.4. Skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer (ANB-Winkel) 34

5.5. Sagittale Relation von Ober- und Unterkiefer (WITS) 35

5.6. Neigung der Oberkieferbasis (NL-NSL) 37

5.7. Neigung der Unterkieferbasis (ML-NSL) 38

5.8. Kieferbasiswinkel (ML-NL) 40

5.9. NSp/SpMe-Verhältnis 41

5.10. Kieferwinkel (ArGoMe) 43

5.11. Interinzisalwinkel (IOK-IUK) 44

5.12. Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL) 46

5.13. Achsenstellung der Schneidezähne bezogen auf die Linie Nasion-A-Punkt (IOK-NA) 47

5.14. Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML) 49

5.15. Achsenstellung der Schneidezähne bezogen auf die Linie Nasion-B-Punkt (IUK-NB) 50

5.16. Schneidezahnposition in Bezug auf die Linie Nasion-A-Punkt (INIOK-NA) 52

5.17. Schneidezahnposition in Bezug auf die Linie Nasion-B-Punkt (INIUK-NB) 53

5.18. Overjet (FRS) 55

5.19. Overbite 56

5.20. Beschreibung der für das Modell herangezogenen Stichprobe 58

5.21. Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (4-4) 60

5.22. Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6) 61

5.23. Intercaniner Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3) 63

5.24. Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (4-4) 64

5.25. Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (6-6) 66

5.26. Overjet (Modell) 67

6. Diskussion 69

6.1. Methode 69

6.2. Skelettale Wirkung in der Sagittalen 70

6.3. Skelettale Wirkung in der Vertikalen 71

6.4. Dentoalveoläre Veränderungen 72

6.5. Transversale Erweiterung und Rezidivneigung 74

7. Zusammenfassung 77

8. Literaturverzeichnis 78

9. Danksagung 85

10. Lebenslauf 86

1. Einleitung

Die forcierte Gaumennahterweiterung (GNE) gehört zu den ältesten kieferorthopädischen Behandlungmethoden und besitzt daher eine lange Vorgeschichte. Die Eröffnung der mittleren Sutur des Gaumens ist als Methode schon seit 115 Jahren bekannt und wurde besonders in Europa, in den USA und Australien angewandt [20]. Die Behandlungsmethode wurde erstmals von *E.C. Angell* 1866 vorgestellt und durchlief viele Phasen der Popularität und der gleichzeitigen Ablehnung.

Graber favorisierte die GNE in den späten 40iger Jahren nur bei Lippen-Kiefer-Gaumenspaltpatienten. Erst durch die Untersuchungen von Haas in den 60iger Jahren gewann die Methode immer mehr an Beachtung. Sie entwickelte sich in der Folgezeit zu einem erfolgreichen Therapiekonzept bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen [8].

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die GNE von den Kieferorthopäden als eine erfolgreiche Möglichkeit angesehen, schnell ein- und beidseitige Kreuzbisse zu überstellen [43].

Bei der Gaumennahterweiterung handelt es sich um eine Methode, bei der es mittels einer kieferorthopädischen Apparatur zu einer ausgeprägten Dehnung der Sutura palatina mediana kommt. Genauer gesagt, liegt das Wesen der Gaumennahterweiterung in einem Auseinanderdrängen der Oberkieferhälften durch eine Apparatur innerhalb kürzester Zeit.

Es treten hierbei eine Ruptur sowie Mikrofrakturen im Bereich der Sutura palatina mediana auf, wobei eine Distraktion resultiert. Die Schleimhautdecke der Mund- und Nasenhöhle sowie der Periostüberzug bleiben in ihrer Kontinuität erhalten. Anschließend kommt es im Bereich der Suturenränder zu einer knöchernden Heilung und Stabilisierung.

Diese Methode der Verbreiterung des Zahnbogens im Oberkiefer wird immer mehr als eine sehr wertvolle Behandlungsmethode angesehen. Sie erlaubt eine ausgiebige Erweiterung, wodurch Extraktionen unter Umständen vermieden werden können. Weiterhin bietet sie die Möglichkeit einer Verbreiterung des Nasenbodens sowie eine Umstellung von Mundatmung auf Nasenatmung.

Die Erfahrungen haben gezeigt, dass durch diese Veränderungen der allgemeine Zustand positiv beeinflusst werden kann [69].

Bisher wurde nur wenig über eine frühe Behandlung berichtet. Werden Anomalien wie beispielsweise ein lateraler Zwangsbiss, ein ein- oder beidseitiger Kreuzbiss oder ein

hypoplastischer Oberkiefer mit Frontengstand frühzeitig behoben und eine Behandlung speziell im frühen Kindesalter begonnen, dann kann eine spätere Behandlung wesentlich vereinfacht und das Allgemeinbefinden des Kindes verbessert werden.
Besonders eine frühe Überstellung eines Kreuzbisses verhindert, dass sich funktionelle Abweichungen skelettal fixieren, was eine weitere kieferorthopädische Behandlung wesentlich erschweren würde [24].
Die Effektivität einer GNE im skelettalen, dentalen und nasalen Bereichen wurde in den 60iger und 70iger Jahren sehr ausführlich von *Krebs, Haas und Wertz* diskutiert. Aufgegriffen wurde diese Thematik erneut in den 90iger Jahren. Hingegen gibt es nur wenige Aussagen darüber, inwieweit eine frühe Gaumennahterweiterung einen prophylaktischen Effekt aufweist und zu einer eventuellen Erleichterung der weiteren kieferorthopädischen Behandlung führt.
Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit sollen die therapeutische Sicherheit der Gaumennahterweiterung speziell als Frühbehandlung bei Kindern im Milch- und Wechselgebiss darstellen.

2. Literatur

2.1. Geschichte der Gaumennahterweiterungsapparatur

Seit dem 19. Jahrhundert sind zur transversalen Erweiterung des Oberkiefers sowohl herausnehmbare als auch festsitzende Apparaturen verwendet worden. Die erste forcierte Gaumennahterweiterung wurde im Jahre 1860 von *E. C. Angell* beschrieben. Seine Apparatur bestand aus „zwei sich in gegensätzlicher Richtung drehender Schrauben mit je einem Gewinde nach rechts und links". Diese Apparatur wurde allein an den Zahnhälsen befestigt und hielt nur durch den Druck der Dehnung [62].
Bock und *Goddart* berichteten 1882 von einer Dehnungsplatte mit Federkraft, welche durch eine sogenannte Coffinfeder erzeugt wurde. Mit dieser Feder war es möglich, Aktivierungen in mehreren Dimensionen durchzuführen. Eine unkontrollierte Dosierung und hohe Reparaturanfälligkeit führten jedoch schnell zur Ablehnung [27].
Im Laufe der nächsten Zeit wurden verschiedene Konstruktionen von Apparaturen beschrieben. Die erste umfangreiche Arbeit über die GNE wurde von *Schroeder-Benseler* im Jahr 1913 veröffentlicht. In dieser beschrieb er ein Gerät, bei dem die Schraubkraft ausschließlich von den körperlich gefassten Zähnen auf die Kieferknochen übertragen wurde [19].
Von *Derichsweiler* wurde 1956 eine Apparatur vorgestellt, bei der die Gaumenwände zur Abstützung und Kraftübertragung mit herangezogen wurden. Ziel war es, eine Kippung der Ankerzähne zu vermeiden. Um eine ausreichende Fixation zu gewährleisten, wurden hauptsächlich festsitzende Apparaturen beschrieben [18].

Von *Öhler, Skotnicky* und *Schönherr* wurden im Jahre 1958 herausnehmbare Geräte mit der gleichen Zielsetzung empfohlen. Neben gegossenen und anderen aufwendig hergestellten Geräten wurden zementierte Aufbissplatten aus Kunststoff und an Bändern befestigte Kunststoffplatten entwickelt. Zu diesen gehört die 1961 von *Haas* hergestellte GNE-Apparatur, deren Verbindungselemente und Schraube mit einer fest am Gaumen anliegender Kunststoffbasis verbunden waren. Diese sogenannte Kunststoffkappenschiene wurde direkt adhäsiv befestigt und enthielt keine Verbindungselemente. Eine Gaumenbedeckung war zudem noch möglich [4, 59].

Durch die Einführung der Hyraxschraube nach *Biedermann*, eröffnete sich eine neue Ära in der Herstellung von GNE-Apparaturen. Sie erlaubte eine einfache Laborarbeit und führte beim Patienten zu besseren Mundhygieneverhältnissen. Diese Schraube mit Retentionsarmen wurde an Bändern festgeschweißt oder gelötet. Viele Modifikationen dieser Apparatur sind möglich, wie zum Beispiel die Modellgusskappenschiene mit eingebauter Hyraxschraube, welche besonders bei stark reduziertem Zahnbestand einsetzbar ist [6].
Neben der Hyraxapparatur, welche derzeit als die meistverbreitetste Apparatur gilt, ist als Neuerscheinung der Transpalatinale Distraktor (TPD) zu nennen. Dieser besteht aus teleskopierenden Zylindern, die in verschiedenen Größen erhältlich sind. Diese Zylinder, sogenannte Distraktoren, werden an zwei Aufsätzen jeweils in regio 14 und 24 abgestützt. Nach einer T-förmigen Inzision als Markierung an der palatinalen Gaumenschleimhaut wird der Distraktor eingesetzt. Die Einheilungszeit der Aufsätze in der Schleimhaut beträgt 7 Tage. Daraufhin kann eine Expansion der Sutura palatina mediana erfolgen. Jeden Tag wird um 0,33 mm aktiviert. Maximal kann eine Dehnung um bis zu 12 mm erfolgen. Ein entscheidender Faktor ist die direkte Kraftübertragung auf den Knochen, sodass Zahnkippungen und Veränderungen an der palatinalen Schleimhaut nicht befürchtet werden müssen [46].

2.2. Indikation

Zu den allgemeinen Indikationen für eine Gaumennahterweiterung (GNE) zählen funktionelle Kreuzbisse, ein- oder beidseitige Kreuzbisse, Patienten mit schmaler apikaler Basis, hypoplastischem Oberkiefer sowie Frontengstand. Häufig zeigt sich eine Frontmittenverschiebung, welche während der Behandlung korrigiert werden kann. Patienten mit erschwerter Nasenatmung und Tendenz zur Mundatmung bei vorliegendem Schmalkiefer, wie auch bei nachgewiesener Septumdeviation und Vorliegen von adenoiden Wucherungen, zählen gleichermaßen zur Indikationsgruppe [23, 24, 49, 51, 53, 54, 55].
Nach *Ekström* ist generell das Vorhandensein eines bilateralern Kreuzbisses in Verbindung mit einer falschen Bisslage Indikation für diese Behandlungsmethode [21]. Durch eine Erweiterung des Gaumens ist es möglich, impaktierte, rotierte oder verlagerte Zähne in die Zahnreihen einzugliedern und somit die Zahl der Extraktionen zu verringern. Soweit vertretbar, sollte die GNE der Extraktion vorgezogen werden [34].

Abbildung 1: Einseitiger Kreuzbiss mit offenem Biss im Milchgebiss

Obwohl das Ziel der GNE hauptsächlich die transversale Erweiterung eines Schmalkiefers und die Beseitigung der daraus resultierenden Okklusionsabweichung ist, sind die Indikationsstellungen nach *Ceylon, Oktay und Demirci* nicht nur auf den Oberkiefer begrenzt. Ihre Untersuchungen haben gezeigt, dass durch dieses Therapiekonzept sowohl eine Verbesserungen in der Atmung erzielt werden kann, ein Schnarchen behoben wird und Hörprobleme aufgrund von verengten Strukturen im Bereich der Tuba auditiva aufgehoben werden können [8].

Nach *Timms* ist eine alleinige Indikationsstellung für eine GNE auch bei Patienten mit nasalen Stenosen gegeben, selbst wenn kein Kreuzbiss vorhanden ist. Es muss jedoch genau zwischen der medizinischen Notwendigkeit und den möglichen dadurch entstehenden Risiken abgewogen werden [8].

Patienten mit Steilgaumen leiden bevorzugt an behinderter Nasenatmung und der Tendenz zur Mundatmung. Die Gaumennahterweiterung führt zu einer Verbreiterung des Gaumens und dadurch zu einer Reduzierung vorliegender nasaler Probleme. Sie kann als alternative Behandlungsmaßnahme zur Behebung dieser Problematik eingesetzt werden [10].

Nach *Derichsweiler, Schwarz* und *Reichenbach*, wird der Indikationsbereich für das Einsetzen einer Gaumennahtapparatur unterschiedlich beurteilt. Nicht nur allein kieferorthopädische Gründe können eine Indikation für eine GNE sein. Es werden sowohl allgemein-medizinische Notwendigkeiten, rhinologische und der Einsatz bei Lippen-Kiefer-Gaumenspaltpatienten genannt. Häufig wird die GNE auch als vorbereitende Maßnahme für die funktionelle Kieferorthopädie sowie für die chirurgische Osteotomie eingesetzt [34].

Schwarz unterscheidet speziell zwischen einem sogenannten nasenorthopädischem Eingriff, vorausgesetzt ist, dass nasale Beschwerden durch einen schmalen Oberkiefer verursacht werden. Dazu zählen persistierende Mundatmung trotz einer Entfernung der Adenoiden und der Tonsillen sowie Schnarchen und Mittelohrschwerhörigkeit. Häufig auftretende

Mittelohrentzündungen sind die Folge. Eine rhinologische Indikation ist in diesen Fällen gegeben.
Dieser weitausgedehnte Indikationsbereich zeigt, dass die GNE einen festen Platz unter den Behandlungsmethoden hat. Sie muss jedoch richtig überdacht werden und sollte nur von erfahrenen und geübten Kieferorthopäden durchgeführt werden. Konsultationen mit anderen medizinischen Fachgebieten erscheinen sinnvoll, zumal die GNE mögliche vorliegende Erkrankungen und Unterentwicklungen positiv beeinflussen könnte [69].
Bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spaltpatienten bietet die Methode der GNE große Vorteile. Eine Abkürzung der Behandlungszeit und ein größeres Maß an Dehnung sind zu erreichen. Behandlungen im Milch- wie auch im bleibendem Gebiss sind jedoch nicht zu verhindern [17].
Richtig angewendet und klar indiziert, wirkt die GNE wachstumsfördernd, wobei das therapeutische Ziel von der Altersgrenze abhängt. Das Ziel dieser Methode ist es „ Reiz und Reaktion bei einer Regulierungsmaßnahme in ein adäquates Verhältnis zu bringen“ [26].
Nicht immer jedoch kann die Kieferanomalie vollständig behoben werden, sodass ein Wachstumsdefizit bestehen bleibt. In seltenen Fällen kann sie nur teilweise korrigiert werden. Der Zahnbestand muss dann reduziert werden, das heißt Extraktionen können trotz der durchgeführten GNE nicht mehr vermieden werden. Beide Methoden sollten demnach unabhängig von einander betrachtet werden [56, 16].

2.3. Änderung der anatomischen Strukturen bei der Gaumennahterweiterung

Unter der Gaumennahterweiterung versteht *Gerlach* einen traumatischen Prozess, welcher zu einer Verbreiterung des Oberkiefers führt. Bei einem genügenden Widerstand und einer optimalen Schraubenspannung, tritt eine elastischen Verformung des lateralen Anteiles des Os maxillare auf. Diese Verformung wird bedingt durch die mediane Trennung des Os palatinums und der Aufsplitterung der Nasenscheidewand. Mit einer Erweiterung von 50 % ist an der Oberkieferbasis zu rechnen und mit etwa 25 % an den Ankerzähnen und der Nasenhöhle [39].
Eine Verformung am Jochbeinansatz findet nicht statt, unabhängig davon, wie die Beschaffenheit des Knochens zu dieser Zeit ist.
Bei der Methode der GNE kommt es zu einem Auseinanderdrängen der beiden Oberkieferhälften. Der Bereich der Sutura palatina mediana wird besonders im anteriorem

Teil V-förmig geöffnet. Die Bezeichnung einer Fraktur ist in diesem Zusammenhang unzutreffend, da es bei diesem Vorgang zu einer Ruptur und vielen Mikrofrakturen kommt. Die Schleimhaut der Mund- und Nasenhöhle sowie der Periostüberzug bleiben vollständig erhalten. Im Bereich der Suturränder kommt es im Laufe der Zeit zu einer knöchernen Heilung und Stabilisierung [69].

Eingriffe nach einer vollständigen Ossifikation der Suturen sind durch alleinige kieferorthopädische Maßnahmen nicht mehr möglich. Mit zunehmendem Alter und fortschreitender Verzahnung und Verknöcherung der Suturen ist eine Erweiterung nur noch chirurgisch zu vollziehen oder unter sehr starken Schmerzen [10, 5].

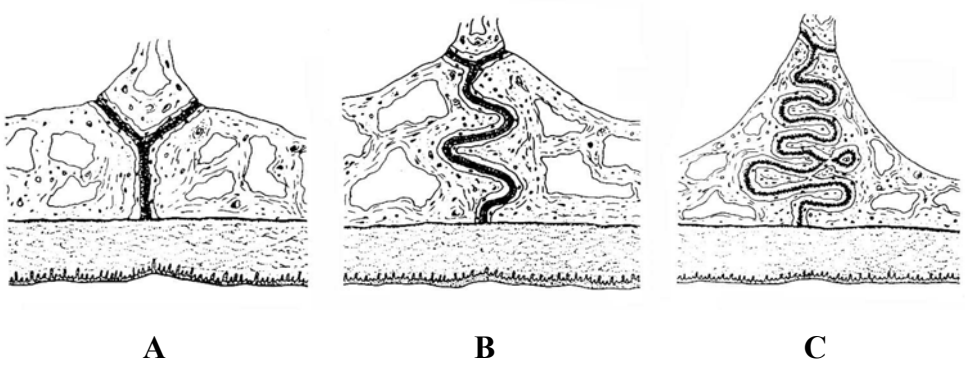


Abbildung 2: **Struktur der Sutura palatina mediana in verschiedenen Altersstufen**

A: Y-förmig im Kindesalter von 8 Jahren
B: Beim Jugendlichen im Alter von 12 Jahren
C: Beim Erwachsenen kurz vor der Ossifikation im Alter von 18 Jahren
(Frontalschnitt mit Vomer und beiden Gaumenhälften [64])

Die Maxilla wird von 10 Knochen umgeben. Dazu gehören das Os ethmoidale, Os frontale, Os zygomaticum, Os pterygoideum, Os sphenoidale, Os nasale, Os lacrimale, der Vomer, das Os temporale und Os palatinum. Die Mandibula umgibt die Maxilla indirekt [7, 8, 9].

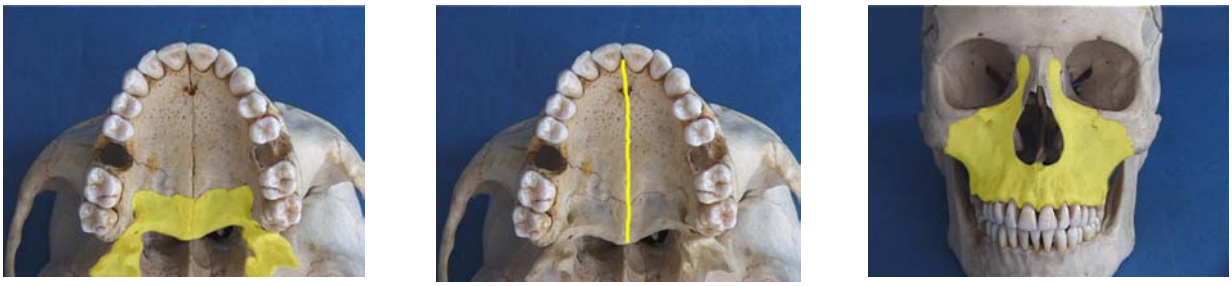
Der Oberkiefer setzt sich zusammen aus dem Processus palatinus, Processus alveolaris, Processus frontonasalis, Processus frontomaxillaris, Processus zygomaticus sowie Os palatinum mit dem Processus pyramidalis.

Bei der GNE kommt es zu einem Auseinanderdrängen der Suturen in dieser Umgebung. Os zygomaticum, Os sphenoidale, der infratemporale Teil der Maxilla sowie der Processus alveolaris der Maxilla werden in den Dehnungsprozess des Os palatinum einbezogen.

Die beiden Kieferhälften der Maxilla rotieren um einen Drehpunkt in der frontonasalen Sutur sowohl in der frontalen als auch in der sagittalen Ebene. Die Maxilla scheint nach vorne unten zu kippen.

Sandikcioglu und *Hazar* sowie *Davis* und *Kronmam* zeigten in ihren kephalometrischen Untersuchungen, dass Punkt A sich nach vorne bewegt und der SNA-Winkel zunimmt, welches eine skelettale Bewegung nach vorne unten darstellt [52, 15, 36, 11, 9,1].

Entscheidende vertikale skelettale Veränderungen sind nicht zu erkennen, welche zu einer sichtbaren Veränderung in der Gesichthöhe führen [11, 9, 66].



A **B** **C**

Abbildung 3: Knöcherne Strukturen

A: Os palatinum

B: Sutura palatina mediana

C: Os nasale mit dem Processus frontalis der Maxilla und dem angrenzendem Os zygomaticum [74]

Im Unterkiefer sind geringe skelettalen Veränderungen während der Expansion erkennbar, die als Folge der Gaumennahterweiterung anzusehen wären. Eine posteriore Rotation der Mandibula ist nachzuweisen, die durch die Lateralkippung der beiden Maxillahälften bedingt ist [25, 20, 42, 5, 28, 29, 70, 36, 66, 13].

Eine geringe spontane transversale Erweiterung des Unterkiefers um einige Millimeter ist nachzuweisen. In den meisten untersuchten Fällen zeigt sich nur eine bukkale Aufrichtung im unteren Seitenzahnbereich mit leichter Zunahme der Zahnbogenbreite [65, 70].

2.4. Dentoalveoläre Veränderungen bei der Gaumennahterweiterung

Bei jeder kieferorthopädischen Behandlung, so auch bei der Gaumennahterweiterung, kann es auch bei einer korrekten Durchführung zu einer Schädigung des Zahnhalteapparates kommen. Dieses äußert sich in gingivalen Läsionen, Zahnlockerungen sowie in Wurzelresorptionen.
Die individuelle Reaktionslage des Patienten sowie die Mundhygiene bestimmen das Ausmaß dieser Folgeerscheinungen.
Die Häufigkeit solcher dentalen und parodontalen Veränderungen ist eher bei festsitzenden Apparaturen vorzufinden und weniger oder gar nicht bei herausnehmbaren Geräten. Röntgenologisch sichtbar werden Resorptionsvorgänge erst beim Überschreiten eines gewissen Ausmaßes, können aber auch ganz unsichtbar bleiben. Da bei festsitzenden Geräten kontinuierliche Kräfte auf die Zähne ausgeübt werden, ist hier ein höheres Risiko für Wurzelresorptionen gegeben.
Laterale Wurzelresorptionen können durch Einlagerungen von Reparaturzement ausheilen. Meistens kommt es aber in diesen Bezirken zu irreversiblen Schädigungen, sodass es zu Verkürzungen der Wurzel kommt. Folglich wird der Zahnhalteapparat geschwächt.
Aufgrund dieser möglichen Erscheinungsbilder ist bei der Indikationsstellung für eine Behandlung deutlich abzuwägen, ob die möglicherweise zu erwartenden Gewebs- und Zahnschäden einen kleineren Krankheitswert besitzen als die zu behebende Anomalie des Gebisses [68].
In der Regel kommt es durch die Anwendung von festsitzenden Apparaturen bei der GNE zu einer Kraftübertragung von den körperlich gefassten Zähnen, meist die ersten Molaren, auf den Kieferknochen. Hierbei ist häufig mit einer bukkalen Kippung der Zähne zu rechnen. Nach Erreichen des Kronenkontaktes tritt bis zur ursprünglichen Achsenstellung eine Aufrichtung der Zähne auf. Gleichzeitig biegen sich die vorderen Gaumenhälften über einen Drehpunkt im Bereich des Nasions hinaus und führen zu einer Gaumendachsenkung [47, 42, 28, 30, 13].
Cross und McDonald berichteten über eine Erweiterung des Alveolarknochens im Bereich der oberen vorderen Incisivi mit Weiten zwischen 1,6 und 5,2 mm während der Expansion. Größere Werte wurden jedoch im Molarenbereich des Oberkiefers gemessen, die zwischen 1,3 und 13,8 mm lagen. Die größere transversale Erweiterung im posterioren Teil resultiert hier allein durch eine bukkale Kippung der oberen Molaren.
Ein Diastema (= Zwischenraum) im Bereich der oberen mittleren Schneidezähne resultiert nach Abschluss der Expansionsperiode [12].

Abbildung 4: Diastema im Milchgebiss

Im Unterkiefer sind die Seitenzähne den Kräften im Mund ausgesetzt, zum Beispiel Zungen- und Kaukräften. Sie sind in ihrer Position nicht starr fixiert. Bedingt durch die Dehnung im Oberkiefer kommt es zu einer Achsenaufrichtung der Seitenzähne. Der einfache Kauakt sowie der aufgetretene Freiraum der Zunge und Muskelbalance unterstützen diese Bewegungen. Die Kompression wird zwangsläufig durch die „physiologische Aufrichtung der unteren Seitenzähne, bedingt durch die Änderung ihrer Achsenneigung“, aufgehoben.

Durch aktive Apparaturen im Unterkiefer kann dieser Vorgang unterstützt werden. Die Erweiterung sollte langsam durchgeführt werden, um den Seitenzähnen des Unterkiefers bei der Änderung der Achsenneigung ausreichend Zeit zu geben. Resorptionen an den Zähnen können so vermieden werden [17, 12, 28].

Nach *Derichsweiler* gelingt es, den Zahnbogen durch die Gaumennahterweiterung zu weiten und somit in transversaler und sagittaler Richtung Platz zu schaffen.

Die Zähne im Oberkiefer reagieren während der stattfindenden Dehnung mit einer bukkalen Kippung mit resultierender Aufrichtung der Zähne. Der Kaudruck begünstigt diese Aufrichtung. Als Misslungen gilt eine Kieferdehnung, bei der eine Kippung der Seitenzähne bestehen bleibt [56, 13].

Durch die V-förmige Dehnung der Sutura palatina mediana kann eine leichte sagittale Entwicklung des Frontzahnbogens beobachtet werden. Zurückzuführen ist diese Beobachtung auf eine am distalen Punkt der Sutur stattfindende Rotation und dadurch ein Auftreten einer leichten mesialen und bukkalen Verlagerung der Frontzähne. Häufig resultiert direkt nach der Expansion ein offener Biss, der auf die Bukkalkippung der Oberkiefermolaren zurückzuführen ist. [9,1].

2.5. Histologische Veränderungen bei der Gaumennahterweiterung

2.5.1 Suturen

Bei einer kontrollierten Dehnung, wie sie bei einer Gaumennahterweiterung durchgeführt wird, besitzt das Gewebe die Möglichkeit, sich an die neuen Beschaffenheiten zu adaptieren. Es kommt zu einer Reorganisation beziehungsweise zu einer Stimulation in den besonders um die mittlere palatinale Sutur befindlichen Knochenstrukturen [25].

Ekström, Henrikson und *Jensen* zeigten in Versuchen an Rhesusaffen, dass es zu umfangreichen Umbauvorgängen in den betroffenen Bereichen der Knochen und der Umgebung kommt. Bei der Erweiterung der Sutura palatina entsteht ein Defekt, welcher durch ein nicht organisiertes Bindegewebe rasch ersetzt wird. Die Voraussetzung für eine Ossifikation liegt in dem Vorhandensein von Bindegewebe, in dem sich undifferenzierte Mesenchymzellen befinden. Diese bilden sich zu Osteoblasten aus und synthetisieren Matrixsubstanzen. Kurze Zeit später ossifiziert die sezernierte Matrix, welche als Osteoid bezeichnet wird. Das Osteoid mineralisiert durch Einlagerung von Hydroxylapatit. Es kommt zu einer Konsolidierung mit neuem Knochen, ähnlich wie bei einer immobilisierten Fraktur [20]. Diese Umbauvorgänge finden sehr schnell statt. Schon drei Wochen nach der erfolgten Sutureneröffnung zeigt sich deutlich eine Mineralisation den eröffneten Strukturen. Eine große Zellaktivität von Osteoblasten und Osteoklasten ist schon in der ersten Woche zu erkennen. In den nächsten Wochen ist ein deutlicher Anstieg nachweisbar, welcher die nächsten Monate noch zunimmt. 3 bis 6 Monate nach der GNE und Eröffnung der Sutura palatina mediana liegen gleiche Zell- und Mineralisationsverhältnisse in allen umorganisierten Bereichen der Suturen vor. Im anterioren Anteil der Sutur findet eine schnellere Remodellation im Vergleich zur posterioren statt [21, 67].

Thomsons histologische Untersuchungen zeigten ebenfalls eine Osteoblastenaktivität in den betroffenen Knochenstrukturen nach einer GNE. Große Bereiche einer Umorganisation in den Zell- und Bindegeweben konnten nachgewiesen werden. Besonders die Strukturen des Mittelgesichtes, wie Sutura zygomaticomaxillaris, zygomaticotemporalis, zygomaticofrontalis frontomaxillaris und frontonasalis, waren von diesen Vorgängen betroffen. Zum Schluss zeigte sich ein Bild der völligen Reorganisation. Der Prozess der Remodellierung der Knochen und der Zellen in den von der GNE betroffenen Strukturen setzt schon kurz nach der Expansion ein. Die verursachten Defekte werden sofort vom Körper behoben. Die Umbauvorgänge nach der Erweiterung der Sutura palatina sind nicht pathologisch.

Während der Expansion kommt es zu einer Anpassung des Zell- und Bindegewebes an die einwirkenden Kräfte. Gewebeumbau und Resorptionen sind bei der Trennung von knöchernen Strukturen nicht zu vermeiden. Sie sind wichtige Faktoren für eine physiologische Trennung der Knochennaht [47].
Nach *Kanakawa* und *Shimizu* nehmen die Umbauvorgänge in den knöchernen und bindegewebigen Bereichen mit zunehmendem Alter ab, sodass mehr Zeit für eine Regeneration benötigt wird. Das Entscheidende bei einer GNE ist es, eine schnelle Trennung der mittleren Sutur zu erreichen, wobei es zu einem Auseinanderreißen des Bindegewebes der Sutur kommt [38, 40].

2.5.2. Parodontium

Als Folge der durch die kieferorthopädische Behandlung einwirkenden Kräfte lassen sich Wurzelresorptionen nachweisen. Diese treten besonders stark an den ersten Molaren und im zervikalen Drittel der Wurzeln auf. Die Resorptionen resultieren aus den lateralen und distalen Bewegungen während der Behandlung. Eine Einstellung dieser Bewegung führt sofort zu einer Regeneration der entstandenen Resorptionslakunen durch Zementeinlagerungen. Die größten Resorptionen sind direkt nach der aktiven Phase der Dehnung erkennbar und die geringsten nach einer längeren Zeit der Retention [61, 48, 22].
Zu der Aussage von *Derichsweiler* „ dass Ankerzähne keinen schädlichen Einflüssen durch die Gaumennahterweiterung unterliegen“, äußerte sich *Herrmann* und zeigte in histologischen Untersuchungen, dass die stattfindenden Reaktionen im Gewebe die Indikation für die Methode der Gaumennahterweiterung in keiner Weise einschränkt. Nach Entfernung der GNE-Apparatur war eine Pachydermie mit Epithelproliferation zu erkennen. Dieser Zustand weist auf eine normale Umstrukturierungen von Zellen im Gewebe hin und auf keinen pathologischen Prozess [31].

2.6. Auswirkungen der Gaumennahterweiterung auf die Atmung

Derichsweiler beschreibt, dass nach erfolgter GNE eine Spontanumstellung der vorliegenden Mundatmung auf die Nasenatmung beobachtet wird. Viele Patienten mit Steilgaumen leiden an einer eingeschränkten Nasenatmung, was eine Mundatmung zur Folge hat. Durch eine transversale Erweiterung des Oberkiefers kann es zu einer Begradigung einer vorliegenden Septumdeviation kommen, falls die Behandlung frühzeitig begonnen wird (6-8 Lebensjahr) und die Septumdeviation nicht Bestandteil einer allgemeinen Schädelasymmetrie ist.
Es kommt hierbei zu einer leichten Aufdehnung der Lamina mediana des Siebbeins und des Pflugscharbeins, welche die dünnen Anteile der Nasenscheidewand bilden. Hierbei kommt es zum sogenannten „Nasenwurzelschmerz". Weiterhin resultiert durch die Dehnung der Maxilla eine Erweiterung des Nasenbodens, die zu einer besseren nasalen Durchlüftung führt. Durch die Dehnung der Sutura palatina mediana zeigt sich gleichzeitig eine deutliche Verbreiterung der Nasenhöhlen [20, 73, 13].
Cross und McDonald untersuchten Patienten mit posteriorem Kreuzbiss ohne einen Anhalt auf eine adenoidale Blockade im Nasopharynx und vorrangegangene chirurgische Eingriffe. Dabei stellten sie keine signifikanten intranasalen Veränderungen fest. Die maximale Erweiterung der Nasenkavität lag bei 1,06 mm. Zurückzuführen sind diese Werte auf eine Vorwärtsbewegung des Oberkiefers während der Erweiterung, die zu einem Absinken des Nasenbodens führt [28, 72, 13, 58, 12].
Anomalien im Bereich der Maxilla sind meist skelettal fixierte Entwicklungen, welche zu rhinologischen Problemen führen können. Mundatmung, verminderte Nasenatmung durch Minderentwicklung der Nasengänge, Absenkung des Nasenbodens, beidseitiger Kreuzbiss mit hohem Gaumendach und transversaler Unterentwicklung der Maxilla sind typische Erscheinungsbilder dieser Art von Fehlbildungen. Durch die Methode der Gaumennahterweiterung kommt es nachweislich zu einer Rückbildung von bestehenden adenoiden Hypertrophien und Hyperplasien und folglich zu einer verbesserten Atmung [8, 50, 32, 71].
Weise zeigte, dass nach ausgeprägter Oberkieferverbreiterung, besonders beim Vorliegen eines Steilgaumens, eine Umstellung von Mund- auf Nasenatmung erfolgt. Auch bei bestehendem flachen Gaumen und geringem transversalen Defizit sind Atmungsumstellungen zu beobachten [69].
Diese Umstellung erfolgt bei den Patienten spontan und wird schon durch geringe Erweiterungswerte erzielt.

Linder-Aronson und *Aschan* zeigten in ihren Untersuchungen eine Reduktion der nasalen Probleme während einer forcierten GNE. Entscheidend waren hier die folgenden Nachuntersuchungen ein Jahr später, in der 76,5 % der behandelten Patienten weiterhin eine stabile nasale Atmung aufwiesen [41, 20].

2.7. Einflüsse auf das Allgemeinbefinden des Patienten durch die Gaumennahterweiterung

Es wird berichtet, dass die GNE einen positiven Effekt auf das Allgemeinbefinden eines jungen Patienten haben könne. Durch die Veränderungen, die bei einer GNE entstehen, konnte bei den Patienten eine verbesserte vegetative Reaktionslage beobachtet werden, das Sprachverhalten erwies sich als fortschrittlich, die weitere Entwicklung zeigte sich regelrechter. Durch die auftretende Umstellung der Mund- auf die Nasenatmung erschienen die Patienten ruhiger und ausgeglichener [44, 60, 42].

Stockfisch und *Eirew* berichteten über häufig auftretende Infektionen der oberen Atemwege, die vor der Behandlung vorgelegen haben und welche nach erfolgter Therapie mittels der GNE deutlich reduziert oder sogar ganz behoben werden konnten [60, 20].

Nach *Derichsweiler* kommt es zu einer Verbreiterung der Kiefer- und Nasehöhle und zu einer Absenkung des Nasenbodens und des Gaumendaches. Als Folge tritt im Bereich der Nase eine Rückbildung der Schleimhautwucherungen und Adenoide auf, was zu einer Umstellung einer bestehenden Mundatmung auf die Nasenatmung führt. Eine deutliche Verbesserung des vegetativen Systems sei allgemein die Folge [17].

Auch *Gerlach* lieferte in seinen Untersuchungen immer wieder Hinweise auf eine positive Veränderung in dem Verhalten von jungen Patienten, die sich einer Gaumennahterweiterung unterzogen haben [26].

Weise betonte auch immer wieder auftretende Verbesserungen der physischen und psychischen Eigenschaften bei der Untersuchung seiner Patienten [69].

2.8. Rezidiv

Nach *Timms* ist bei einer Dehnung die Geschwindigkeit der entscheidende Faktor, um eine maximale Erweiterung des Oberkiefers zu erlangen und um einen Verlust der erzielten Dehnung zu vermeiden. Entscheidend ist eine Suturenerweiterung mit minimaler Zahnbewegung, welches bedeutet, dass eine Kraftübertragung direkt auf den Knochen erfolgen sollte. Bei einer raschen Expansion besteht nicht ausreichend Zeit für das Auftreten orthodontischer Zahnbewegungen, sodass Umbauvorgänge erst nach der Eröffnung der Sutura palatina stattfinden können. Eine Stabilität der erzielten Dehnung kann somit eher erfolgen und ein Kollabieren vermieden werden.

Nach *Timms* tritt bis zu ein Drittel Verlust der Erweiterung auf, also ein Rezidiv. Aufgrund einer erfolgten Überdehnung ist dieses Rezidiv ohne medizinischen Belang. Bei einer effektiven GNE ist das Ausmaß einer Dehnung des Oberkiefers nicht entscheidend, besonders, wenn diese sehr früh erfolgt. Eine Dehnung von 5-10 mm ist meistens ausreichend, um früh skelettale Manifestationen zu vermeiden. Eine sofortige Retention ist wichtig, um einen Kollaps der erzielten Dehnung zu verhindern. Weiterhin werden während der Retentionsphase die Umbauvorgänge in den knöchernen Strukturen fortgesetzt und die Situation stabilisiert [63, 65, 28]. Bei einer GNE ohne Retention ist mit einem Rezidiv von 45 % zu rechnen, wobei ein Unterschied zwischen herausnehmbaren und festsitzenden Retentionsgeräten zu nennen ist. Bei einer Retention mit herausnehmbaren Platten ist eine Rezidivneigung von 22-25 % zu erwarten, mit festsitzenden Retainern deutlich weniger mit 10-23 % [33, 30].

Neben funktionellen Kräften und skelettalen Veränderungen, die ein Rezidiv verursachen können, werden sehr häufig lokale Faktoren als Grund genannt. Vor allem der Faserapparat der derben Gaumenschleimhaut zählt zu den lokalen Faktoren.

In der Zeit, wo ein Knochen noch nicht ausgereift, umstrukturiert und mineralisiert ist, kann dieser problemlos mobilisiert und durch die Kräfte des Faserapparates in eine neue Position gebracht werden. Da ein neugebildeter Knochen zumindest 3 bis 6 Monate braucht, um seine Reifung zu vollziehen, sollte dieser durch ein Retentionsgerät so lange wie möglich in der neuen Position gehalten werden. Ein Rezidiv nach dieser Zeit ist nicht mehr entscheidend [19]. Frühestens nach dieser Zeit und dem Ausbleiben der einwirkenden Faktoren sind keine Hilfsmittel mehr notwendig und die normalen physiologischen Verhältnisse wiederhergestellt. Mit einem Rückfall ist nicht zu rechnen [64, 39].

Nach *Krebs* rezidiviert vor allem der Bereich der Eckzähne sehr stark, die Molarengegend bleibt weitgehend stabil. Eine Überdehnung ist daher empfehlenswert [60]. Je früher eine Therapie begonnen werden kann, desto geringer ist das Auftreten eines Rezidives. Bei jungen Patienten werden geringere oder sogar keine Verluste in der transversalen Weite beobachtet [57, 70, 58, 60].

3. Problemstellung

Die Gaumennahterweiterung ist eine einfache Möglichkeit, schnell ein- und beidseitige Kreuzbisse zu überstellen. Durch eine frühe Behandlung kann die Manifestation skelettaler Asymmetrien vermieden und weitere eventuell notwendige kieferorthopädische Behandlungen erleichtert werden.

Da die GNE zumeist bei Patienten oberhalb des 12. Lebensjahres als Behandlungsmethode eingesetzt wurde, ergibt sich die Frage, ob eine frühere Behandlung, das heißt schon im Milch- oder frühem Wechselgebiss, eine höhere Effektivität und Stabilität besitzt.

Insbesondere sollen in der vorliegenden Untersuchung folgende Fragen geklärt werden:

- Wie groß sind die erzielten transversalen Erweiterungen?
- Hat die transversale Erweiterung des Oberkiefers einen Einfluss auf den Unterkiefer?
- Ist ein skelettaler Einfluss auf den Ober- und Unterkiefer in der Sagittalen und Vertikalen nachweisbar?
- Wie ausgeprägt ist das Rezidiv?

4. Material und Methode

4.1. Patientenauswahl

Für die vorliegenden Untersuchungen erfolgte die Auswahl der Patienten in Zusammenarbeit mit einer kieferorthopädischen Praxis in Pulheim/Köln. Hier wurden regelmäßig Patienten behandelt, die schon in früher Kindheit an einem hypoplastischen Oberkiefer mit ein- oder beidseitigem Kreuzbiss litten. Eine große Anzahl der Patienten stellte sich schon sehr früh zur Behandlung vor, das heißt im Milch- und frühem Wechselgebiss. Die Behandlungsabläufe von allen Patienten wurden in regelmäßigen Abständen mit Modellen, Fotos und Röntgenbildern dokumentiert. Die Röntgendiagnostik beruht auf der Beurteilung eines Fernröntgenseitenbildes (FRS).

Die Untersuchungen basierten auf prä- und posttherapeutischem Material. Dabei wurden Modelle und FRS vor der Dehnung und nach der Dehnung mit einer Gaumennahterweiterungsapparatur ausgewertet. Bei einem Teil der Patienten wurden auch Modelle und FRS-Aufnahmen nach der Retentionsphase erfasst.

Von den 102 Patienten, die für die vorliegende Studie ausgesucht wurden, konnten 242 Modelle in die Auswertungen einbezogen werden.
Aus dieser Gruppe wurden bei 64 Patienten insgesamt 128 Modelle vor und nach der GNE vermessen und bei 38 Patienten insgesamt 114 Modelle vor und nach der GNE sowie auch nach einer Retentionzeit.

Für die Fernröntgenseitenbildanalyse wurden 164 Fernröntgenseitenbilder (FRS) ausgewertet. Aufgrund von nicht reproduzierbaren Referenzpunkten bei Über- oder unterbelichteten Röntgenaufnahmen mussten bei 30 Patienten die FRS-Aufnahmen verworfen werden, sodass nur bei 72 Patienten auswertbare FRS-Aufnahmen vorlagen.
Aus dieser Gruppe konnten jeweils bei 52 Patienten vor und nach der GNE die FRS-Aufnahmen vermessen werden und bei 20 Patienten vor und nach der GNE sowie auch nach der Retentionszeit.

Ein wichtiges Kriterium bei der Patientenauswahl war das Alter. In den folgenden Tabellen wird das Durchschnittsalter vor GNE (T1), nach GNE (T2) und nach Retention (T3) angegeben.

Alterverteilung bei der Modellanalyse

Zeit	Patientenalter
T1	9,1 ± 2,2
T2	10,7 ± 2,4
T3	11,6 ± 2,0

Altersverteilung bei der FRS-Analyse

Zeit	Patientenalter
T1	9,6 ± 2,1
T2	11,0 ± 2,1
T3	12,7 ± 2,4

4.2. Herstellung der Gaumennahterweiterungsapparatur

Bei den hier untersuchten Patienten wurde die sogenannte Hyrax-Schraube zur forcierten Gaumennahterweiterung angewandt. Bei dieser Schraube handelt es sich um eine Spezialschraube, deren Retentionsarme an orthodontische Bänder angelötet werden. Die okklusalen Kauflächen sowie distale, mesiale, palatinale und bukkale Flächen der Milchmolaren, werden mit Kunststoff überzogen. Die Drahtausleger werden mit in den Kunststoff einbezogen. Das Vorgehen bis zur Fertigstellung der GNE- Apparatur ist wie folgt: Molarenbänder werden an den ersten Molaren im Oberkiefer beidseitig angepasst. Nach einer Abdrucknahme werden diese im Abdruck in der richtigen Position fixiert. Mit Wachs werden die Bänder am Abdruck befestigt und mit Gips ausgegossen. Nach Fertigstellung der Gipsmodelle sind die Bänder an den ersten Molaren befestigt und die Hyrax-Schraube kann in der Mitte der Raphe mediana auf Höhe der zweiten Milchmolaren positioniert werden. Die Retentionsarme werden palatinal mit 1 mm Abstand vom ersten Milchmolaren bis ersten Molaren entlang gebogen und an den Bändern angelötet. Die Milchmolaren werden beidseitig mit Kunststoff überzogen. Die Apparatur wird von scharfen Kanten befreit, bevor sie im

Mund des Patienten eingesetzt werden kann. Um Irritationen der Gaumenschleimhaut zu vermeiden, welche beim Tragen der Apparatur entstehen können, ist die gesamte Palatinalfläche hohlgelegt.

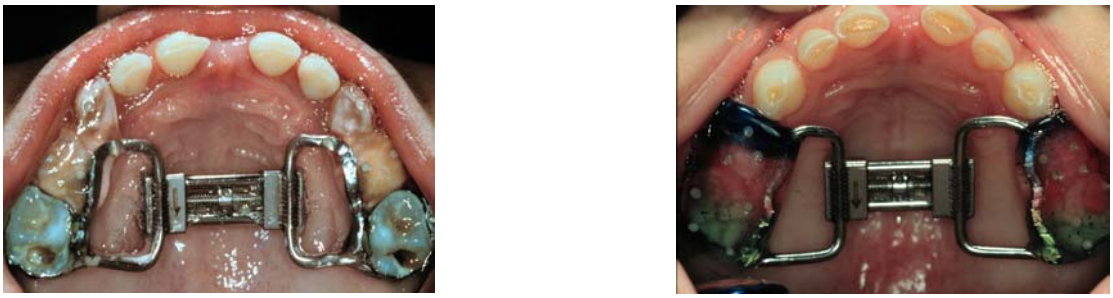


Abbildung 5: Gaumennahterweiterungsapparatur mit Hyrax-Schraube

4.3. Therapeutisches Vorgehen bei der Gaumennahterweiterung

Nach Eingliederung der GNE- Apparatur wird diese mindestens 3 Monate im Mund des Patienten belassen. Je nach vorliegender Anomalie kann sie sogar bis 6 Monate getragen werden. In den ersten 3 Wochen erfolgt eine forcierte Erweiterung, wobei in den ersten Tagen die Schraube 3 mal täglich um eine Viertelumdrehung verstellt wird. In den darauffolgenden Tagen je 2 mal. Die Aktivierung der Schraube erfolgt durch die Eltern, sodass Kontrolltermine in größeren Zeitspannen gelegt werden können. Bei einer Viertelumdrehung beträgt die Bewegung pro Seite bei einer Gewindehöhe von 0,8 mm und einer Hubhöhe von 0,16 mm, 0,08 mm pro Seite. Nach kurzer Zeit tritt unter normalen Umständen als Zeichen einer skelettalen Erweiterung ein Diastema zwischen den beiden oberen mittleren Schneidezähnen auf.

Eine Dehnung erfolgt normalerweise weitgehend schmerzfrei. Um ein Rezidiv weitestgehend zu vermeiden, erfolgt in den meisten Fällen eine Überdehnung. Dies ist generell nach 6 Wochen der Fall. Die Apparatur wird dann je nach Patient ohne weitere Erweiterung als Retentionsgerät getragen, oder es wird ein Retentionsgerät spätestens nach 3 Monaten

angefertigt und eingegliedert. Bei den hier angewandten Retainern handelt es sich um Transpalatinalbögen oder E-Bögen aus federhartem Stahldraht, welche in der Regel mindestens 6 Monate und sogar in Ausnahmefällen 1 Jahr und länger getragen werden.
In dieser Zeit, das heißt direkt nach der stattgefundenen Gaumennahterweiterung, erfolgt die eigentliche kieferorthopädische Behandlung in die auch der Unterkiefer miteinbezogen wird.

Abbildung 6: Nach erfolgter GNE eingegliedertes Retentionsgerät

4.4. Diagnostisches Material

Die vorliegende Studie umfasste die Auswertungen von prä- und posttherapeutischen Fernröntgenseitenbildern (FRS) und Modellen. Bei der Auswahl der Röntgenaufnahmen wurden folgende Voraussetzungen beachtet:

- Hart- und Weichgewebe mussten deutlich erkennbar sein.
- Alle wichtigen kephalometrischen Punkte mussten eindeutig identifizierbar sein.

Bei den Modellen galt:

- Alle Vermessungspunkte, welche in einer Modellanalyse verwendet worden sind, mussten deutlich erkennbar sein.
- Die Modelle durften keine Schäden in relevanten Vermessungsarealen aufweisen.

Für die Auswertungen wurden alle FRS-Aufnahmen und Modelle des Ober- und Unterkiefers durch den Computer erfasst und vermessen.
Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Box-Plots mit der Unterteilung T1, T2 und T3.

4.5. Auswertung der Modelle und FRS-Aufnahmen

Alle Modelle und Fernröntgenseitenbilder (FRS) wurden mit dem Computerprogramm WinCeph 4.0 bearbeitet. Dieses Programm bietet die Möglichkeit, FRS-Aufnahmen und Modelle zu vermessen und metrisch auszuwerten. Somit ist eine genaue Analyse der Schädel- und Gesichtsstruktur sowie eine Wachstumsprognose möglich.
Das vorliegende Material bestand aus 242 Modellen sowie 164 FRS-Aufnahmen. Das gesamte Material wurde mit einem Flachbettscanner eingescannt. Das Scannen erfolgte jeweils mit 200 und 300 dpi. Nach Datenerfassung durch den Computer erfolgte die Vermessung und Auswertung von orginalgetreuen und größenrichtig skalierten digitalen Bildern. Ein Vermessungspunkt musste zusätzlich beim Modell manuell berechnet werden.

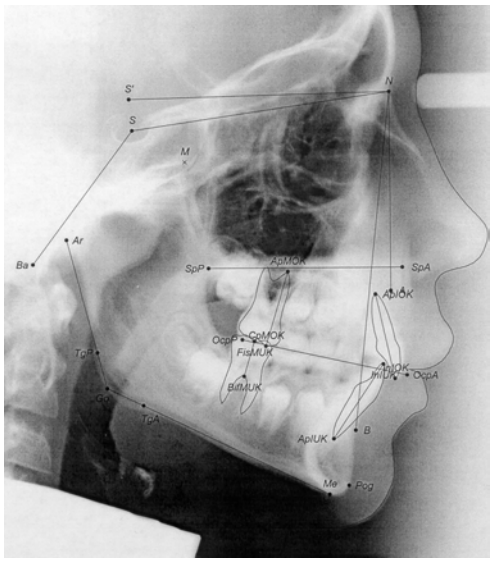


Abbildung 7: FRS-Analyse mit dem WinCeph

4.5.1. Vermessungspunkte der FRS-Aufnahmen

Schädelbasis

Nasion(N):	Übergang Os frontale zum Os nasale
Sella(S):	Mittelpunkt der Sella turcica
Basion(Ba):	Unterster und hinterster Punkt des Clivus in der Sagittalebene

Oberkiefer

A-Punkt(A):	Hinterster Punkt der vorderen Kontur des oberen Alveolarfortsatzes
Spina nasalis anterior(Spa):	Vorderster Punkt der Nasallinie
Spina nasalis posterior(SpP):	Hinterster Punkt der Nasallinie

Unterkiefer

Articulare(Ar):	Röntgenologischer Schnittpunkt zwischen Unterrand des Clivus und der hinteren Kontur des aufsteigenden Astes der Mandibula
B-Punkt(B):	Hinterster Punkt der vorderen Kontur des unteren Alveolarfortsatzes
Menton(Me):	Unterster Punkt der mandibulären Symphyse
Pogonion(Pog):	Vorderster Punkt der mandibulären Symphyse

Dentition

Apikale OK Inzisivus (ApIOK):	Wurzelspitze des mittleren oberen Inzisivus
Inzisale OK Inzisivus (InIOK):	Schneidekante des mittleren oberen Inzisivus
Inzisale UK Inzisivus (InIUK):	Schneidekante des mittleren unteren Inzisivus
Apikale UK Inzisivus (ApIUK):	Wurzelspitze des mittleren unteren Inzisivus kuspidal anterior

OK Molar (CpAMOK):	Spitze des mesialen Höckers des oberen ersten Molaren
Fissura UK Molar (FisMUK):	Querfissur des unteren ersten Molaren
Bifurcatio UK Molar (BifMUK):	Bifurkation des unteren ersten Molaren

4.5.2. Vermessungspunkte der Modelle

Raphe-Median-Ebene (RME)	Median-Sagittalebene, durch das zweite Gaumenfaltenpaar und Übergang harter/weicher Gaumen verlaufend
Schneidezahnbreiten (SIOK)	breiteste mesiodistale Ausdehnung senkrecht zur Zahnachse im OK
Schneidezahnbreiten (SIUK)	breiteste mesiodistale Ausdehnung senkrecht zur Zahnachse im UK

Vermessungspunkte für die transversale Abweichung

OK:	Mitte der Fissur P1-P2	anteriore Zahnbogenbreite
	Zentrales Grübchen M1-M2	posteriore Zahnbogenbreite
UK:	Kontaktpunkt P1-P2	anteriore Zahnbogenbreite=P-P
	Distobukkaler Höcker M1-M2	posteriore Zahnbogenbreite=M-M

Hälftenungleichheiten (sag. Asymmetrie)	palatinaler Zahnfleischsaum P1-P2 beziehungsweise M1-M2 senkrecht zur Raphe palatina mediana
Zahnbogenlot (LO,LU)	OK: Punkt 1-2mm unterhalb der Schneidekantenmitte auf den Palatinalflächen der mittleren Inzisivi UK: Schneidekantenmitten der mittleren Inzisivi

Raphe-Papillen-Transversale (RPT)	Senkrechte auf der Raphe palatina der Papilla incisiva oder am Abgang des ersten Gaumenfaltenpaares
Stützzone (OK,UK)	Strecke zwischen dem distalen Punkt am 3er und mesialen Punkt vom 6er
Overjet	Sagittaler Abstand der vestibulären Flächen der mittleren Inzisivi in Okklusion
MLA	Mittellinienabweichung beider Kiefer in Okklusion
MA	Mandibuläre Abweichung

Manueller Vermessungspunkt beim Modell

Vertikaler Überbiss (Overbite): vertikale Distanz zwischen oberen und unteren Inzisivischneidekanten in Okklusion

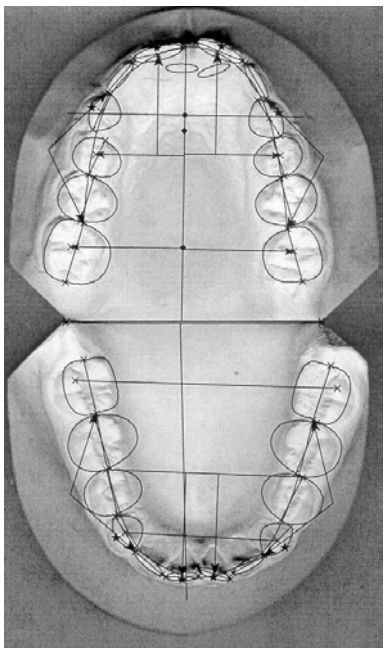


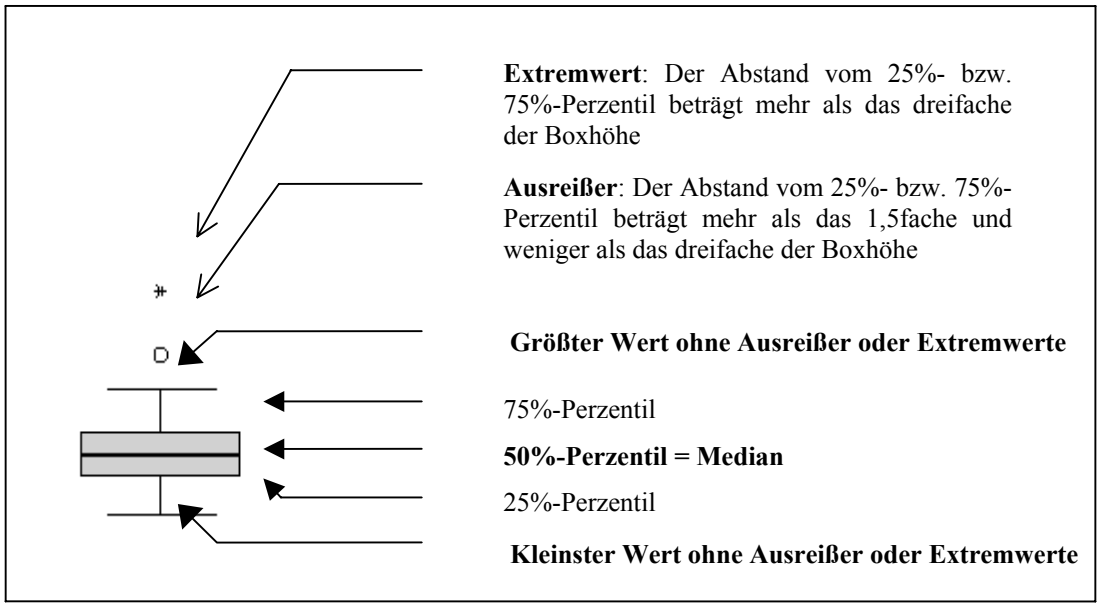
Abbildung 8: Modell-Analyse mit WinCeph

4.6. Fehlerquellen

Eine Anfertigung des FRS ermöglicht eine weitgehend orginalgetreue Reproduktion des Schädels ohne Verzerrungen und Größenunterschiede.
Um eine reproduzierbare Markierung der Referenzpunkte eines FRS zu erzielen, ist eine optimale Positionierung des Patienten im Kephalostat notwendig, sowie eine optimale Filmverarbeitung.
Liegt dies nicht vor, so kann das vorliegende FRS nicht regelrecht ausgewertet werden.
Aus diesem Grund konnten bei 30 Patienten die dazugehörigen FRS-Aufnahmen nicht verwertet werden und mussten aus der Auswertung herausgenommen werden.
Durch eine schlechte Bildqualität entstehen Fehler bei der Interpretation von entscheidenden anatomischen Strukturen sowie Fehler, die bei der Erfassung der Position von Messpunkten auftreten.
Für die Modellauswertung sind Gipsmodelle notwendig, welche keine Defekte aufweisen, so dass eine genaue Identifikation der Vermessungspunkte erfolgen kann. Luftblasen oder kleine herausgebrochene Gipspartikel führen zu Fehlern in der Messung. Diese Fehlerquellen müssen in der Auswertung berücksichtigt werden.

4.7. Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Für die Datenerhebung wurde die Software Microsoft Excel 97 ® verwendet. Mit dem Programm SPSS für Windows 9.0 ® erfolgte die statistische Auswertung. Für Schemazeichnungen und Grafiken wurden die Programme Excel 97 ® und SPSS für Windows 9.0 ® verwendet. Zur grafischen Darstellung von stetigen Merkmalen wurden Boxplots verwendet, die in der folgenden Schemazeichnung erläutert werden:



Erläuterung der „Boxplot-Diagramme“

Es wurden die nachstehenden Lage- und Streuungsmaße berechnet:

- Arithmetisches Mittel (MW)
- Standardabweichung (SD)
- Median (Med)
- Minimum (Min)
- Maximum (Max)

Für alle statistischen Tests galt, dass eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ als signifikant und von $p < 0,01$ als hochsignifikant angesehen wurde.

Vor der Anwendung von Verfahren, die eine Normalverteilung der untersuchten Merkmale voraussetzten, wurde diese Hypothese mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Zusätzlich erfolgte eine Visualisierung der Verteilung mittels Histogrammen. Neben der Berechnung deskriptiver statistischer Maßzahlen wurden in der statistischen Analyse die folgenden Verfahren verwendet:

- Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zur Überprüfung der Normalverteilung,
- t-Test für verbundene Stichproben wenn der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest nicht zur Ablehnung der Normalverteilungshypothese führte,
- Wilcoxon-Test wenn der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zur Ablehnung der Normalverteilungshypothese führte.

5. Ergebnisse

5.1. Beschreibung der für das FRS herangezogenen Stichprobe

Die Analyse des Fern-Röntgen-Seitenbildes (FRS) erfolgte jeweils in 72 Fällen vor der Behandlung (T1) und nach der aktiven Phase (T2). In weiteren 20 Fällen konnte auf Analysen nach der Retentionsphase (T3) zurückgegriffen werden.
Das Alter der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung betrug durchschnittlich 9,6 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,1 Jahren. Der Altersbereich erstreckte sich von 5,9 Jahren bis zu 14,7 Jahren wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist:

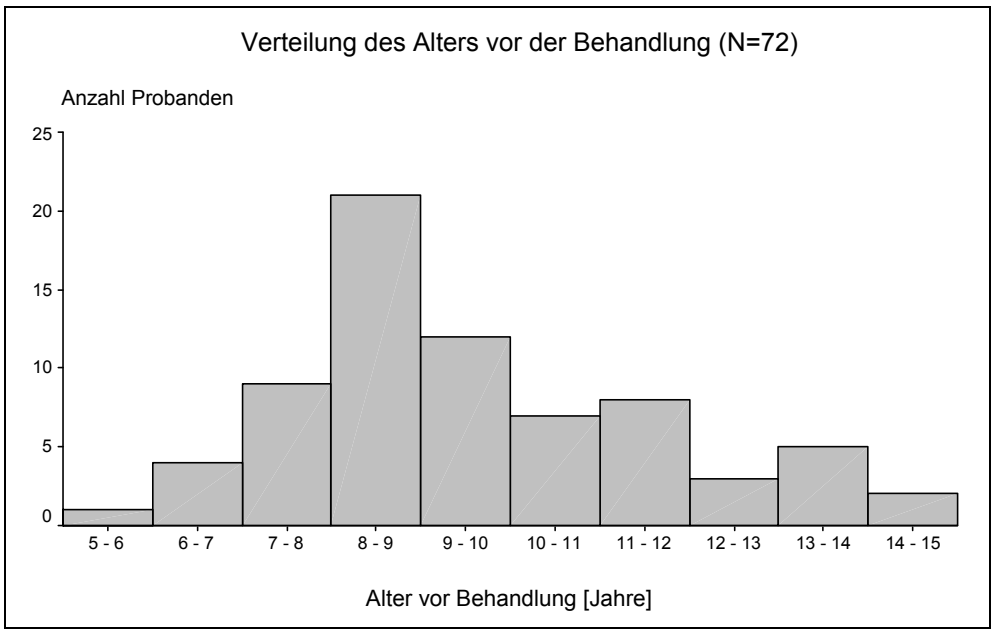


Abbildung 9: Altersverteilung vor der Behandlung

Durchschnittlich 1,4 Jahre mit einer Standardabweichung von 0,63 nach der ersten Untersuchung vor Beginn der Behandlung fand die erste Folgeuntersuchung nach der aktiven Phase statt. Das Alter der Probanden betrug zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 11,0 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,1. Der Altersbereich erstreckte sich von 7,6 bis zu 15,7 Jahren. Die Abbildung 10 zeigt die Altersverteilung zu diesem Zeitpunkt.
Durchschnittlich 1,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 0,76 nach der zweiten Untersuchung fand die Folgeuntersuchung nach der Retentionsphase statt. Das Alter der Probanden zu diesem Zeitpunkt betrug durchschnittlich 12,7 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,4. Der Altersbereich ging von 8,3 bis zu 17,3 Jahren. Die Abbildung 11 zeigt die Altersverteilung zu diesem Zeitpunkt.

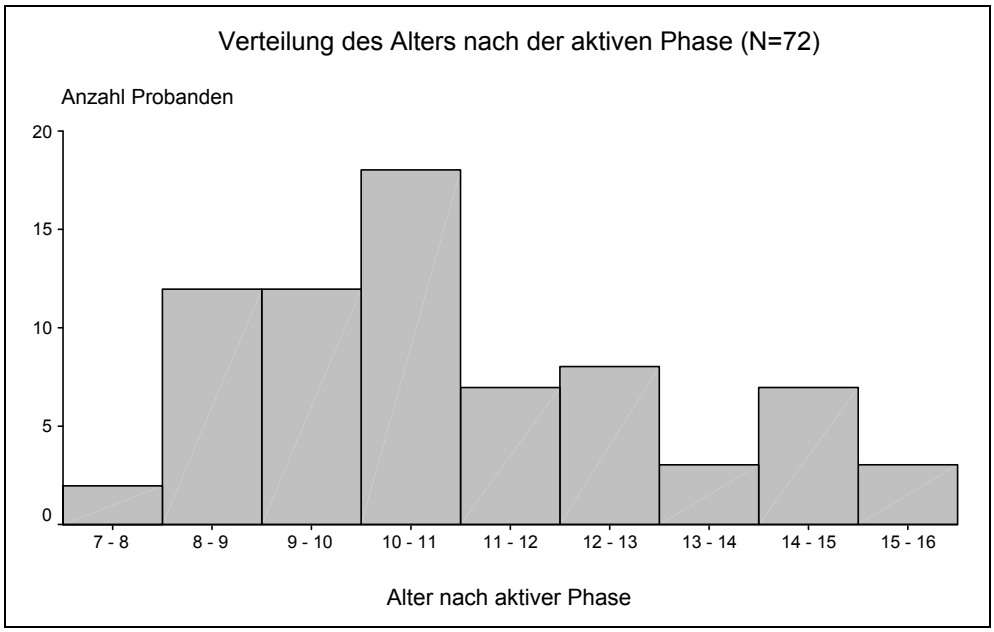


Abbildung 10: Verteilung des Alters nach der aktiven Phase

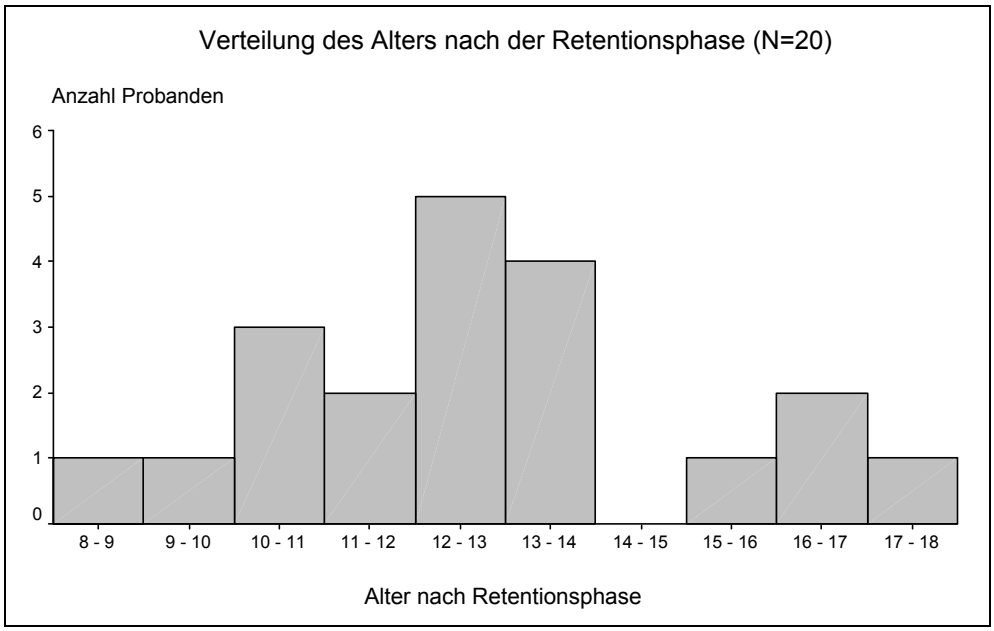


Abbildung 11: Verteilung des Alters nach der Retentionsphase

5.2. Sella-Nasion-A-Winkel (SNA)

Der Sella-Nasion-A-Winkel bezeichnet die sagittale skelettale Einlagerung des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis. Für dieses Winkelmaß wurden vor der Behandlung Werte zwischen 67,8° und 90,6° gemessen. Durchschnittlich betrug dieser Wert 81,9° mit einer Standardabweichung von 4,60°. Der Median war 81,7°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus (p = 0,832). Für die weitere Analyse wurden daher parametrische Tests herangezogen.

Nach der aktiven Phase wurden Werte zwischen 70,3° und 97,5° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Wert 82,7° mit einer Standardabweichung von 4,40°. Der Median betrug 82,1°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant (p = 0,872). Für die weitere Analyse können daher auch für die Ergebnisse der SNA-Bestimmung nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Werte zwischen 77,2° und 87,2° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Wert 83,8° mit einer Standardabweichung von 2,77°. Der Median betrug 84,1°. Da der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest nicht signifikant war (p = 0,718) darf in der weiteren Analyse der t-Test verwendet werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass in Bezug auf die SNA-Bestimmungen vor der Behandlung (T1) und nach der aktiven Phase (T2) kein signifikanter Unterschied bestand (p = 0,192). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich außerdem, dass in Bezug auf die SNA-Bestimmungen nach der aktiven Phase bzw. nach der Retentionsphase kein signifikanter Unterschied nachweisbar war (p = 0,995).

Der Tabelle 1 sind die statistischen Angaben für die SNA zu den drei Untersuchungs-zeitpunkten in der Gesamtstichprobe zu entnehmen:

Tabelle 1: Sella-Nasion-A-Winkel (SNA)

	Sella-Nasion-A-Winkel (SNA) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**81,93**	4,60	67,85	90,64	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**82,71**	4,40	70,27	97,52	} **n.s.**
nach Retention	20	**83,80**	2,77	77,24	87,21	

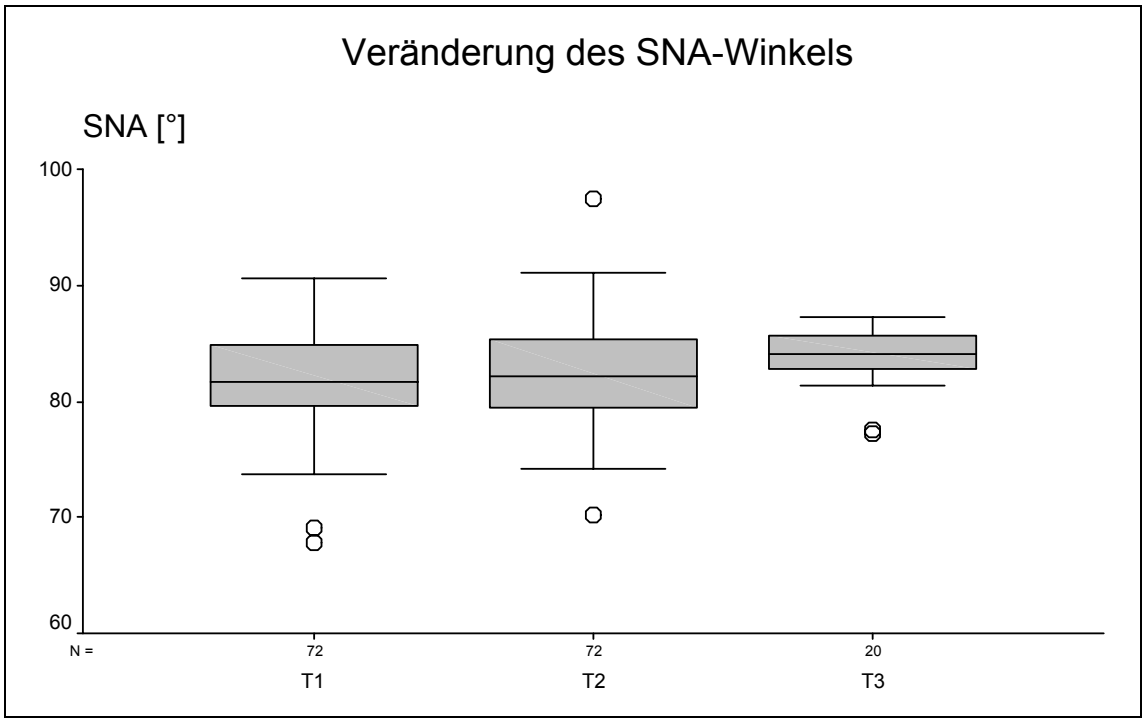


Abbildung 12: Veränderungen des SNA-Winkels

5.3. Sella-Nasion-B-Winkel (SNB)

In Analogie zum SNA erfasst der Sella-Nasion-B-Winkel (SNB) die sagittale skelettale Einlagerung des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis.

Für diese Größe wurden vor der Behandlung Werte zwischen 68,2° und 88,0° ermittelt. Im Durchschnitt betrug der Sella-Nasion-B-Winkel 78,7° mit einer Standardabweichung von 3,8°. Der Median betrug 78,4°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0{,}985$). Für die weitere Analyse können daher parametrische Tests herangezogen werden. Nach der aktiven Phase wurden SNB-Werte zwischen 72,8° und 91,9° ermittelt. Durchschnittlich betrug der Sella-Nasion-B-Winkel 79,6° mit einer Standardabweichung von 3,4°. Der Median betrug 79,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0{,}169$). Für die weitere Analyse konnten daher auch für die Ergebnisse der SNB-Bestimmung nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden. Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Werte zwischen 77,1° und 84,8° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Wert 80,5° mit einer Standardabweichung von 2,4°. Der Median waren 79,7°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0{,}586$) kann in der weiteren Analyse der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war der SNB nach der aktiven Phase statistisch signifikant größer als vor der Behandlung (p = 0,044). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der Anstieg der SNB-Werte nach der aktiven Phase bis zur Retentionsphase nicht signifikant war (p = 0,667). Der Tabelle 2 sind die statistischen Angaben für die SNB zu den drei Untersuchungszeitpunkten zu entnehmen:

Tabelle 2: Sella-Nasion-B-Winkel (SNB)

	Sella-Nasion-B-Winkel (SNB) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**78,74**	3,83	68,18	87,98	} *
nach aktiver Phase	72	**79,58**	3,35	72,76	91,92	} **n.s.**
nach Retention	20	**80,53**	2,35	77,05	84,75	

Anmerkung: * p < 0,05

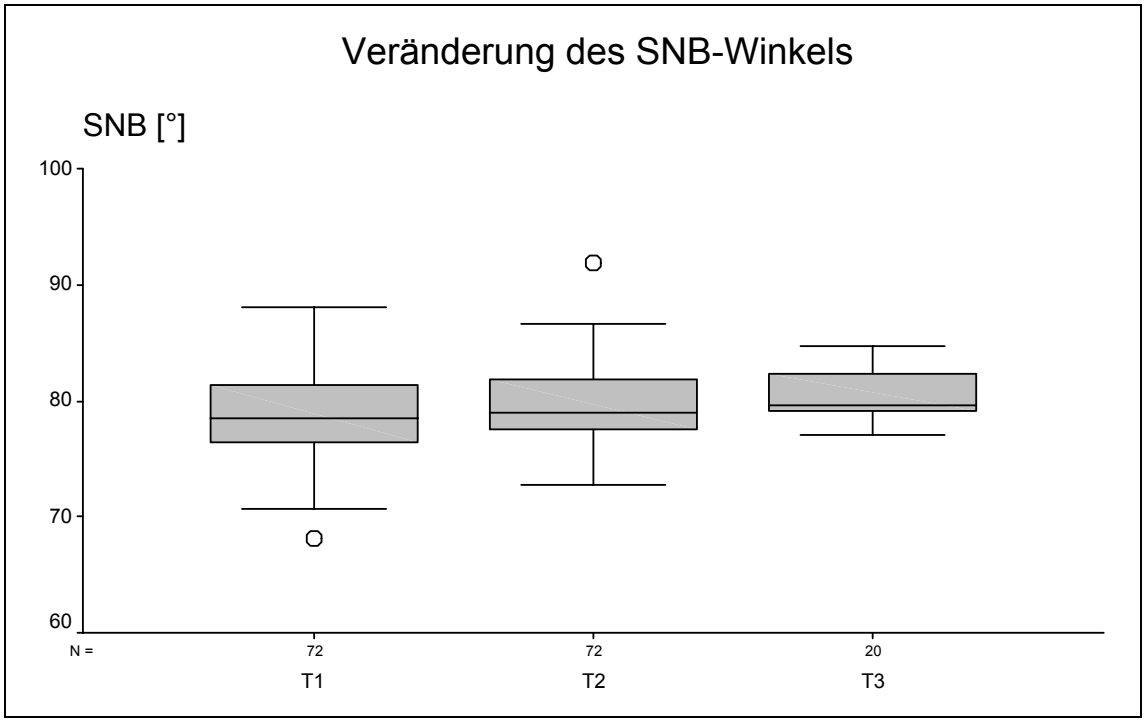


Abbildung 13: Veränderung des SNB-Winkels

5.4. Skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer (ANB-Winkel)

Der ANB-Winkel beschreibt die skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer und entspricht der Differenz zwischen dem Sella-Nasion-A-Winkel (SNA) und dem Sella-Nasion-B-Winkel (SNB).

Für dieses Merkmal wurden vor der Behandlung Werte zwischen –3,4° und 8,3° ermittelt. Im Durchschnitt betrug der ANB-Wert 3,1° mit einer Standardabweichung von 2,57°. Der Median betrug 3,5°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,844$). Für die weitere Analyse konnten daher parametrische Tests herangezogen werden. Nach der aktiven Phase wurden ANB-Werte zwischen –3,8°und 9,0° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrug der ANB-Wert durchschnittlich 3,1° mit einer Standardabweichung von 2,82°. Der Median betrug 3,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,996$). Für die weitere Analyse können daher auch für die Ergebnisse der ANB-Bestimmung nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden. Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Werte zwischen –3,4° und 7,6° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 3,2° mit einer Standardabweichung von 2,72°. Der Median betrug 3,8°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,719$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten ANB-Werten nachweisbar, der Test fiel nicht statistisch signifikant aus ($p = 0,758$). Auch für den Vergleich von T2 und T3 war der t-Test nicht signifikant ($p = 0,256$).

Der Tabelle 3 sind die statistischen Angaben für die ANB-Werte während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zu entnehmen:

Tabelle 3: Skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer (ANB)

	Skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer (ANB) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**3,18**	2,57	-3,48	8,33	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**3,13**	2,82	-3,89	9,02	**} n.s.**
nach Retention	20	**3,27**	2,72	-3,47	7,66	

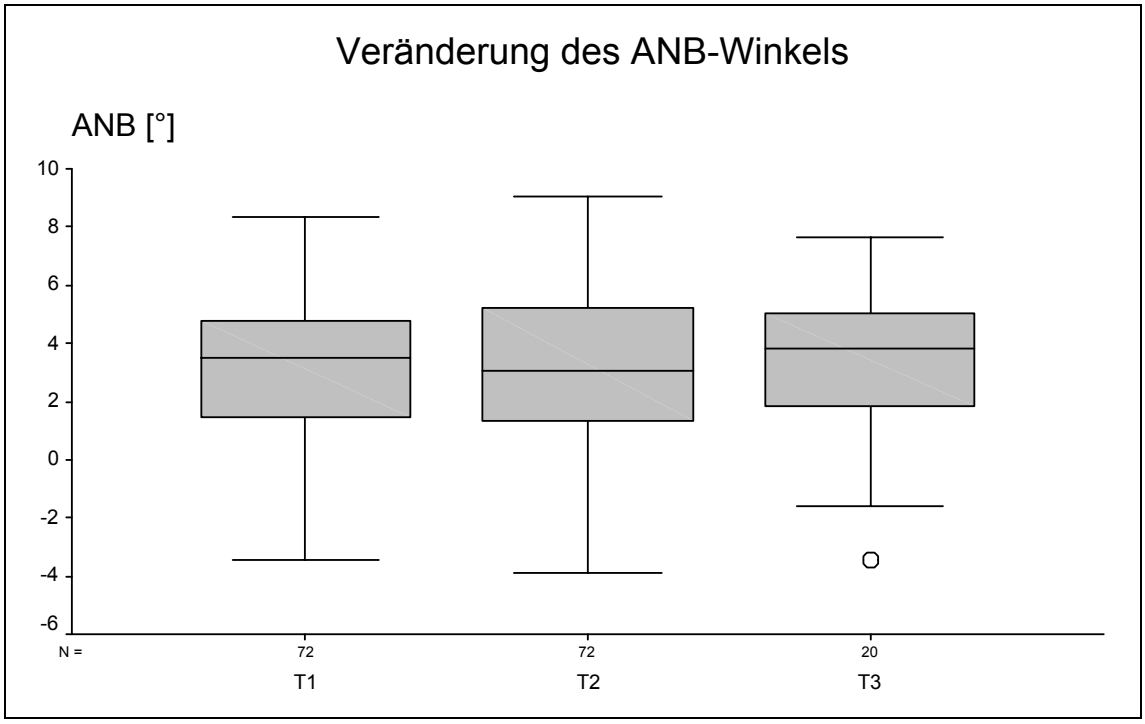


Abbildung 14: Veränderung des ANB-Winkels

5.5. Sagittale Relation von Ober- und Unterkiefer (WITS)

Für die WITS-Werte wurden vor der Behandlung Werte zwischen –8,0 mm und 5,2 mm ermittelt. Im Durchschnitt betrug der WITS –0,7 mm mit einer Standardabweichung von 2,88 mm. Der Median betrug –0,6 mm. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,933$). Für die weitere Analyse können daher parametrische Tests herangezogen werden. Nach der aktiven Phase wurden WITS-Werte zwischen –8,9 mm und 5,1 mm ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrug der WITS durchschnittlich –1,1 mm mit einer Standardabweichung von 2,80 mm. Der Median betrug –0,8 mm. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,524$). Für die weitere Analyse können daher auch für die Ergebnisse der WITS-Bestimmung nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden Werte zwischen –8,0 mm und 3,5 mm ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter -1,0 mm mit einer Standardabweichung von 3,29 mm. Der Median betrug –0,7 mm. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,914$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten WITS-Werten nachweisbar, der Test fiel nicht statistisch signifikant aus (p = 0,115). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase vorlagen. (p = 0,718).

In der Tabelle 4 sind die statistischen Angaben für die WITS-Werte während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 4: Sagittale Relation von Ober- und Unterkiefer (WITS)

	Sagittale Relation von Ober- und Unterkiefer (WITS) [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**-0,77**	2,88	-8,02	5,28	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**-1,18**	2,80	-8,97	5,11	**} n.s.**
nach Retention	20	**-1,08**	3,29	-8,06	3,53	

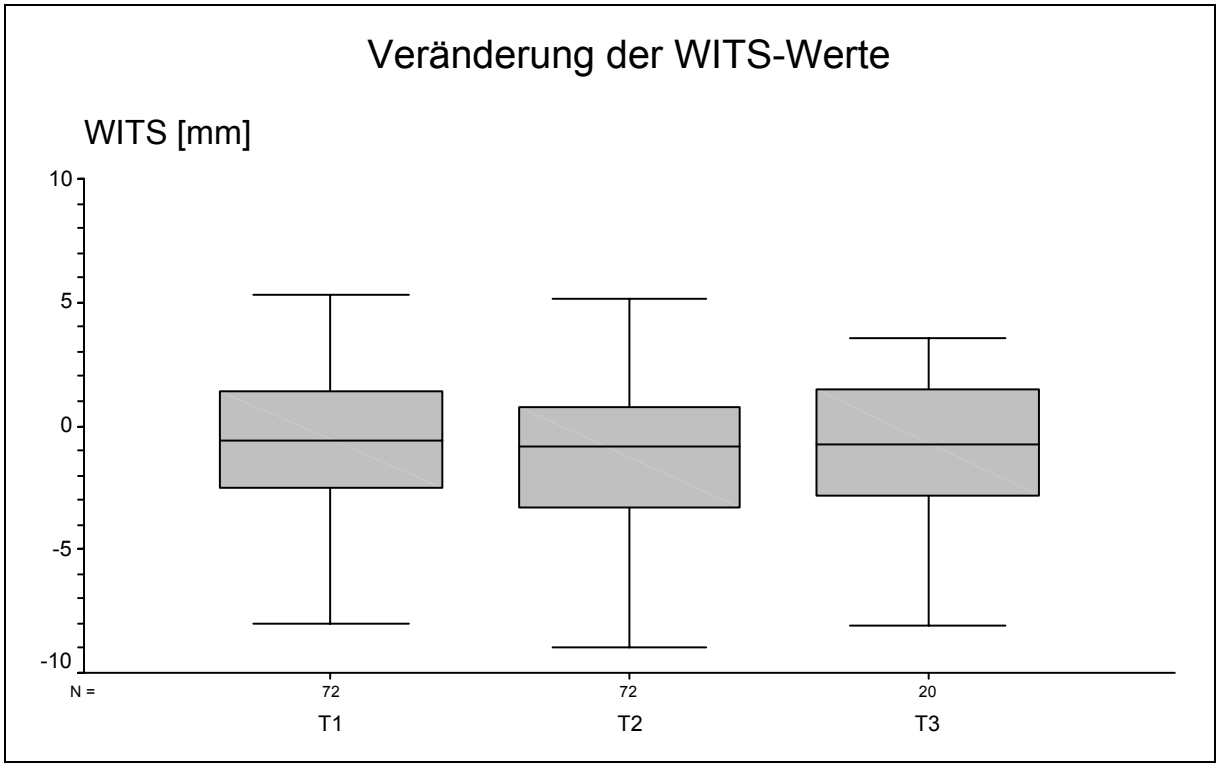


Abbildung 15: Veränderung der WITS-Werte

5.6. Neigung der Oberkieferbasis (NL-NSL)

Für das Merkmal NL-NSL wurden vor der Behandlung Werte zwischen –4,2° und 15,4° ermittelt. Im Durchschnitt berechnete sich NL-NSL zu 6,1° mit einer Standardabweichung von 3,73°. Der Median betrug 6,4°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,909$). Für die weitere Analyse können daher parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der aktiven Phase wurden NL-NSL-Werte zwischen –2,1° und 14,7° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die NL-NSL-Werte durchschnittlich 5,7° mit einer Standardabweichung von 3,50°. Der Median betrug 5,9°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,882$). Für die weitere Analyse können daher auch für die NL-NSL-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen NL-NSL-Werte zwischen –0,6° und 9,3° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 4,7° mit einer Standardabweichung von 2,86°. Der Median betrug 4,92°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,881$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten NL-NSL-Werten nachweisbar, der Test fiel nicht statistisch signifikant aus ($p = 0,241$). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte außerdem, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase vorlagen. ($p = 0,959$).

In der Tabelle 5 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 5: NL-NSL-Werte

	NL-NSL-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**6,15**	3,73	-4,29	15,42	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**5,76**	3,50	-2,19	14,70	**} n.s.**
nach Retention	20	**4,76**	2,86	-0,69	9,35	

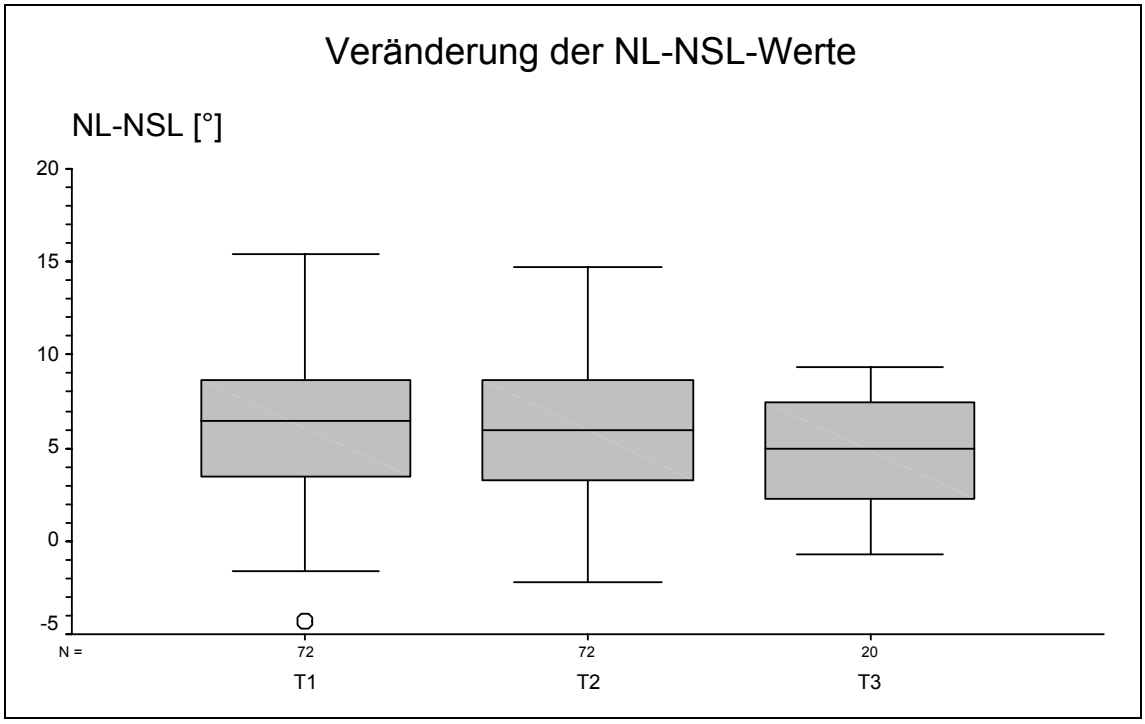


Abbildung 16: Veränderung der NL-NSL-Werte

5.7. Neigung der Unterkieferbasis (ML-NSL)

Für das Merkmal ML-NSL wurden vor der Behandlung Werte zwischen 22,8° und 45,5° ermittelt. Im Durchschnitt berechnete sich eine ML-NSL von 33,3° mit einer Standardabweichung von 4,85°. Der Median betrug 32,7°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,431$). Für die weitere Analyse können daher parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der aktiven Phase wurden ML-NSL-Werte zwischen 22,0° und 43,9° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die ML-NSL-Werte durchschnittlich 32,9° mit einer Standardabweichung von 4,59°. Der Median betrug 31,5°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,170$). Für die weitere Analyse können daher auch für die ML-NSL-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen ML-NSL-Werte zwischen 21,7° und 43,7° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 31,8° mit einer Standardabweichung von 4,95°. Der Median betrug 31,2°. Wegen des nicht signifikanten

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,325) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten ML-NSL-Werten nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,143). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase vorlagen. (p = 0,399)

In der Tabelle 6 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 6: ML-NSL-Werte

	ML-NSL-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**33,37**	4,85	22,86	44,56	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**32,90**	4,59	22,03	43,91	} **n.s.**
nach Retention	20	**31,80**	4,95	21,72	43,71	

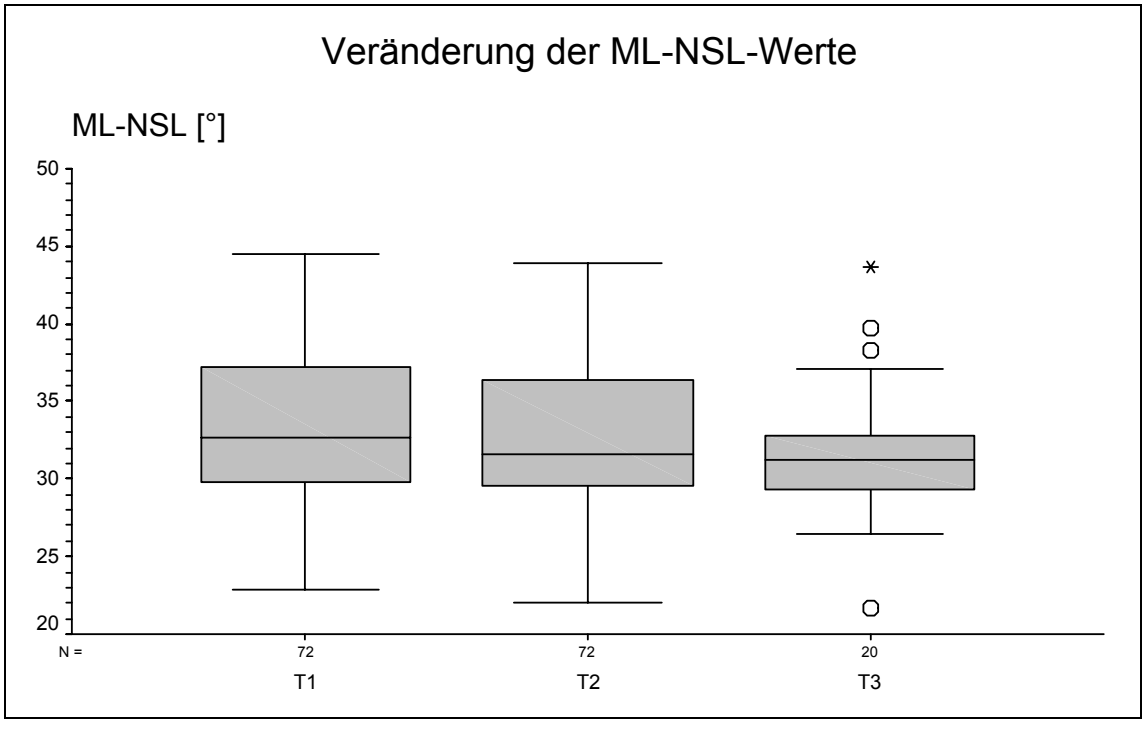


Abbildung 17: Veränderung der ML-NSL-Werte

5.8. Kieferbasiswinkel (ML-NL)

Für den Kieferbasiswinkel im Sinne einer Hypo- bzw. Hyperdivergenz (ML-NL) wurden vor der Behandlung Werte zwischen 18,3° und 40,8° ermittelt. Im Durchschnitt berechnete sich eine ML-NL von 27,2° mit einer Standardabweichung von 4,86°. Der Median betrug 27,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus (p = 0,528). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.
Nach der aktiven Phase wurden ML-NL-Werte zwischen 16,9° und 41,3° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die ML-NL-Werte durchschnittlich 27,1° mit einer Standardabweichung von 4,74°. Der Median betrug 27,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant (p = 0,964). Für die weitere Analyse können daher auch für die ML-NL-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.
Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen ML-NL-Werte zwischen 18,5° und 34,3° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 27,0° mit einer Standardabweichung von 4,15°. Der Median betrug 27,8°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,983) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.
Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Kieferbasiswinkel-Werten nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,718). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase keine signifikanten Unterschiede vorlagen (p = 0,297).
In der Tabelle 7 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 7: Kieferbasiswinkel

		Kieferbasiswinkel [°]				
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**27,22**	4,86	18,30	40,85	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**27,14**	4,74	16,97	41,35	**} n.s.**
nach Retention	20	**27,04**	4,15	18,53	34,35	

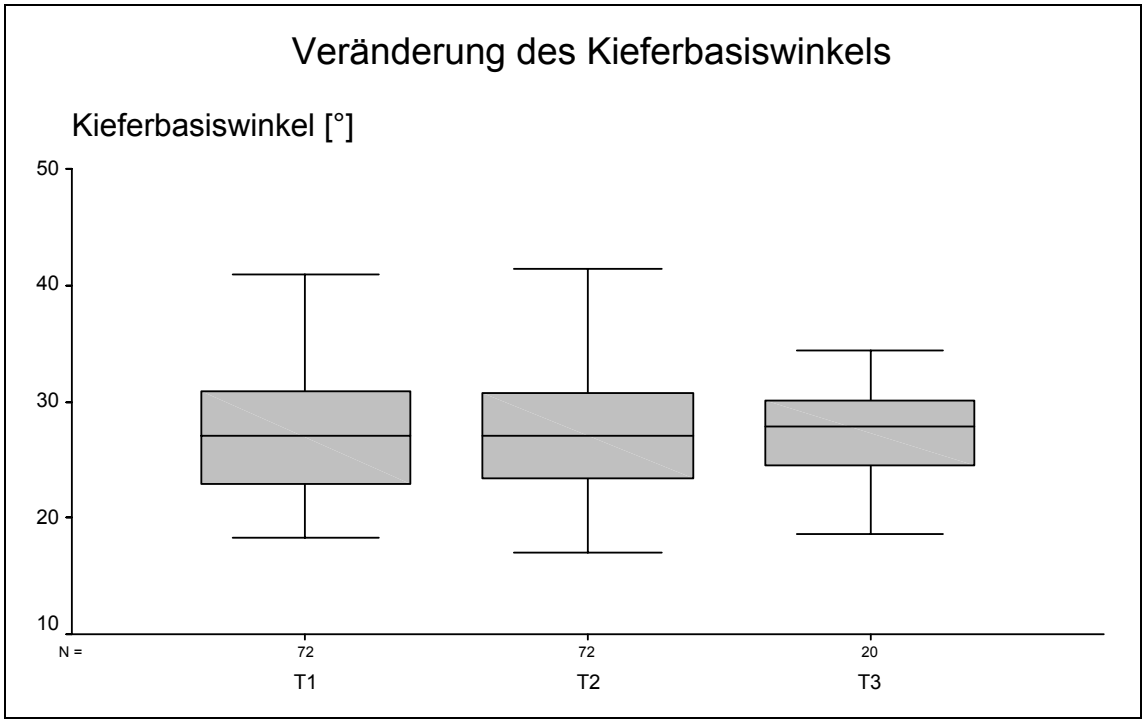


Abbildung 18: Veränderung des Kieferbasiswinkels

5.9. NSp/SpMe-Verhältnis

Für das NSp/SpMe-Verhältnis wurden vor der Behandlung Werte zwischen 56,5 und 99,1 ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich NSp/SpMe-Verhältnisse von 75,2 mit einer Standardabweichung von 7,30. Der Median betrug 74,9. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0{,}993$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden NSp/SpMe-Verhältnisse zwischen 58,0 und 90,2 ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die NSp/SpMe-Verhältnisse durchschnittlich 75,2 mit einer Standardabweichung von 7,10. Der Median betrug 75,9. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0{,}954$). Für die weitere Analyse können daher auch für die NSp/SpMe-Verhältnisse nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen NSp/SpMe-Verhältnisse zwischen 64,8 und 83,1 ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 71,6 mit einer Standardabweichung von 4,51. Der Median betrug 71,1. Wegen des nicht signifikanten

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,958) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten NSp/SpMe-Verhältnissen nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,901). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass auch zwischen T2 und T3 keine signifikanten Unterschiede vorlagen (p = 0,890), die NSp/SpMe-Verhältnisse unterschieden sich nicht signifikant zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase.

In der Tabelle 8 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 8: NSp/SpMe-Verhältnis

	NSp/SpMe-Verhältnisse					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**75,29**	7,30	56,54	99,13	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**75,20**	7,10	58,07	90,28	} **n.s.**
nach Retention	20	**71,66**	4,51	64,86	83,19	

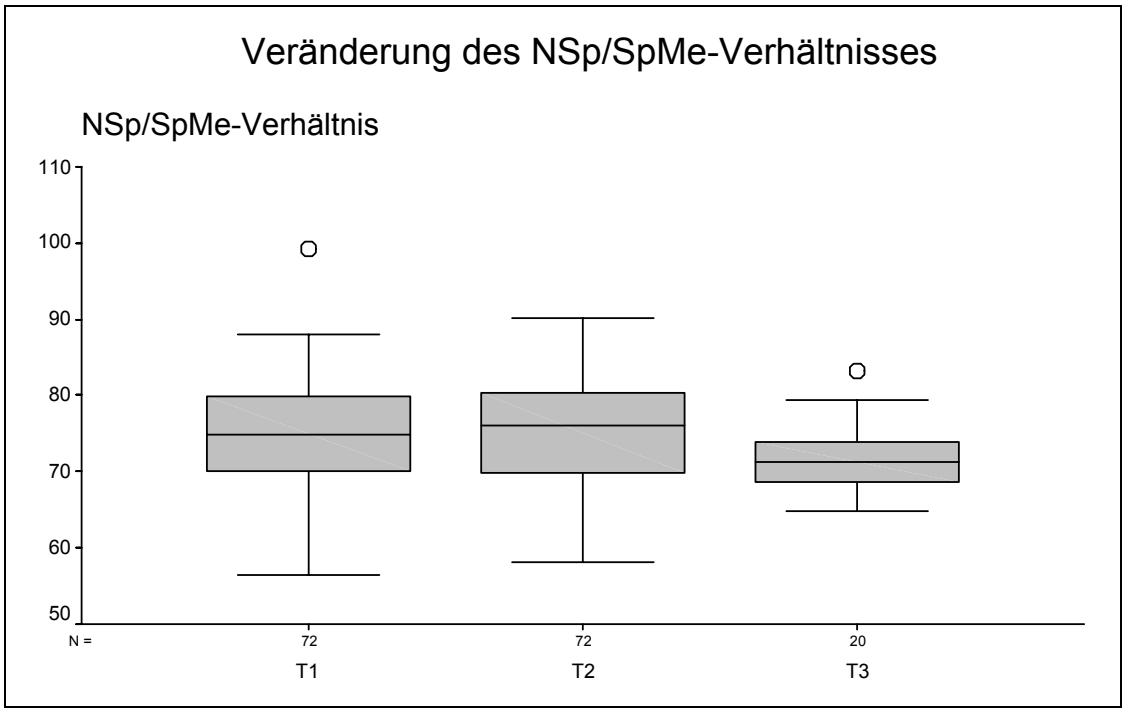


Abbildung 19: Veränderung des NSp/SpMe-Verhältnisses

5.10. Kieferwinkel (ArGoMe)

Für den Kieferwinkel wurden vor der Behandlung Werte zwischen 117,8° und 139,0° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Kieferwinkel von 127,2° mit einer Standardabweichung von 4,89°. Der Median betrug 126,6°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,793$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden Kieferwinkel zwischen 116,8° und 142,4° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrug der Kieferwinkel durchschnittlich 126,8° mit einer Standardabweichung von 5,52°. Der Median betrug 126,8°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,871$). Für die weitere Analyse des Kieferwinkels können daher auch für die Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests verwendet werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Kieferwinkel zwischen 114,4° und 135,4° ermittelt. Durchschnittlich betrug der Winkel 125,2° mit einer Standardabweichung von 5,46°. Der Median betrug 124,6°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,653$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Kieferwinkeln nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant ($p = 0,193$). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen T2 und T3 vorlagen ($p = 0,240$), die Kieferwinkel unterschieden sich nicht signifikant zwischen der Untersuchung nach der aktiven Phase und nach der Retentionsphase.

In der Tabelle 9 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 9: Kieferwinkel (ArGoMe)

	Kieferwinkel (ArGoMe) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**127,24**	4,89	117,89	139,00	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**126,87**	5,52	116,88	142,48	**} n.s.**
nach Retention	20	**125,23**	5,46	114,42	135,42	

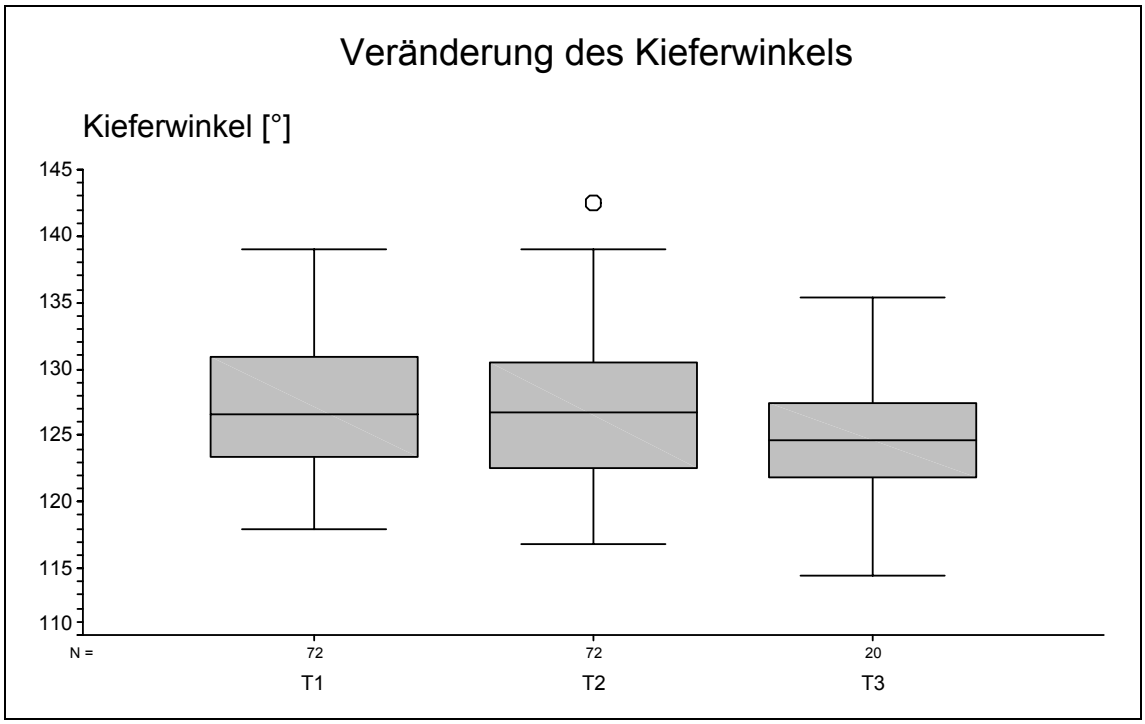


Abbildung 20: Veränderung des Kieferwinkels

5.11. Interinzisalwinkel (IOK-IUK)

Für den Interinzisalwinkel wurden vor der Behandlung Werte zwischen 105,6° und 170,1° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Interinzisalwinkel von 128,2° mit einer Standardabweichung von 11,03°. Der Median betrug 126,8°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0{,}736$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden Interinzisalwinkel zwischen 113,0° und 155,7° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die Interinzisalwinkel durchschnittlich 128,4° mit einer Standardabweichung von 8,63°. Der Median betrug 127,4°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0{,}758$). Für die weitere Analyse des Interinzisalwinkels können daher auch für die Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests verwendet werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Interinzisalwinkel zwischen 105,4° und 136,4° ermittelt. Durchschnittlich betrug der Winkel 125,6° mit einer Standardabweichung von 8,94°. Der Median betrug 126,3°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0{,}978$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Interinzisalwinkeln nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,886). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich außerdem, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen T2 und T3 (aktive Phase und nach der Retentionsphase) vorlagen (p = 0,134).
In der Tabelle 10 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 10: Interinzisalwinkel (IOK-IUK)

	Interinzisalwinkel (IOK-IUK) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**128,28**	11,03	105,63	170,15	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**128,42**	8,63	113,05	155,74	} **n.s.**
nach Retention	20	**125,67**	8,94	105,49	136,82	

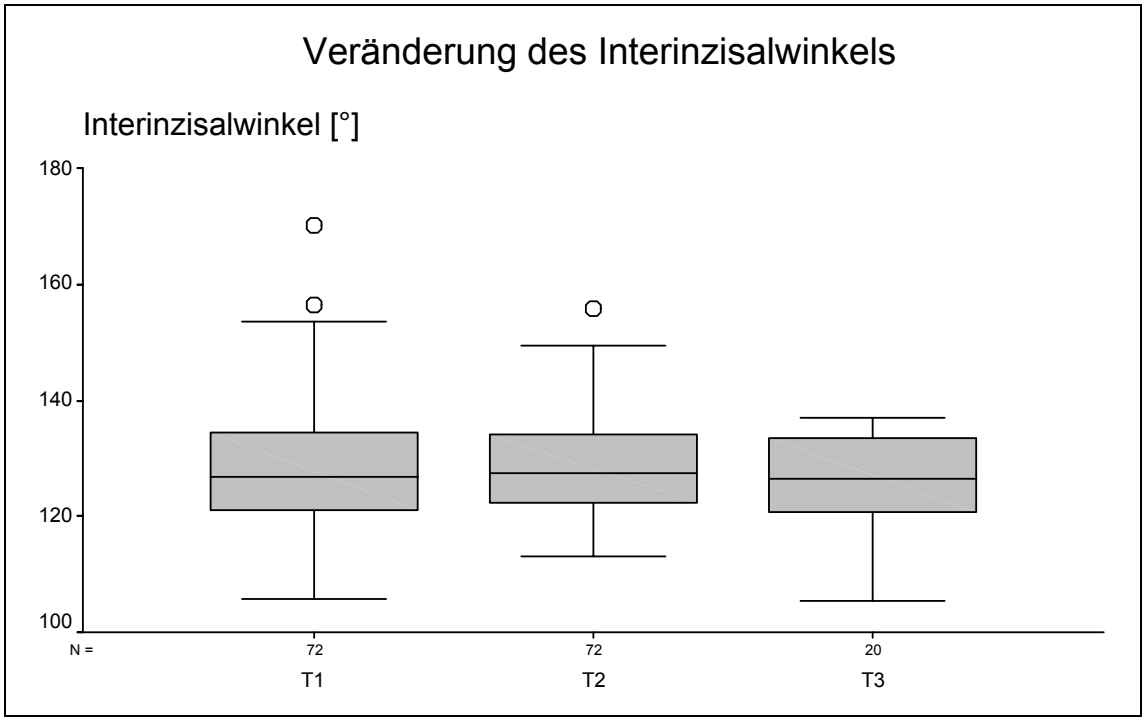


Abbildung 21: Veränderung des Interinzisalwinkels

5.12. Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL)

Für die Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL) wurden vor der Behandlung Werte zwischen 90,4° und 123,5° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Werte von 110,1° mit einer Standardabweichung von 5,70°. Der Median betrug 109,9°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,667$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden für die Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi Werte zwischen 89,9° und 120,7° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Achsenstellung durchschnittlich 110,3° mit einer Standardabweichung von 5,82°. Der Median betrug 110,33°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war nicht signifikant ($p = 0,880$). Für die weitere Analyse der Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi können deshalb für die Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests verwendet werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen für die Oberkiefer-Inzisivi eine Achsenstellung zwischen 101,3° und 122,2° ermittelt. Durchschnittlich betrug der IOK-NL-Wert 111,0° mit einer Standardabweichung von 4,91°. Der Median betrug 111,7°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,850$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen der nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Achsenstellung nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant ($p = 0,823$). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich auch, dass zwischen T2 und T3 hinsichtlich der Achsenstellung keine signifikanten Unterschiede vorlagen ($p = 0,152$).

In der Tabelle 11 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 11: Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL)

	Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**110,16**	5,70	90,45	123,51	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**110,30**	5,82	89,92	120,76	**} n.s.**
nach Retention	20	**111,07**	4,91	101,38	122,27	

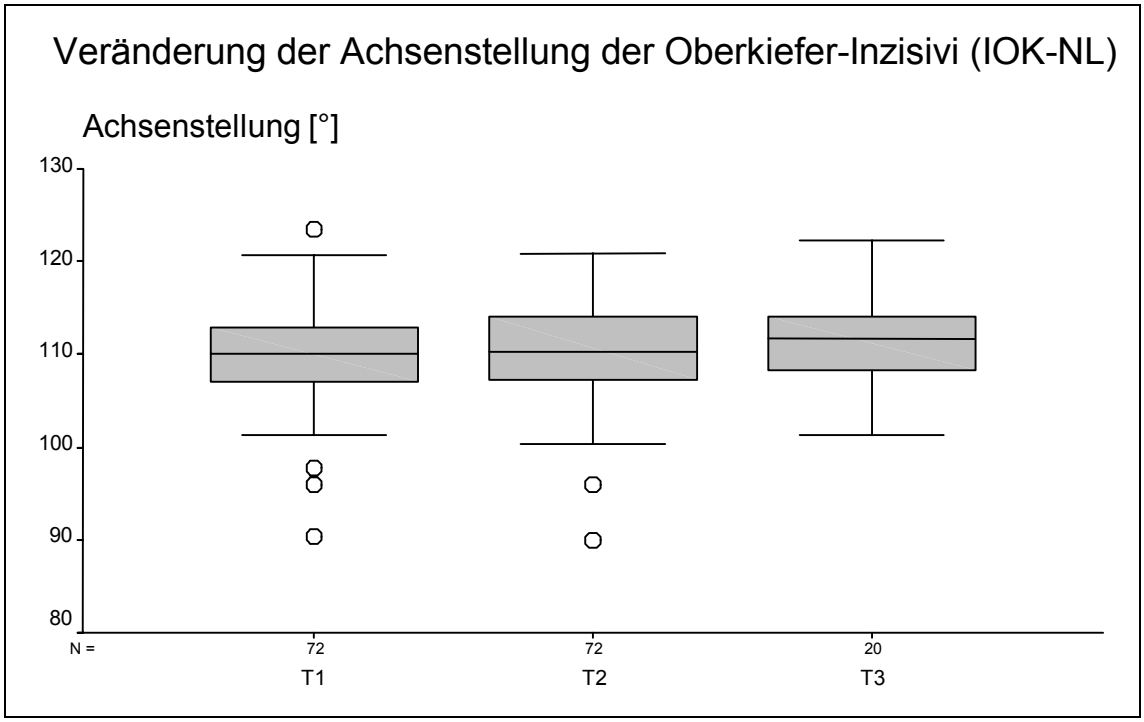


Abbildung 22: Veränderung der Achsenstellung der Oberkiefer-Inzisivi (IOK-NL)

5.13. Achsenstellung der Schneidezähne bezogen auf die Linie Nasion-A-Punkt (IOK-NA)

Für die IOK-NA-Werte wurden vor der Behandlung Werte zwischen 1,9° und 42,6° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich IOK-NA-Werte von 22,0° mit einer Standardabweichung von 5,77°. Der Median betrug 21,9°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,298$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden IOK-NA-Werte zwischen 5,2° und 43,0° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die IOK-NA-Werte durchschnittlich 21,8° mit einer Standardabweichung von 6,75°. Der Median betrug 22,2°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,613$). Für die weitere Analyse können daher auch für die IOK-NA-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen IOK-NA-Werte zwischen 10,1° und 31,9° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 22,5° mit einer Standardabweichung von 5,34°. Der Median betrug 21,2°. Wegen des nicht signifikanten

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,895) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase (T1) und den vor der Behandlung (T2) ermittelten IOK-NA-Werten nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,766). Im t-Test zeigte sich auch, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen T2 und T3 vorlagen (p = 0,152).

In der Tabelle 12 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 12: IOK-NA-Werte

	IOK-NA-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**22,08**	5,77	1,97	42,60	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**21,84**	6,75	5,28	43,03	} **n.s.**
nach Retention	20	**22,51**	5,34	10,10	31,99	

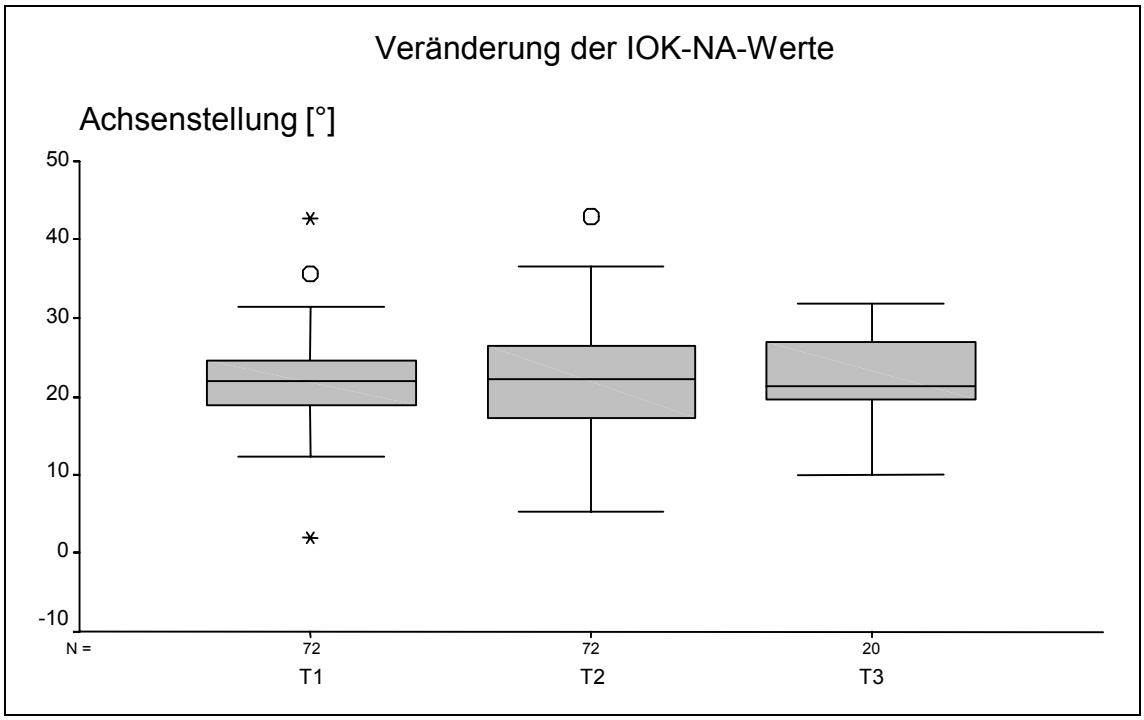


Abbildung 23: Veränderung der IOK-NA-Werte

5.14. Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML)

Für die Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML) wurden vor der Behandlung Werte zwischen 72,7° und 106,3° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Werte von 94,3° mit einer Standardabweichung von 7,10°. Der Median betrug 95,3°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,711$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden für die Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi Werte zwischen 78,5° und 104,6° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrug die Achsenstellung durchschnittlich 94,1° mit einer Standardabweichung von 6,26°. Der Median betrug 95,5°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war nicht signifikant ($p = 0,531$). Für die weitere Analyse der Achsenstellung der UK-Inzisivi können deshalb für die Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests verwendet werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen für die Unterkiefer-Inzisivi eine Achsenstellung zwischen 81,1° und 106,3° ermittelt. Durchschnittlich betrug der IUK-ML 96,2° mit einer Standardabweichung von 6,54°. Der Median betrug 97,4°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,756$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen der nach der aktiven Phase und der vor der Behandlung ermittelten Achsenstellung nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant ($p = 0,710$). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass hinsichtlich der Achsenstellung zu T2 und T3 ebenfalls keine signifikanten Unterschiede vorlagen ($p = 0,315$).

In der Tabelle 13 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 13: Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML)

	Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML) [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**94,34**	7,10	72,79	106,30	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**94,14**	6,26	78,59	104,61	**} n.s.**
nach Retention	20	**96,22**	6,54	81,19	106,30	

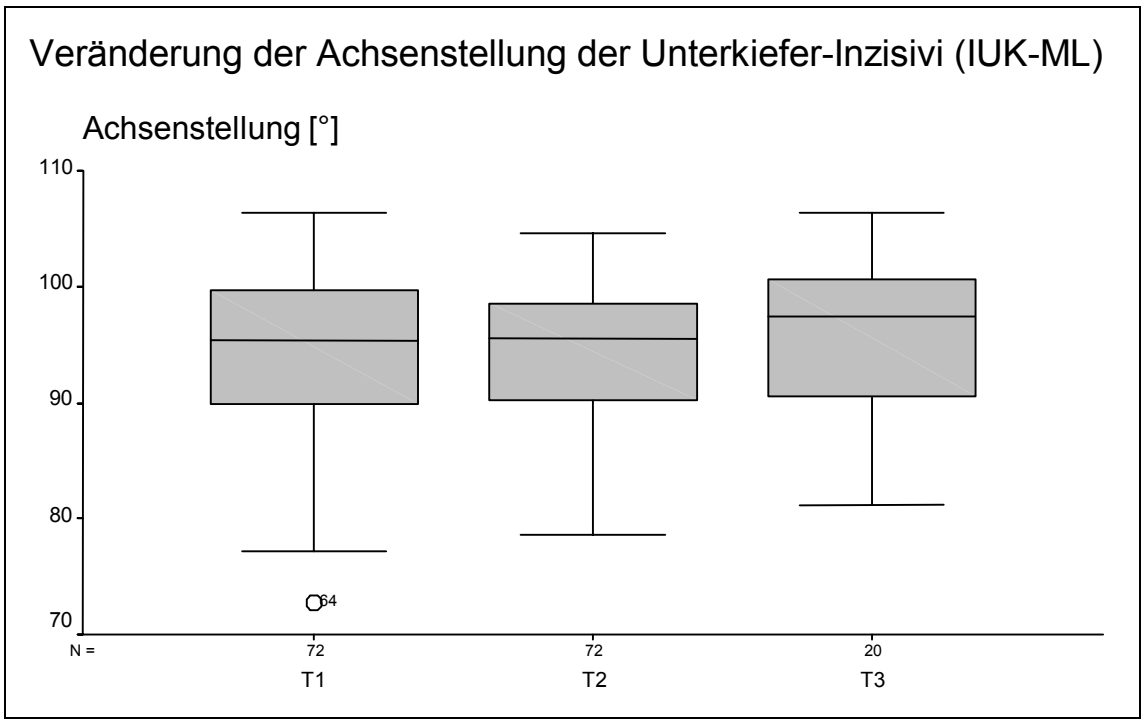


Abbildung 24: Veränderung der Achsenstellung der Unterkiefer-Inzisivi (IUK-ML)

5.15. Achsenstellung der Schneidezähne bezogen auf die Linie Nasion-B-Punkt (IUK-NB)

Für die Achsenstellung der Schneidezähne in Bezug auf den Unterkiefer wurden vor der Behandlung Werte zwischen 8,2° und 39,2° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich IUK-NB-Werte von 26,4° mit einer Standardabweichung von 6,59°. Der Median betrug 26,5°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,937$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden IUK-NB-Werte zwischen 10,9° und 39,4° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die IUK-NB-Werte durchschnittlich 26,6° mit einer Standardabweichung von 6,00°. Der Median betrug 27,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,912$). Für die weitere Analyse können daher auch für die IUK-NB-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen IUK-NB-Werte zwischen 16,8° und 38,8° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 28,5° mit einer Standardabweichung von 6,84°. Der Median betrug 29,9°. Wegen des nicht signifikanten

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,938) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen der nach der aktiven Phase und der vor der Behandlung ermittelten Achsenstellung der Schneidezähne in Bezug auf den Unterkiefer nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,745). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass zwischen T2 und T3 ebenfalls keine signifikanten Unterschiede vorlagen (p = 0,328).

In der Tabelle 14 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 14: IUK-NB-Werte

	IUK-NB-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**26,45**	6,59	8,26	39,29	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**26,62**	6,00	10,95	39,43	} **n.s.**
nach Retention	20	**28,55**	6,84	16,86	38,82	

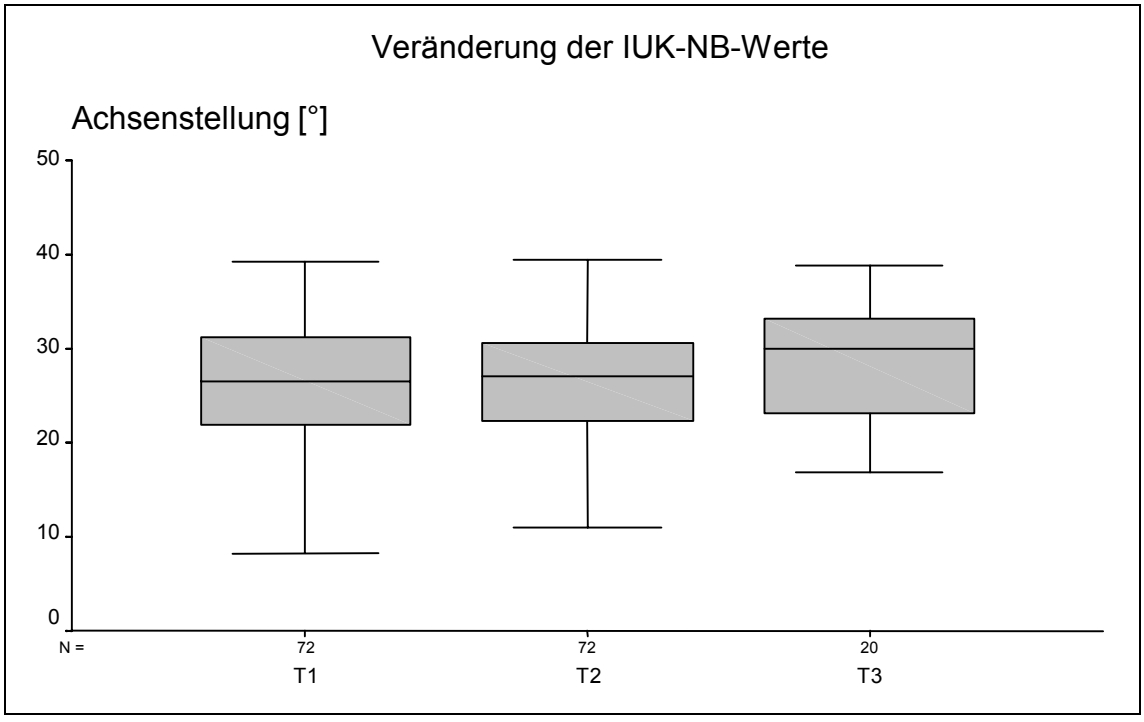


Abbildung 25: Veränderung der IUK-NB-Werte

5.16. Schneidezahnposition in Bezug auf die Linie Nasion-A-Punkt (INIOK-NA)

Für die Schneidezahnposition in Bezug auf den Oberkiefer wurden vor der Behandlung Werte zwischen –3,6° und 10,5° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich INIOK-NA-Werte von 4,1° mit einer Standardabweichung von 2,34°. Der Median betrug 4,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus (p = 0,944). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden INIOK-NA-Werte zwischen –1,7° und 15,8° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die INIOK-NA-Werte durchschnittlich 4,2° mit einer Standardabweichung von 2,87°. Der Median betrug 4,2°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant (p = 0,193). Für die weitere Analyse können daher auch für die INIOK-NA-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen INIOK-NA-Werte zwischen 0,0° und 10,1° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 4,9° mit einer Standardabweichung von 2,63°. Der Median betrug 4,3°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,717) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Werte für die Schneidezahnposition in Bezug auf den Oberkiefer nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,680). Der Vergleich von T2 und T3 ergab einen statistisch signifikanten Unterschied (p = 0,028). Es fanden sich höhere INIOK-NA-Werte nach der Retentionsphase im Vergleich zur Untersuchung nach der aktiven Phase.

In der Tabelle 15 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 15: INIOK-NA-Werte

	INIOK-NA-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**4,11**	2,34	-3,46	10,54	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**4,25**	2,87	-1,78	15,89	} *
nach Retention	20	**4,92**	2,63	0,09	10,12	

Anmerkung: * p < 0,05

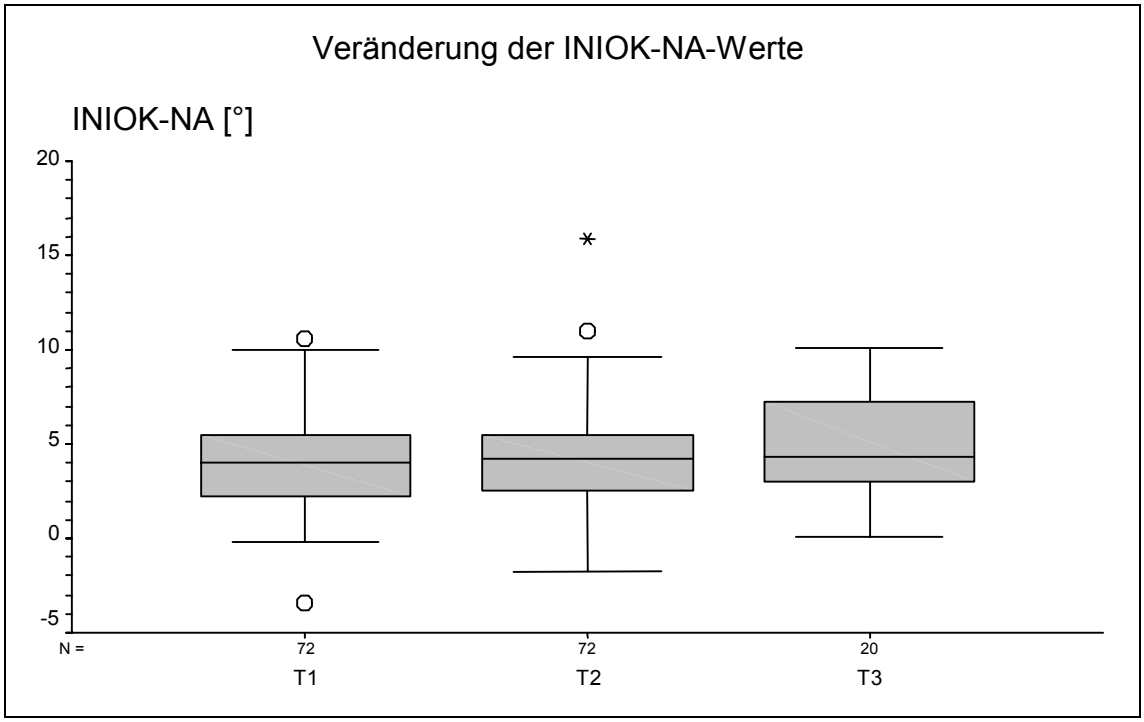


Abbildung 26: Veränderung der INIOK-NA-Werte

5.17. Schneidezahnposition in Bezug auf die Linie Nasion-B-Punkt (INIUK-NB)

Für die Schneidezahnposition in Bezug auf den Unterkiefer wurden vor der Behandlung Werte zwischen 0,2° und 10,3° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich INIUK-NB-Werte von 4,3° mit einer Standardabweichung von 2,21°. Der Median betrug 4,7°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus (p = 0,596). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden INIUK-NB-Werte zwischen –0,5° und 12,0° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die INIUK-NB-Werte durchschnittlich 4,6° mit einer Standardabweichung von 2,35°. Der Median betrug 4,8°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant (p = 0,833). Für die weitere Analyse können daher auch für die INIUK-NB-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen INIUK-NB-Werte zwischen 1,4° und 9,5° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 5,9° mit einer Standardabweichung von 2,41°. Der Median betrug 6,0°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,633) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war ein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Werten für die Schneidezahnposition in Bezug auf den Unterkiefer nachweisbar, der t-Test war statistisch signifikant (p = 0,045). In Bezug auf die INIUK-NB-Werte ist also eine signifikante Zunahme nach der aktiven Phase gegenüber der Untersuchung vor der Behandlung festzuhalten. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass zwischen T2 und T3 ebenfalls ein signifikanter Unterschied vorlag (p = 0,028). Die INIUK-NB-Werten nach der Retentionsphase waren im Vergleich zur Untersuchung nach der aktiven Phase deutlich höher. In der Tabelle 16 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 16: INIUK-NB-Werte

	INIUK-NB-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**4,37**	2,21	0,22	10,38	} *
nach aktiver Phase	72	**4,67**	2,35	-0,51	12,07	} *
nach Retention	20	**5,92**	2,41	1,48	9,53	

Anmerkung: * p < 0,05

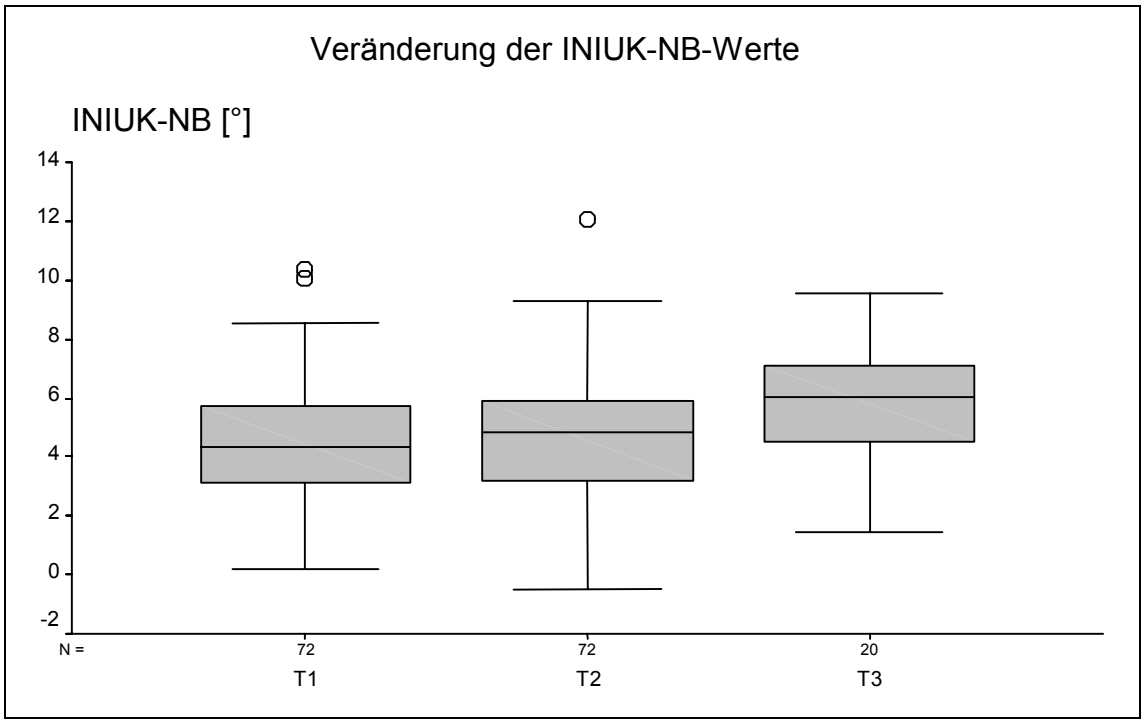


Abbildung 27: Veränderung der INIUK-NB-Werte

5.18. Overjet (FRS)

Für die anhand des FRS bestimmten Overjet-Werte wurden vor der Behandlung Werte zwischen –4,5° und 10,4° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Overjet-Werte von 3,6° mit einer Standardabweichung von 2,13°. Der Median betrug 3,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus (p = 0,352). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden Overjet-Werte zwischen –4,6° und 9,1° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die Overjet-Werte durchschnittlich 3,5° mit einer Standardabweichung von 1,92°. Der Median betrug 3,5°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant (p = 0,673). Für die weitere Analyse können daher auch für die Overjet-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Overjet-Werte zwischen 4,7° und 8,9° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter 3,2° mit einer Standardabweichung von 1,21°. Der Median betrug 3,4°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests (p = 0,918) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war kein signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Werten nachweisbar, der t-Test war nicht statistisch signifikant (p = 0,564). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass zwischen T2 und T3 ebenfalls kein signifikanter Unterschied vorlag (p = 0,830).

In der Tabelle 17 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 17: Overjet-Werte

	Overjet-Werte [°]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**3,64**	2,13	-2,18	10,43	**} n.s.**
nach aktiver Phase	72	**3,50**	1,92	-3,01	10,15	**} n.s.**
nach Retention	20	**3,20**	1,21	0,94	6,43	

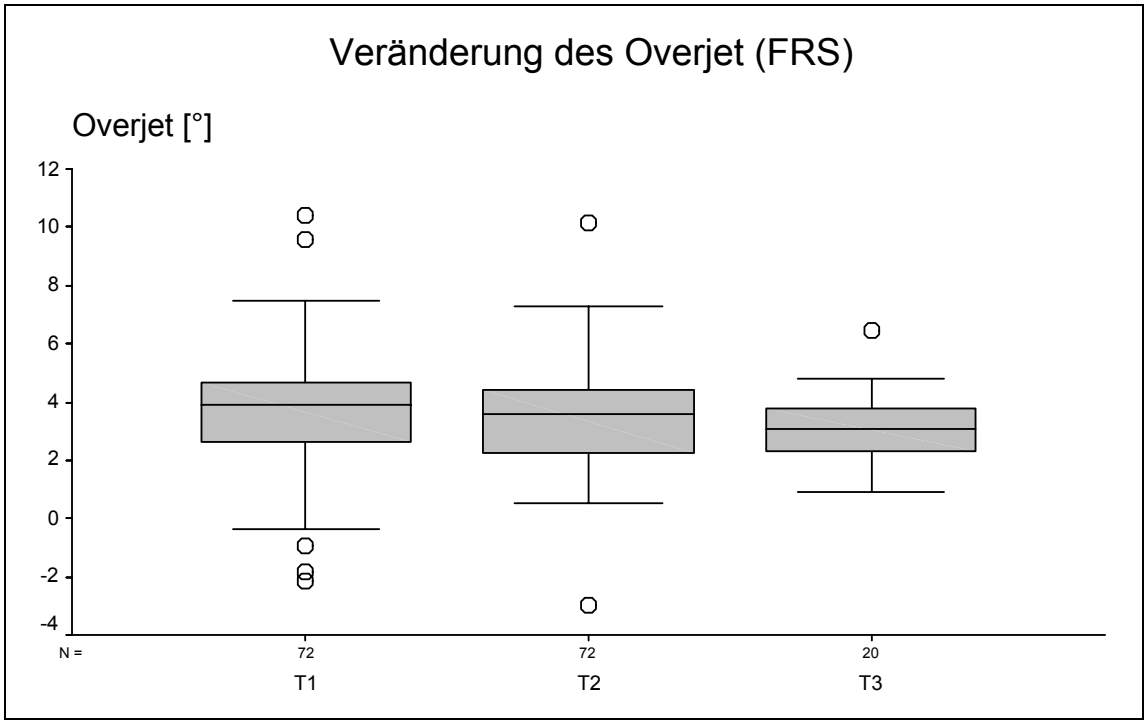


Abbildung 28: Veränderung des Overjets (FRS)

5.19. Overbite

Für die Overbite-Werte wurden vor der Behandlung Werte zwischen –12,6° und 5,0° ermittelt. Im Durchschnitt berechneten sich Overbite-Werte von -0,4° mit einer Standardabweichung von 2,75°. Der Median betrug –0,1°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel nicht signifikant aus ($p = 0,531$). Für die weitere Analyse kann dementsprechend der t-Test verwendet werden.

Nach der aktiven Phase wurden Overbite-Werte zwischen –10,8° und 4,6° ermittelt. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die Overbite-Werte durchschnittlich 0,1° mit einer Standardabweichung von 2,11°. Der Median betrug 0,0°. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest war erneut nicht signifikant ($p = 0,297$). Für die weitere Analyse können daher auch für die Overbite-Werte nach der aktiven Phase parametrische Tests herangezogen werden.

Nach der Retentionsphase wurden in den entsprechenden 20 Fällen Overbite-Werte zwischen –3,2° und 3,5° ermittelt. Durchschnittlich betrug dieser Parameter –0,2° mit einer Standardabweichung von 1,90°. Der Median betrug 0,1°. Wegen des nicht signifikanten Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests ($p = 0,690$) kann in der weiteren Analyse ebenfalls der t-Test eingesetzt werden.

Im t-Test für verbundene Stichproben war ein grenzwertig signifikanter Unterschied zwischen den nach der aktiven Phase und den vor der Behandlung ermittelten Werten für die Overbite-Werte nachweisbar (p = 0,063). Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass zwischen T2 und T3 kein signifikanter Unterschied vorlag (p = 0,770).
In der Tabelle 18 sind die statistischen Angaben während der drei Untersuchungszeitpunkte in der Gesamtstichprobe zusammengefasst wiedergegeben:

Tabelle 18: Overbite-Werte

	Overbite-Werte					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	72	**-0,46**	2,75	-12,69	5,05	} **n.s.**
nach aktiver Phase	72	**0,12**	2,11	-10,83	4,68	} **n.s.**
nach Retention	20	**-0,28**	1,90	-3,25	3,58	

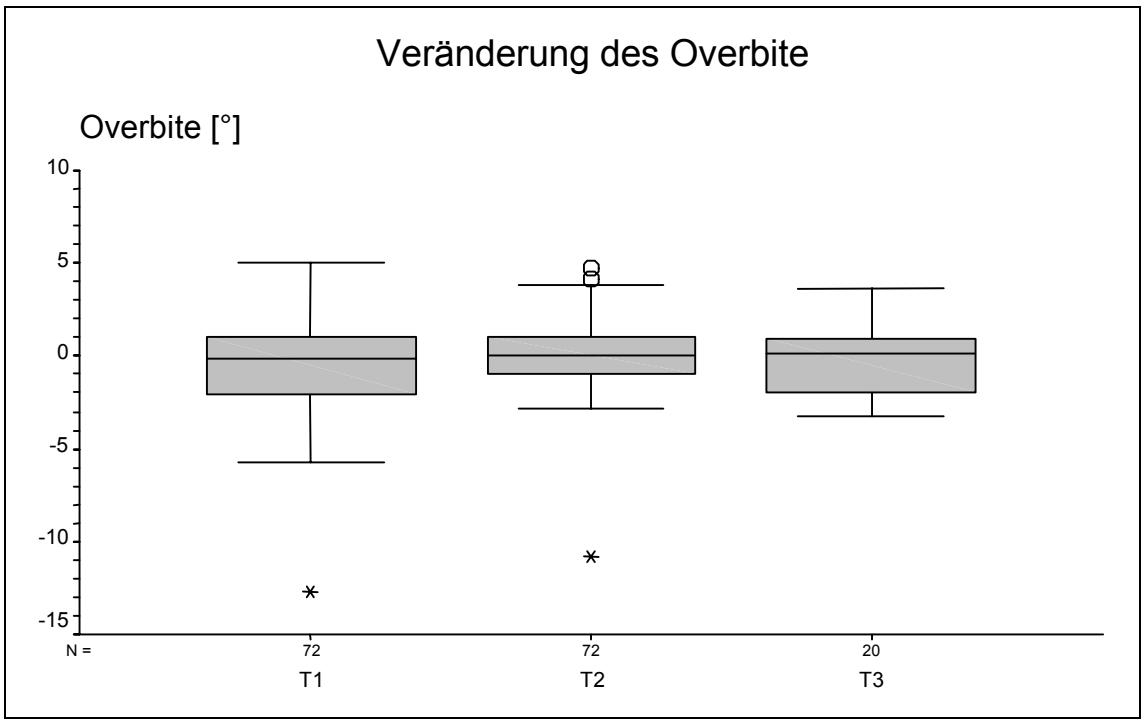


Abbildung 29: Veränderung des Overbites

5.20. Beschreibung der für das Modell herangezogenen Stichprobe

Die Analyse des Modells erfolgte jeweils in 102 Fällen vor der Behandlung (T1) und nach der aktiven Phase (T2). In weiteren 38 Fällen konnte auf Analysen nach der Retentionsphase (T3) zurückgegriffen werden.

Das Alter der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung betrug durchschnittlich 9,1 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,2 Jahren. Der Altersbereich erstreckte sich von 4,4 Jahren bis zu 17,0 Jahren wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist:

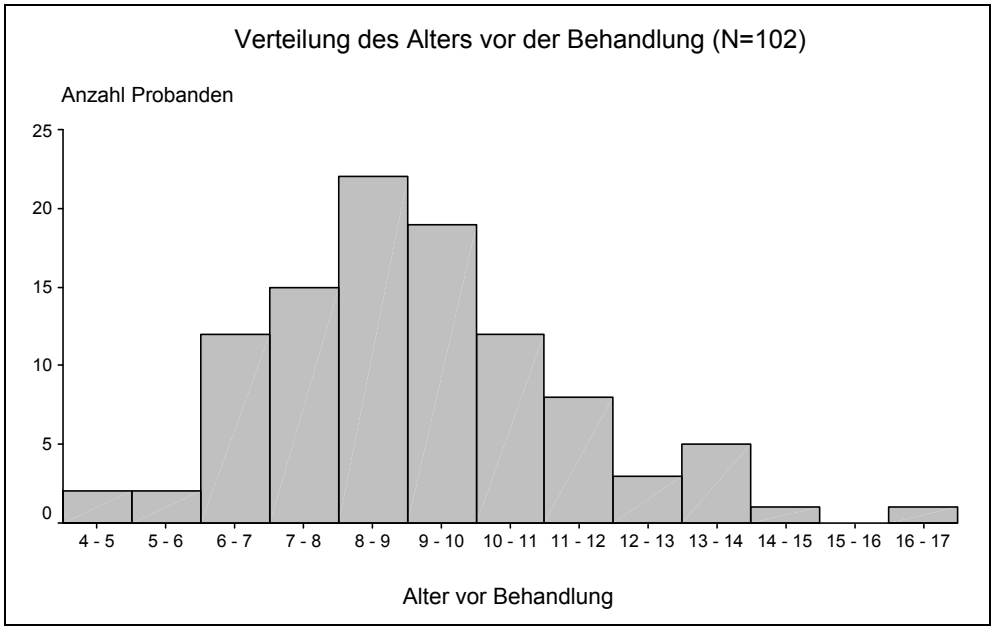


Abbildung 30: Altersverteilung vor der Behandlung

Durchschnittlich 1,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 0,78 nach der ersten Untersuchung vor Beginn der Behandlung fand die erste Folgeuntersuchung nach der aktiven Phase statt. Das Alter der Probanden betrug zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich 10,7 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,4. Der Altersbereich ging von 5,4 bis zu 17,3 Jahren. Die Abbildung 31 zeigt die Altersverteilung zu diesem Zeitpunkt.

Durchschnittlich 1,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 0,83 nach der zweiten Untersuchung fand die Folgeuntersuchung nach der Retentionsphase statt. Das Alter der Probanden zu diesem Zeitpunkt betrug durchschnittlich 11,6 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,0. Der Altersbereich ging von 5,8 bis zu 16,0 Jahren. Die Abbildung 32 zeigt die Altersverteilung zu diesem Zeitpunkt.

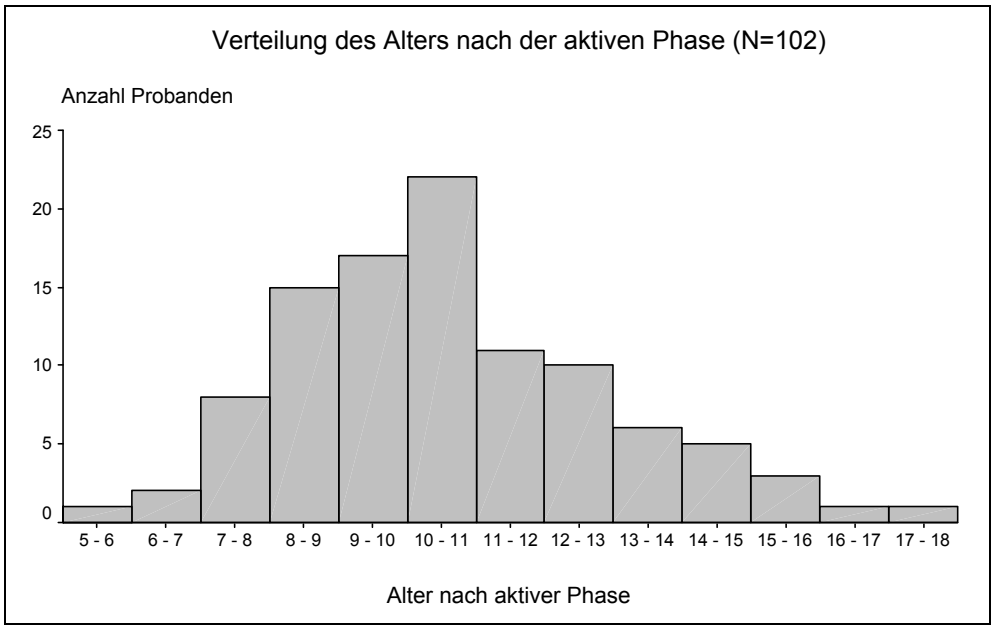


Abbildung 31: Verteilung des Alters nach der aktiven Phase

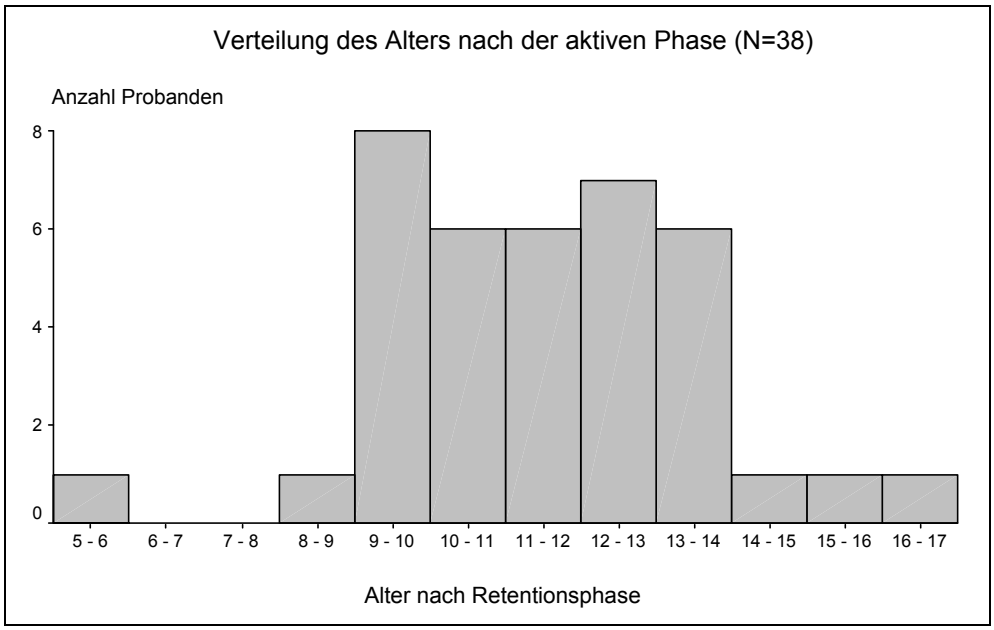


Abbildung 32: Verteilung des Alters nach der Retentionsphase

5.21. Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (4-4)

Für den anterioren Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (4-4) konnte bei 99 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung (T1) erfolgen, bei 96 Probanden nach der aktiven Phase (T2) und bei 35 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase (T3). Für den Vergleich der vor der Behandlung und nach der aktiven Phase durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von 93 Probanden zurückgegriffen werden, bei denen beide Untersuchungen erfolgten. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0,904$ bzw. $p = 0,988$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der anteriore Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (4-4) nach der aktiven Phase (T2) hochsignifikant größer war als vor der Behandlung (T1) ($p < 0,001$).

Bei 32 Patienten konnte zu T2 und T3 eine Analyse bezüglich des Vergleichs zwischen T2 und T3 erfolgten. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für beide Zeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0,768$ bzw. $p = 0,656$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test zeigte sich, dass die ermittelten Werte nach der Retentionsphase signifikant geringer waren als nach der aktiven Phase ($p = 0,001$). Die Tabelle 19 enthält die entsprechenden statistischen Kennwerte der Analysen:

Tabelle 19: Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (4-4)

	Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	99	**32,12**	2,15	26,67	40,31	} ***
nach aktiver Phase	96	**36,80**	2,09	31,40	42,55	} **
nach Retention	35	**35,50**	2,31	30,54	40,56	

Anmerkung: **p < 0,01 *** p < 0,001

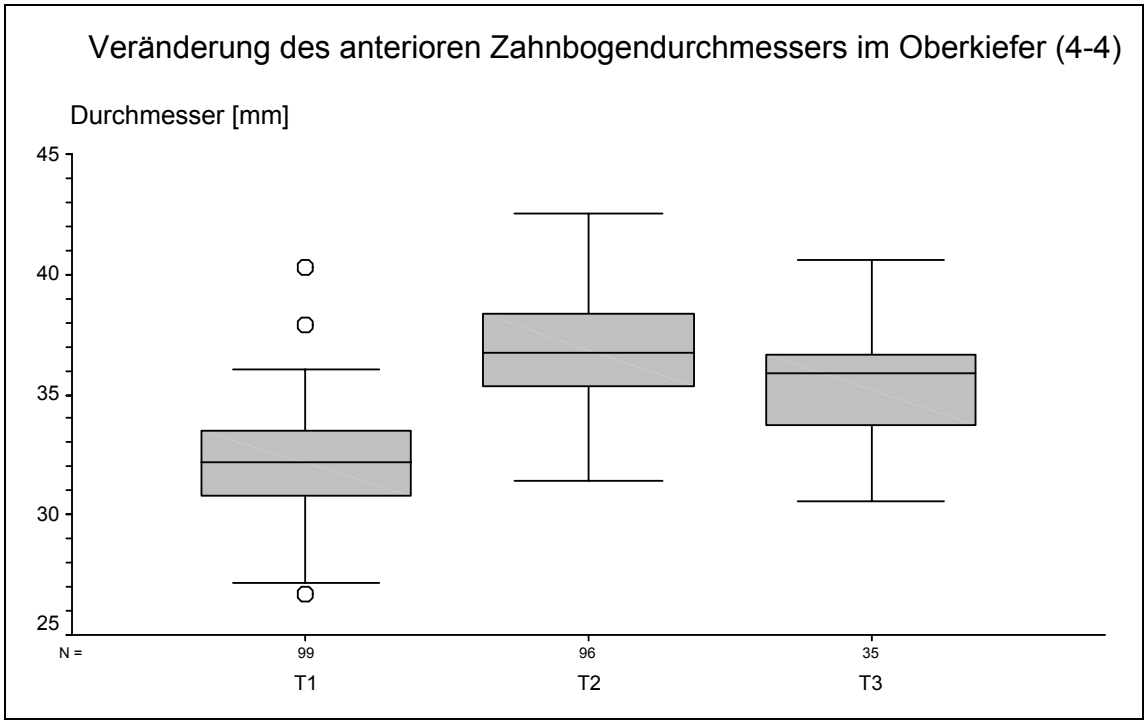


Abbildung 33: Veränderung des anterioren Zahnbogendurchmessers im Oberkiefer

5.22. Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6)

Für den Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6) konnte bei 96 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung (T1) erfolgen, bei 100 Probanden nach der aktiven Phase (T2) und bei 37 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase (T3).

Für den Vergleich der vor der Behandlung (T1) und nach der aktiven Phase (T2) durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von 96 Probanden zurückgegriffen werden, bei denen beide Untersuchungen erfolgten. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0{,}463$ bzw. $p = 0{,}601$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der posteriore Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6) nach der aktiven Phase hochsignifikant größer war als vor der Behandlung ($p < 0{,}001$).

Bei 34 Patienten konnte außerdem eine Analyse bezüglich des posterioren Zahnbogendurchmessers im Oberkiefer (6-6) für T2 und T3 erfolgen. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel jeweils nicht signifikant aus ($p = 0{,}944$ bzw. $p = 0{,}997$), so dass ebenfalls der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test zeigte sich, dass die ermittelten

Werte nach der Retentionsphase grenzwertig signifikant geringer waren als nach der aktiven Phase ($p = 0{,}067$). Die Tabelle 20 enthält die entsprechenden deskriptiven statistischen Kennwerte aller Analysen:

Tabelle 20: Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6)

	Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Oberkiefer (6-6) [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	96	**41,85**	2,81	33,52	50,94	} ***
nach aktiver Phase	100	**47,01**	2,66	39,72	54,94	} **n.s.**
nach Retention	37	**46,25**	2,92	39,24	52,25	

Anmerkung: *** $p < 0{,}001$

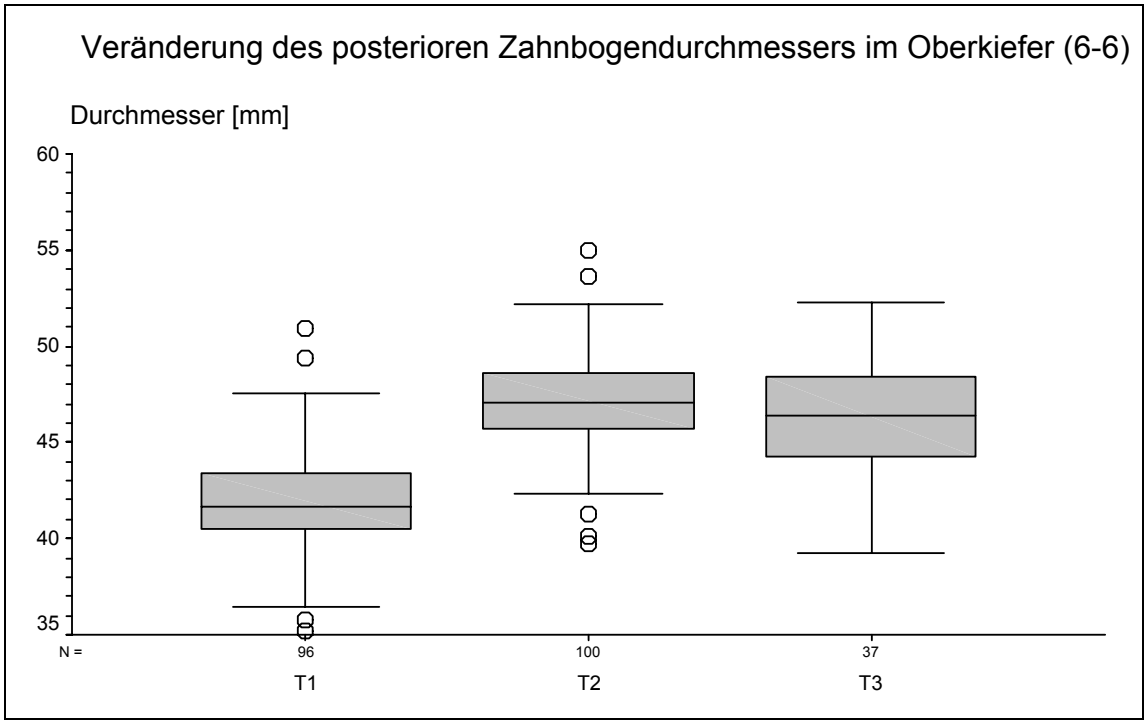


Abbildung 34: Veränderung des posterioren Zahnbogendurchmessers im Oberkiefer

5.23. Intercaniner Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3)

Für den intercaninen Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3) konnte bei 95 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung (T1) erfolgen, bei 84 Probanden nach der aktiven Phase (T2) und bei 32 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase (T3).
Für den Vergleich der vor der Behandlung (T1) und nach der aktiven Phase (T2) durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von 79 Probanden zurückgegriffen werden, bei denen beide Untersuchungen erfolgten. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0{,}820$ bzw. $p = 0{,}954$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3) nach der aktiven Phase (T2) hochsignifikant größer war als vor der Behandlung (T1) ($p < 0{,}001$).
Bei 34 Patienten konnte eine Analyse bezüglich des Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer (3-3) zu T2 und T3 erfolgen. Hierauf beziehen sich die weiteren Ausführungen. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel jeweils nicht signifikant aus ($p = 0{,}944$ bzw. $p = 0{,}997$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test zeigte sich, dass die ermittelten Werte nach der Retentionsphase (T3) grenzwertig signifikant geringer waren als nach der aktiven Phase (T2) ($p = 0{,}067$).
Die Tabelle 21 enthält die entsprechenden statistischen Kennwerte der Analysen:

Tabelle 21: Intercaniner Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3)

	Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (3-3) [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	95	**24,56**	1,52	19,65	28,35	} ***
nach aktiver Phase	84	**24,91**	1,44	19,49	27,70	} **n.s.**
nach Retention	32	**24,78**	1,50	19,80	27,20	

Anmerkung: *** $p < 0{,}001$

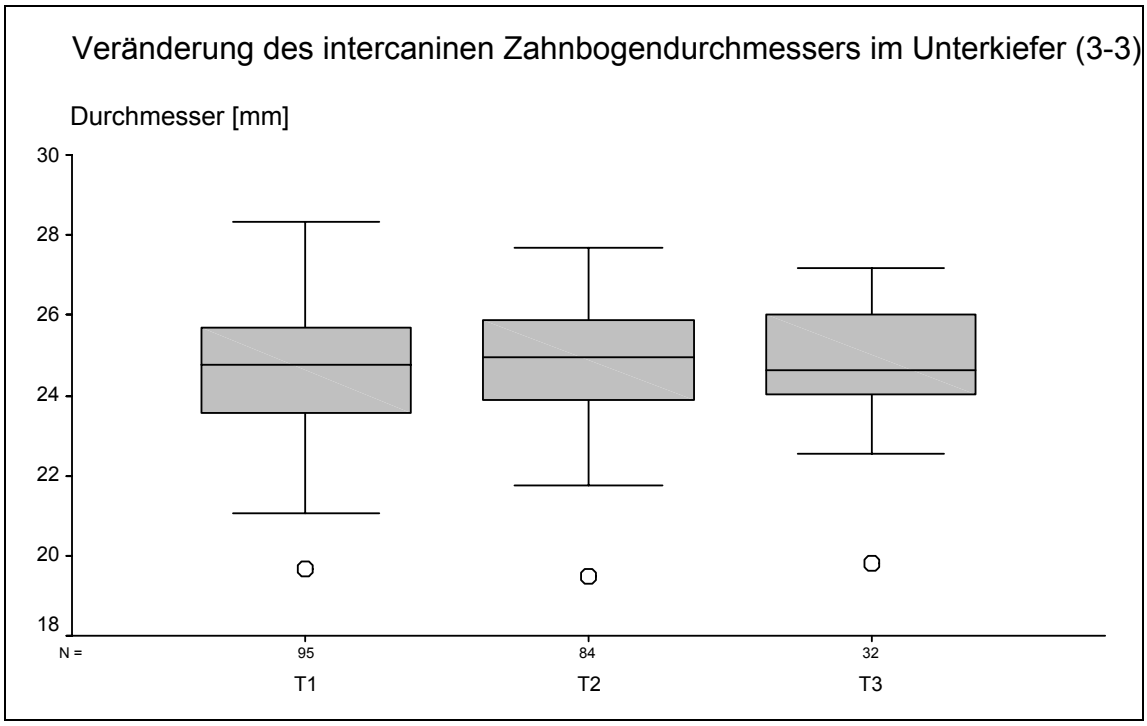


Abbildung 35: Veränderung des intercaninen Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer

5.24. Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (4-4)

Für den Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (4-4) konnte bei allen 102 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung sowie nach der aktiven Phase erfolgen und bei 37 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase.

Für den Vergleich der vor der Behandlung und nach der aktiven Phase durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von allen 102 Probanden zurückgegriffen werden. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0{,}663$ bzw. $p = 0{,}673$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (4-4) nach der aktiven Phase hochsignifikant größer war als vor der Behandlung ($p < 0{,}001$).

Bei 37 Patienten konnte zu den Untersuchungszeitpunkten T2 und T3 eine Analyse bezüglich des Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer (4-4) erfolgen. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel jeweils nicht signifikant aus ($p = 0{,}893$ bzw. $p = 0{,}997$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test zeigte sich, dass sich die Werte nach der Retentionsphase nicht signifikant von den nach der aktiven Phase bestimmten Zahlen unterschieden ($p = 0{,}171$).

Die Tabelle 22 enthält die entsprechenden statistischen Kennwerte der Analysen.

Tabelle 22: Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (4-4)

	Anteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	102	**33,30**	2,08	24,51	37,75	} ***
nach aktiver Phase	102	**34,10**	1,89	28,82	37,52	} **n.s.**
nach Retention	37	**33,82**	1,86	29,40	38,06	

Anmerkung: *** $p < 0{,}001$

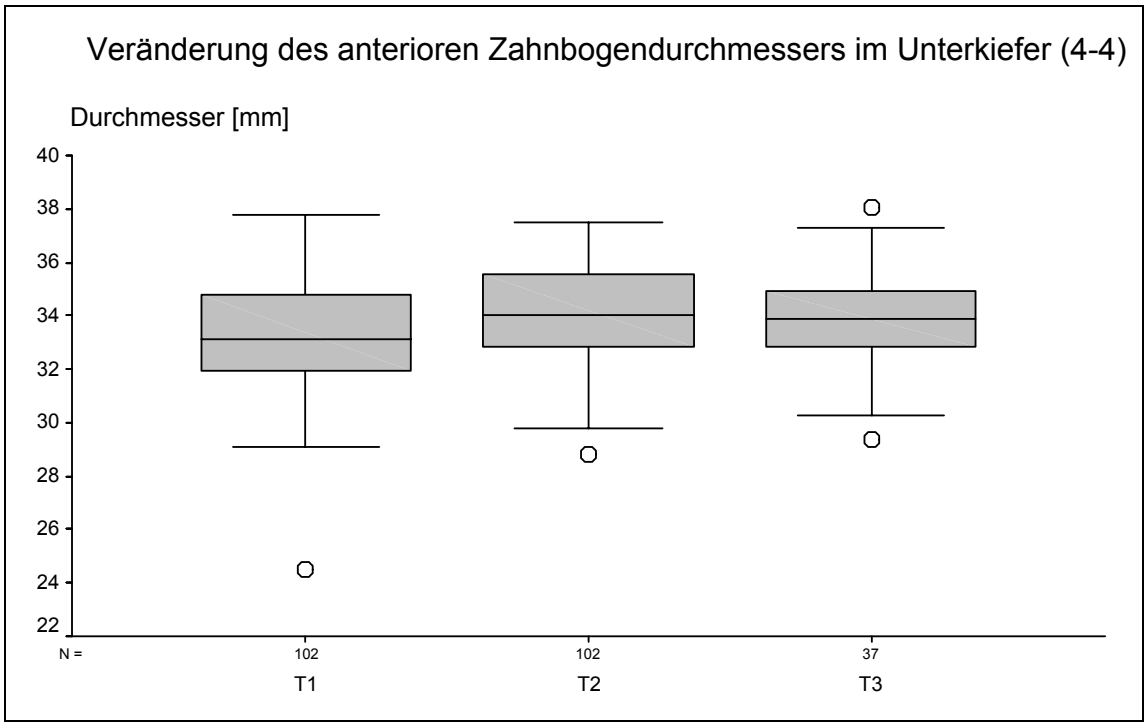


Abbildung 36: Veränderung des anterioren Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer

5.25. Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (6-6)

Für den Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (6-6) konnte bei 98 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung erfolgen, bei 100 Probanden nach der aktiven Phase und bei 36 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase.
Für den Vergleich der vor der Behandlung und nach der aktiven Phase durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von 98 Probanden zurückgegriffen werden, bei denen beide Untersuchungen erfolgten. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0{,}731$ bzw. $p = 0{,}915$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass der Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (6-6) nach der aktiven Phase hochsignifikant größer war als vor der Behandlung ($p < 0{,}001$).
Bei 36 Patienten konnte zu allen drei Untersuchungszeitpunkten eine Analyse bezüglich des Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer (6-6) erfolgen. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel jeweils nicht signifikant aus ($p = 0{,}750$ bzw. $p = 0{,}848$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test zeigte sich, dass sich die Werte nach der Retentionsphase nicht signifikant von den nach der aktiven Phase bestimmten Zahlen unterschieden ($p = 0{,}754$).

Die Tabelle 23 enthält die statistischen Kennwerte der Analysen:

Tabelle 23: Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer (6-6)

	Posteriorer Zahnbogendurchmesser im Unterkiefer [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	98	**48,01**	2,78	42,18	54,05	} ***
nach aktiver Phase	100	**48,68**	2,43	42,28	55,00	} **n.s.**
nach Retention	36	**48,40**	2,70	42,62	54,54	

Anmerkung: *** $p < 0{,}001$

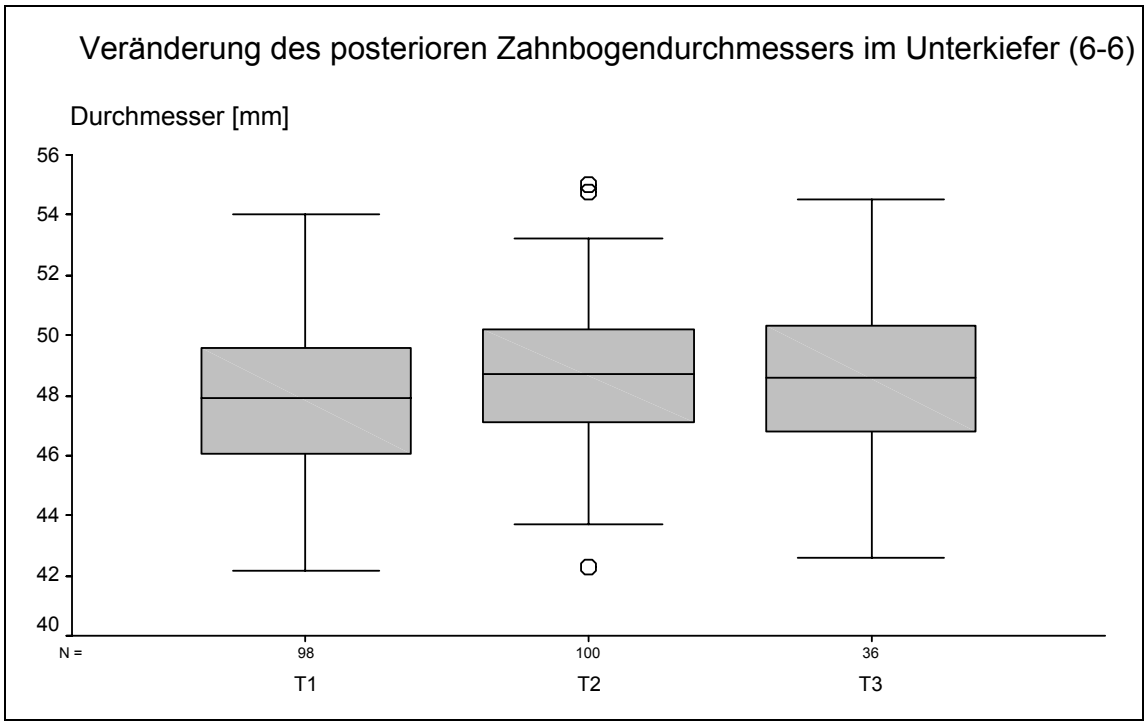


Abbildung 37: Veränderung des posterioren Zahnbogendurchmessers im Unterkiefer

5.26. Overjet (Modell)

Für die Overjet-Werte konnte bei 99 Probanden die Modellanalyse vor Beginn der Behandlung erfolgen, bei 101 Probanden nach der aktiven Phase und bei 37 Patienten darüber hinaus nach der Retentionsphase.

Für den Vergleich der vor der Behandlung und nach der aktiven Phase durchgeführten Modellanalysen konnte auf die Werte von 98 Probanden zurückgegriffen werden. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel für die Daten beider Untersuchungszeitpunkte nicht signifikant aus ($p = 0,996$ bzw. $p = 0,474$), so dass der t-Test herangezogen werden kann. Im t-Test für verbundene Stichproben zeigte sich, dass den Overjet nach der aktiven Phase hochsignifikant geringer war als vor der Behandlung ($p = 0,865$).

Bei 36 Patienten konnte zu den Untersuchungszeitpunkten T2 und T3 eine Analyse bezüglich des Overjets erfolgen. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest fiel jeweils nicht signifikant aus ($p = 0,855$ bzw. $p = 0,798$), so dass der t-Test herangezogen werden konnte. Im t-Test zeigte sich, dass sich die nach der Retentionsphase bestimmten Werte nicht signifikant von den nach der aktiven Phase bestimmten Zahlen unterschieden ($p = 0,119$).

Die Tabelle 24 enthält die statistischen Kennwerte der Analysen:

Tabelle 24: Overjet

	Overjet [mm]					
Zeitpunkt	N	MW	SD	Min	Max	t-Test
vor Behandlung	99	**3,54**	2,33	-2,22	10,01	} **n.s.**
nach aktiver Phase	101	**3,61**	2,22	-2,40	10,50	} **n.s.**
nach Retention	37	**3,08**	1,38	-0,90	6,38	

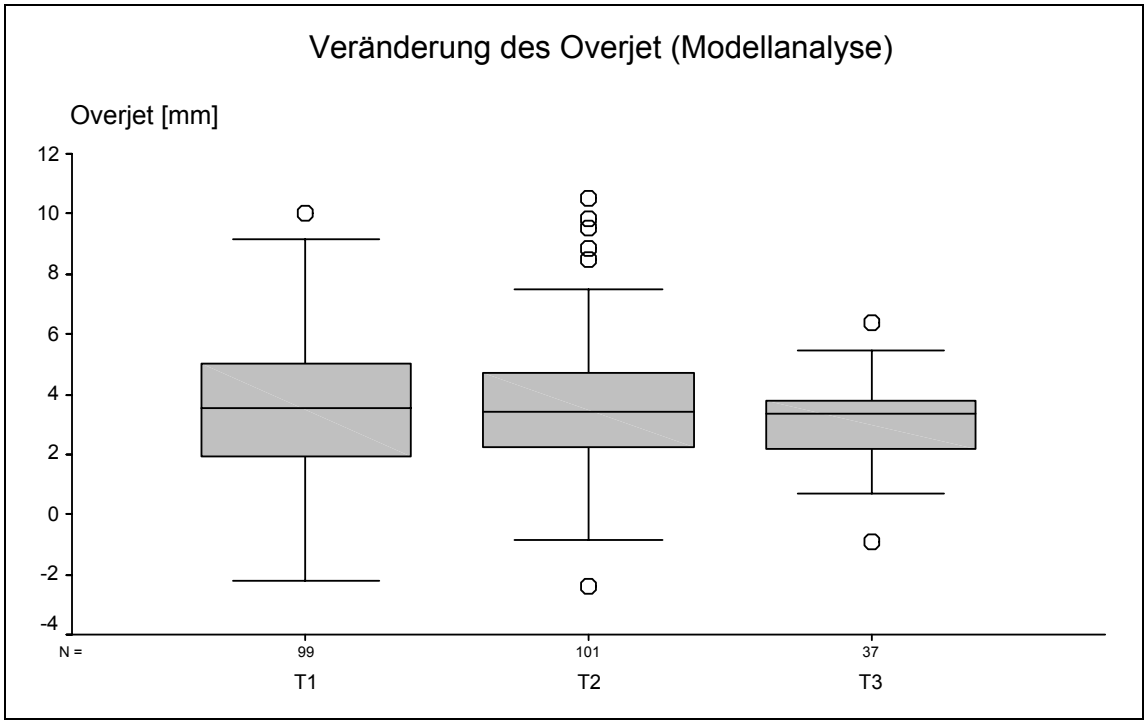


Abbildung 38: Veränderung des Overjet (Modell)

6. Diskussion

Patienten mit Schmalkiefer, ein- und beidseitigen Kreuzbissen sowie Frontengstand bilden ein besonderes Kollektiv in der kieferorthopädischen Praxis. Als eine schon lange bekannte Behandlungsmethode gilt die Gaumennahterweiterung (GNE), die als eine erfolgreiche Möglichkeit angesehen wird, schnell und effektiv diese Anomalien zu beheben [43].
Schon seit Jahrzehnten stellt die Gaumennahterweiterung (GNE) Thema zahlreicher Untersuchungen dar. Wenn auch die Erfolge nach der Behandlung größtenteils bekannt sind, kann die frühe GNE in ihrer Effektivität noch nicht eingestuft werden.
Die vorliegende Arbeit dient der Überprüfung der Effektivität und Stabilität einer frühen Gaumennahterweiterung.

6.1. Methode

Der Informationsgewinn für die Untersuchungen vollzog sich ausschließlich durch die verwendeten Modelle und Fernröntgenseitenbilderaufnahmen (FRS). Die Patienten waren bei den Vermessungen der Dokumente nicht persönlich anwesend.
Das Alter der ausgewählten Patienten zum Zeitpunkt vor der Behandlung betrug für die FRS-Auswertungen durchschnittlich 9,6 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,1 Jahren und für die Modellanalyse durchschnittlich 9,1 Jahre mit einer Standardabweichung von 2,2 Jahren.
Ein Problem stellte die Reproduzierbarkeit der Referenzpunkte im FRS und dem Modell dar.
Die Markierungen der einzelnen Punkte erfolgten manuell und durch subjektive Beurteilung, was zu Ungenauigkeiten führen konnte. Nicht in jedem Fall waren gleiche Markierungen der Referenzpunkte möglich.

6.2. Skelettale Wirkung in der Sagittalen

Die für die Untersuchung verwendeten Fernröntgenseitenbilder (FRS) von 72 kieferorthopädisch behandelten Patienten, wurden im Hinblick auf die skelettale Wirkung von Ober- und Unterkiefer in der sagittalen Ebene untersucht.

In 52 Fällen konnte eine Analyse vor der Behandlung und nach der aktiven Phase durchgeführt werden. In 20 weiteren Fällen konnte auf die Analyse nach der Retentionsphase zurückgegriffen werden.

Grundlage einer kephalometrischen Analyse sind spezielle Referenzpunkte, die stellvertretend für bestimmte anatomische Strukturen sind. Bekannt sind mehr als 200 verschiedene Bezugspunkte und ihre diagnostischen Aussagen. Zur Überprüfung einer skelettalen sagittalen Wirkung der GNE vorher, nachher und nach der Retentionsphase, wurden in dieser Arbeit folgende Parameter analysiert: SNA, SNB, ANB und der WITS-Wert.

Der Sella-Nasion-A-Winkel (SNA) bezeichnet die sagittale skelettale Einlagerung des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis und zeigte im t-Test, dass kein wesentlicher Unterschied nach der aktiven Phase ($p= 0,192$) und nach der Retention bestand ($p= 0,995$).

Der Sella-Nasion-B-Winkel (SNB) bezeichnet die sagittale skelettale Einlagerung des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis und zeigte im t-Test nach der aktiven Phase statistisch signifikant höhere Werte als vor der Behandlung ($p= 0,044$). Nach der Retentionsphase zeigten sich keine erheblichen Änderungen ($p= 0.667$). Der geringe Anstieg der Werte und das Nichtvorliegen einer Abnahme, zeigen somit keine Rezidivneigung.

Betrachtet man diese geringe skelettale Veränderung, so kann davon ausgegangen werden, dass die GNE nur einen indirekten Einfluss auf den Unterkiefer hat.

Wie schon in der Literatur beschrieben, waren geringe skelettale Veränderungen direkt nach der Expansion erkennbar (SNB-Winkel). Ein leichter Anstieg des SNB-Winkels könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Mandibula nach anterior rotiert ist oder diese aus einem bestehenden Zwangsbiss herausgeholt worden ist [25, 20, 42, 5, 28, 29, 70, 36, 66, 13].

Man kann entsprechend dieser Untersuchungen jedoch nicht davon ausgehen, das die GNE eine direkte skelettale Wirkung hat. Im Unterkiefer wie auch im Oberkiefer konnte kaum eine skelattale Veränderung festgestellt werden. Dies stimmt mit den Aussagen von *Akkaya et. al.* und *Chang et al*. überein [9].

Der ANB beschreibt die skelettale Relation von Ober- und Unterkiefer und fasst dabei den SNA und SNB zusammen.

Der ANB zeigte nach der Retentionsphase tendenziell größere Werte auf. Die Differenzen lagen bei 3,1° ± 2,82° bzw. 3,2° ± 2,72°. Diese geringe Vergrößerung war jedoch nicht signifikant (p=0,256).
Der WITS-Wert oder WITS-appraisal, gilt als Alternative zum ANB. Nach der aktiven Phase zeigte sich eine geringfügige Abnahme, welche statistisch nicht signifikant war (p=0,115). Nach der Retentionsphase zeigten sich wiederum keine relevanten Unterschiede.
Entsprechend dieser Angaben kann eine skelettale Wirkung in der Sagittalen ausgeschlossen werden.

6.3. Skelettale Wirkung in der Vertikalen

Zur Überprüfung einer skelettalen Wirkung der GNE in der vertikalen Ebene, wurden die Parameter NL-NSL, ML-NSL, ML-NL, NSp/SpMe sowie ArGoMe analysiert.
Im Hinblick auf die verschiedenen Neigungswinkel, konnten keine signifikanten Ergebnisse aufgezeichnet werden. Die Neigungswinkel zwischen der anterioren Schädelbasis (NSL-Ebene) und den Ober- und Unterkieferbasen (NL-/ML-Ebene), lagen im Durchschnitt bei Werten von 5,7° mit einer Standardabweichung von 3,5° für den Oberkiefer nach der aktiven Dehnungsphase und nach der Retention bei 4,7° mit einer Standardabweichung von 2,86°.
Für den Unterkiefer zeigten sich Werte von 32,9° nach der Dehnungsphase mit einer Standardabweichung von 4,59°. Nach der Retention lag der Durchschnittswert ohne nennbare Änderung, bei 31,8° mit einer Standardabweichung von 4,95°. Beide Ergebnissteile waren nicht signifikant.
Der Oberkiefer zeigte entsprechend dieser Werte, eine leichte Tendenz zur anterioren Neigung, welche vor Beginn der Behandlung schon vorgelegen hat und sich nicht merklich nach der Retentionsphase verändert hat.
Der Unterkiefer zeigte vor und nach der GNE eine neutrale Neigung ohne einer anterioren beziehungsweise posterioren Neigungstendenz.
Betrachtet man den Winkel zwischen der Oberkieferbasis (NL-Ebene) und der Unterkieferbasis (ML-Ebene), so zeigten sich Durchschnittswerte vor der Behandlung von 27,2°, nach der Dehnungsphase von 27,1° und 27,0° nach der Retentionsphase. Aufgrund dieser Werte lag eine tendenzielle Hyperdivergenz und dementsprechend ein größerer Basiswinkel vor. Resultierend trat ein offener Biss auf, der sich durch die GNE nicht neutralisierten ließ. Ursächlich für diese Änderung des ML-NL Winkels kann die

stattfindende Rotation der Mandibula angesehen werden, wie dies schon in der Literatur beschrieben wurde [25, 20, 42, 5 28, 29, 70, 36, 66, 13].

Im Bezug auf den NSp/SpMe-Wert ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untersuchungszeitpunkten nachweisen. Das Verhältnis von Mittelgesichthöhe zur Untergesichtshöhe war stetig und zeigte im Durchschnitt 75,2 % auf, mit einer Standardabweichung von 7,10 %. Eine vertikale skelettale Veränderung war hier ebenfalls nicht gegeben, obwohl nach der Retentionsphase eine Tendenz zur großen Untergesichtshöhe gegeben war.

Bei der Analyse des Kieferwinkels (ArGoMe) waren keine signifikanten Unterschiede zu erkennen. Der Durchschnittswert lag nach der aktiven Dehnungsphase bei 126,8° mit einer Standardabweichung von 5,52°. Eine skelettale Veränderung im Bezug auf eine Neigung oder ausgeprägte Knickung der Mandibula kann hiermit zu allen drei Zeitpunkten ausgeschlossen werden.

6.4. Dentoalveoläre Veränderungen

Zur Überprüfung einer vorliegenden dentoalveolären Änderung durch die GNE wurden jeweils die Achsenstellung der Schneidezähne, die Schneidezahnposition im Kiefer sowie die Schneidezahnokklusion analysiert.

Entsprechend der Auswertung des Interinzisalwinkels (IOK-IUK), zeigten sich nach der direkten Dehnung keine wesentlichen Unterschiede. Der Durchschnittswert lag bei 128,4° mit einer Standardabweichung von 8,63°, welches auf eine neutrale Achsenstellung der Ober- und Unterkiefer Inzisivi schließen lässt. Bei der Analyse des Winkels nach der Retentionsphase konnte eine Tendenz zum kleinen Interinzisalwinkel gezeigt werden, dessen Durchschnittswert bei 125,6° lag mit einer Standardabeichung von 8,94°. Dies weist auf eine bimaxilläre Protrusion der Schneidezähne hin. Die Differenz war jedoch statistisch nicht signifikant (p=0,134).

Ein vorliegender labialer Kippstand der oberen Schneidezähne zeigte sich auch im Bezug auf die Oberkieferbasis (IOK-NL) in allen drei Untersuchungszeitpunkten. Eine Veränderung in der Achsenstellung bezüglich der NA-Linie konnte ausgeschlossen werden. Der Durchschnittswert lag bei 21,8° mit einer Standardabweichung von 6,75° nach der aktiven Phase.

Eine Veränderung in der Achsenstellung der unteren Schneidezähne konnte nicht beobachtet werden. Diese Aussage wird durch den IUK-ML Wert verdeutlicht.
Nach der Analyse der für die Schneidezahnposition im Ober- und Unterkiefer entscheidenden Werte (InIUK-NA/ InIUK-NB), waren keine Unterschiede nachzuweisen. Die Position der Zähne zur entsprechenden Basis war zu allen Zeitpunkten gleichbleibend.
Ein entscheidender Unterschied konnte bei der Kinnausprägung (PogNB) festgestellt werden, welches ein Zeichen für das normale Wachstum ist (p= 0, 047).
Vor der Behandlung sowie nach der GNE lagen geringe Werte vor, die auf ein knöchern gering ausgeprägtes Kinn hindeuteten. Nach der Retentionsphase konnte eine Vergrößerung der Unterkieferbasis gezeigt werden. Diese skelettale Änderung kann nicht auf die alleinige Behandlung zurückgeführt werden. Ein regelrechtes Wachstum der Patienten hat in den durchschnittlich 3 Jahren nach dem Behandlungsbeginn stattgefunden. Unter anderem wäre die schon erwähnte Rotation der Mandibula auch in diesem Zusammenhang zu nennen, welche das Erscheinungsbild des vergrößerten Kinns erklären würde. Welcher Faktor hier der ausschlaggebende ist, kann durch diese Untersuchungen nicht näher geklärt werden.
Hinsichtlich der Schneidezahnokklusion, Overjet und Overbite, zeigte sich in der Vertikalen (Oberbite) ein signifikanter Unterschied zwischen den nach der Dehnung und den vor der Behandlung ermittelten Werte (p = 0,063). Der Durchschnittswert lag bei –0,4 mm mit einer Standardabweichung von 2,75 mm vor der Behandlung und 0,1 mm mit einer Standardabweichung von 2,11 mm nach der aktiven Dehnung. Folglich zeigte sich eine deutliche Abnahme des offenen Bisses bei den untersuchten Patienten. Die GNE führt hinsichtlich dieser Beobachtung zu einer Reduktion des offenen Bisses.
Im Hinblick auf die durch die Modellanalyse erfolgte zusätzliche Overjetbestimmung, zeigte sich eine deutliche Abnahme der sagittalen Stufe nach der Dehnung und der darauffolgenden Retention. Da keine dentalen Ursachen, wie labialer Kippstand der unteren Frontzähne für diese Veränderung verantwortlich gemacht werden können, ist das Vorwärtswachstum der Mandibula als Grund für die Verkleinerung der sagittale Stufe zu sehen.

.

6.5. Transversale Erweiterung und Rezidivneigung

Die Modellanalyse diente zur Beurteilung der Zahnbögen im Ober- und Unterkiefer jeweils nach der GNE und nach der Retentionsphase. Bei 93 Patienten konnten Modelle nach der aktiven Dehnungsphase analysiert werden, und bei 32 Patienten lagen Modelle vor, welche nach der Retention beurteilt werden konnten.
Der Oberkiefer konnte bei 4-4 um durchschnittlich 4,6 mm wesentlich erweitert werden ($p< 0,001$). Die Differenz nach der Retentionszeit betrug im anterioren Anteil des Zahnbogens nur 1,3 mm und war signifikant ($p= 0,001$). Der Zahnbogendurchmesser im OK (4-4) wird während der drei Untersuchungszeitpunkten in Abb. 33 verdeutlicht.
Im posterioren Anteil des Oberkiefers bei 6-6 wurde durchschnittlich um 5,1 mm gedehnt. Die Differenz betrug hier 0,7 mm und war grenzwertig signifikant geringer als direkt nach der aktiven Phase ($p= 0,067$).
Bei der Überprüfung, ob die GNE eine Auswirkung auf den Unterkiefer hat, wurde zusätzlich der Zahnbogendurchmesser bei 3-3 herangezogen. Dieser konnte jedoch nur bei einer begrenzten Patientenzahl direkt nach der GNE und nach der Retention ausgewertet werden, da nicht bei allen vorliegenden Modellen eine Analyse bei 3-3 erfolgen konnte. Die Auswirkungen auf den Unterkiefer waren wesentlich geringer als die des Oberkiefers. Im Bereich 3-3 erfolgte eine Erweiterung um 0,3 mm, bei 4-4 um 0,8 mm und im posterioren Zahnbogenanteil bei 6-6 um durchschnittlich 0,6 mm. Bei allen drei Untersuchungszeitpunkten konnten nach der Retentionsphase keine entscheidenden Veränderungen festgestellt werden. Eine Rezidivneigung konnte ausgeschlossen werden.
Entsprechend dieser Analyse kann davon ausgegangen werden, dass es durch die Gaumennahterweiterung zu einer Mitbeteiligung des Unterkiefers kommt. Die Differenzen in der Transversalen waren zwar gering, aber statistisch signifikant.
Ob diese transversale Zunahme im Unterkiefer als Folge der Erweiterung des Oberkiefers anzusehen ist, ist jedoch fraglich. Ein gewisser Anteil ist definitiv auch auf das normale Wachstum des Patienten zurückzuführen. Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass der Unterkiefer an transversaler Breite zunimmt.

Entsprechend der vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigt sich, dass die GNE zu einer signifikanten und annähernd stabilen Verbreiterung des Oberkiefers führt. Der Gebrauch eines Retentionsgerätes länger als ein Jahr ist nicht indiziert. Die Zeitspanne von einem Jahr, die ein neugebildeter Knochen für seine Reifung braucht, muss nicht zwingend überschritten werden.

Eine geringfügige aber nicht ausschlaggebende Rezidivneigung würde auch nach einer längeren Retentionsphase auftreten, da sich der Patient in einem ständigen Wachstum befindet. Auf eine Retention nach der GNE darf jedoch nicht völlig verzichtet werden. Es ist wichtig den Oberkiefer in seiner neu eingestellten Position zu halten [60, 64, 39].
Im anterioren Zahnbogenanteil kommt es im Oberkiefer zu einer stärkeren Rezidivierung als im Molarenbereich, welches schon in vorrangegangenen Studien beschrieben wurde. Nach *Krebs* rezidiviert vor allem der anteriore Zahnbogenbereich im Oberkiefer, wobei der Molarenbereich weitgehend stabil bleibt. Da es bei der Dehnung im Oberkiefer zu einer transversalen Vergrößerung über 5 mm im anterioren und über 4,5 mm im posterioren Bereich kommt, und diese Resultate mit denen in der Literatur vergleichbar sind, kann davon ausgegangen werden, dass die frühe GNE zu einer effizienten Erweiterung führt [63, 65, 28, 12].
Die Rezidivneigung ist im Vergleich zu den in der Literatur beschriebenen Angaben als merklich geringer einzustufen, was die Aussage zulässt, dass ein frühzeitiger Behandlungsbeginn zu einem geringen Rezidiv führt. Die Beobachtung, dass es zu keinen Verlusten in der transversalen Weite kommt, wie dies von *Skieller, Wertz et.al. und Spillane et.al.* beschrieben wurde, konnte in dieser Untersuchung bei keinem Patienten gezeigt werden.

Als Folge der GNE tritt eine neue Situation im Mundbereich auf, bei der es zu einer Veränderung des muskulären Gleichgewichtes kommt. Im Kindesalter kann noch nicht von einer stark ausgeprägten Muskulatur gesprochen werden, sodass Umstellungen auf eine neue Situationen problemlos stattfinden können. Der Körper braucht die aufgetretene Unstimmigkeit, die durch die GNE auftritt, durch ein Rezidiv nicht auszugleichen. Demnach kann eine frühe GNE schmerzfrei und ohne merkliche Rückschläge zu einer Wachstumsanregung führen, wo geringe Rezidive keine Aussagekraft besitzen. Dies wurde auch in früheren Untersuchungen bereits beschrieben [57, 70, 58].
Anhand dieser Untersuchungen lässt sich sagen, dass die frühe Gaumennahterweiterung zwar zu keiner sagittalen oder vertikalen Veränderung führt, aber durch die rechtzeitige Erweiterung des Gaumens eine Manifestation von skelettalen Asymmetrien vermieden werden kann.
Da bei den hier untersuchten Modellen in den meisten Fällen ein offener Bisses vorgelegen hat, kann bei den Patienten mit einer Mundatmung gerechnet werden. Durch dieses Erscheinungsbild resultiert ein Absinken der Zunge nach kaudal, sodass ein Anliegen der

Zunge am Gaumen nicht mehr stattfinden kann. Durch den fehlenden Druck ist eine Wachstumsstimulation nicht mehr gewährleistet.
Durch eine transversale Erweiterung wird Platz für die Zunge geschaffen und die mimische Muskulatur aktiviert. Eine regelrechte Entwicklung der Zahnbögen und skelettalen Strukturen kann dadurch erfolgen und somit schon Manifestationen rechtzeitig vermieden werden.
Ein wichtiger Grund für eine frühzeitige Erweiterung des Oberkiefers ist unter anderem eine Aufhebung des mandibulären Zwangsbisses, der eine Ursache des Kreuzbisses sein kann. Ein regelrechtes Wachstum des Unterkiefers und eine Zwangsbissbeseitigung ist hierbei nur durch eine Oberkiefererweiterung möglich.

7. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollte die Effektivität und Stabilität einer frühen Gaumennahterweiterung (GNE) untersucht werden.

Obwohl die Behandlungmethode weit verbreitet ist und die Erfolge nach der GNE größtenteils bekannt sind, stehen einer Behandlung im Milchgebiss und frühem Wechselgebiss viele Behandler noch skeptisch gegenüber.

Die GNE bietet eine Möglichkeit, schnell ein- und beidseitige Kreuzbisse zu überstellen. Die Stabilität in der Transversalen sowie die Auswirkung auf die Breite des Unterkieferzahnbogens und auf die Sagittalentwicklung der Kiefer ist jedoch fraglich.

Durch eine frühe Behandlung können Manifestationen skelettaler Asymmetrien rechtzeitig vermieden werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass der Oberkiefer signifikant durchschnittlich um 4,6 mm im anterioren und 5,1 mm im posterioren Zahnbogenanteil erweitert werden konnte. Das Rezidiv betrug nur 1,3 mm (4-4) und 0,7 mm (6-6).

Die Auswirkungen auf den Unterkiefer waren zwar gering, aber statistisch hochsignifikant. Mit Durchschnittswerten von 0,3 mm (3-3), 0,8 mm (4-4) und 0,6 mm (6-6) zeigte sich eine transversale Zunahme. Eine Rezidivneigung lag nicht vor. Eine Zunahme der Zahnbogenbreite des Unterkiefers als alleinige Folge der GNE im Oberkiefer muss jedoch bezweifelt werden.

Trotz geringradiger Veränderungen des SNB in den drei Untersuchungszeiträumen kann von einem ursächlichen Zusammenhang der GNE nicht ausgegangen werden. Änderungen der Oberkieferlage relativ zur Schädelbasis (SNA) zeigten sich nicht.

Es lässt sich schlussfolgernd sagen, dass die GNE in kurzer Zeit zu einer signifikanten und stabilen Verbreiterung des Oberkiefers führt. Kreuzbisse bleiben ohne langfristige Retention überstellt, sodass die frühe GNE als effiziente Methode zu betrachten ist. Eine skelettale Wirkung auf den Ober- und Unterkiefer in der Sagittalen und Vertikalen konnte ausgeschlossen werden.

8. Literaturverzeichnis

1. Akkaya S, Lorenzon S, Ucem TT: A comparison of sagittal and vertical effects between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures. Eur J Orthod 21 (1999), 175-180

2. Angell EC: The permanent or adult teeth. San Fran Med Press 1 (1860), 83 und 145

3. Angell EC: Treatment of irregularities of the permanent or adult teeth. Dent Cosmos 1, (1860), 540-544, 599-601

4. Asanza S, Cisneros GJ, Nieberg L.G.: Comparison of Hyrax and bonded expansion appliances. Angle Orthod 67 (1997), 15-22

5. Biederman BC: Rapid correction of class III malocclusion by midpalatal expansion. Am J Orthod 63 (1973), 47-55

6. Biedermann W: An hygienic appliance for rapid expansion. J Pract Orthod 2 (1968), 67-70

7. Cameron CG, Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr.: Long-term effects of rapid maxillary expansion: A posteroanterior cephalometric evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop 121 (2002), 129-135

8. Ceylan I, Oktay H, Demirci M: The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. Angle Orthod 66 (1996), 301-308

9. Chang JY, McNamara JA, Herberger T: A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. Am J Orthod Dentofacila Orthop 112 (1997), 330-337

10. Cistulli P: Treatment of snoring and obstructive sleep apnoea by rapid maxillary expansion. Aust NZ J Med (1996), 428-429

11. Cozza P, Giancotti A Petrosino A: Rapid palatal expansion in mixed dentition using a modified expander: a cephalometric investigation. J Orthod 28 (2001), 129-134

12. Cross DL, McDonald JP: Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and nasal structures: a postero-anterior cephalometric study. Eur J Orthod 22 (2000), 519-528

13. Da Silva Filho OG, do Prado Montes LA, Torelly LF : Rapid maxillary expansion in the deciduous dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. Am J Orthod Dentofacial Orthop 107 (1995), 268-275

14. Davis WM, Kronmam JH: Anatomical changes induced by splitting of the midpalatal suture. Angle Orthod 39 (1969), 126-132

15. Davis WM, Kronman H: Anatomical changes induced by splitting of the midpalatal suture. Am J Orthod 39 (1969), 126-131

16. Derichsweiler H: Die Gaumennaht-Erweiterung. Eur Orthod Soc 11 (1953), 597-600

17. Derichsweiler H: Die Umstellung der Mundatmung zur Nasenatmung durch die Gaumennahterweiterung. Fortschr der Kieferorthop 15 (1954), 234-241

18. Derichsweiler H: Gaumennahterweiterung. Carl Hanser Verlag, München 1956

19. Diedrich et al.: Praxis der Zahnheilkunde, Kieferorthopädie 2, 4. Aufl., Urban und Fischer, München 2000

20. Eirew HL: Rapid maxillary expansion. Dent Update (1976), 251-261

21. Ekström C, Henrikson CO, Jenson R: Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. Am J Orthod (1977), 449-455

22. Ervedi N, Okar I, Kucukkeles N, Arbak S: a comarison of two different rapid palatal expansion techniques from the point of root resorptions. Am J Orthod Dentofacial Orthop 106 (1994), 47-51

23. Frevert-Boelcke A: Die Gaumennaht-Sprengung. Dtsch Zahnärztl Z (1954), 511-517

24. Fürthauer U, Droschel H: Die Gaumennahtsprengung als interzeptive Maßnahme. Dtsch Zahnärztl Z (1980), 165-168

25. Gardner GE, Kronman JH : Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus monkey. Am J Orthod 2 (1971), 146-155

26. Gerlach H: Die Gaumennahtsprengung. Fortschr der Kieferorthop 15 (1954), 243-248

27. Goddart DL: Separation of the superior maxilla at the symphisis. Dent Cosmos 33, (1893), 880

28. Haas A: Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. Am J Orthod 31 (1961), 73-89

29. Haas AJ: The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. Am J Orthod 35 (1965), 200-216

30. Herold, JS: Maxillary expansion: A retrospective study of three methods of expansion and their long-term sequelae. Brith J Orthod 16 (1989), 195-200

31. Herrmann H: Histologische Befunde der Schleimhaut des Oberkiefers nach der Gaumennahterweiterung bei Gaumenspalten. Fortschr der Kieferorthop 17 (1956), 214-217

32. Hershey HG, Stewart BL, Warren DW: Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion. Am J Orthod 69 (1976), 274-284

33. Hicks EP: Slow maxillary expansion a clinical study of skeletal versus dental response to low magnitude force. Am J Orthod 86 (1984), 121-141

34. Ioannidou J, Kolokitha O: Rapid maxillary expansion: presentation of 3 clinical cases. Orthod Fr 71 (2000), 95-103

35. Jäger A, Braumann B, Kim C, Wahner S: Skeletal and dental effects of maxillary protraction in patients with angle class III malocclusion. A meta-analysis. J Orofac Orthop 62 (2001), 275-284

36. Jiang J, Ji C: Hard tissue changes in class III patients treated with maxillary protraction and rapid palatal expansion. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 36 (2001), 273-260

37. Kahl-Nieke B: Einführung in die Kieferorthopädie. Urban und Schwarzenberg, München 1995

38. Kanakawa M, Shimizu N: Age-related changes on bone regeneration in midpalatal suture during maxillary expansion in the rat. Am J Orthod Dentofacial Orthop 114 (1998), 646-653

39. Krebs A: Midpalatal suture expansion, studied by the implant method over a seven year period. Trans Eur Orthod Soc 131 (1964), 131-142

40. Ladner PT; Muhl ZF: Changes concurrent with orthodontic treatment when maxillary expansion is a primary goal. Am J Orthod Dentofacial Orthop 108 (1995), 184-190

41. Linder-Aronson S, Aschan G: Odontologisk Revy. 14 (1963), 254

42. Lindsay PG: Rapid maxillary expansion and impaired nasal respiration. Ear, Nose and Throat J 66 (1987), 248-251

43. Loreille JP, Bery A: Changes in nasal respiration during palatal expansion. Inf Orthod Kieferorthop (1982), 117-131

44. Markwardt AW: Vorläufige Erfahrungen über die Auswirkung der Gaumennahterweiterung auf das Hilfsschulkind. Fortschr der Kieferorthop 22 (1961), 359-364

45. McDonald JP: Airway Problems in children-Can the orthodontist help? Ann Acad Med Singapore 24 (1995), 158-162

46. Mommaerts MY: Transpalatinal distraction as a method of maxillary expansion. Br J Oral Maxillofac Surg 37 (1999), 268-272

47. Murray JMCG, Cleall JF: Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the Rhesus monkey. J Dent 50 (1971), 1654-1660

48. Odenrick L, Karlander EL, Pierce A et al.: Surface resorption following two forms of rapid maxillary expansion. Eur J Orthod 13 (1991), 264-270

49. Öhler D, Skotnicky F: Die Gaumennahterweiterung. Dtsch Zahnärztl Z 13 (1958), 783-788

50. Piccini A, Biagini C, Sensini I et al.: Morpho-functional correlations in children with cross-bite. Revue de Laryngologie 113 (1992), 33-36

51. Rakosi TH, Jonas I, Burgert R: Vereinfachte Anfertigung von Gaumennaht-Sprengungsplatten. Fortschr der Kieferorthop 44 (1983), 71-74

52. Sandikcioglu M, Hazar S: Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. Am J Orthod Dentofac Orthop 111 (1997), 321-327

53. Schönherr E: Gaumennahterweiterung mit abnehmbaren Behelfen. Fortschr der Kieferorthop 16 (1955), 177-182

54. Schrader HK: Ein Fall von Gaumennahterweiterung. Schweiz Monatsschr Zahnmed (1958), 1154-1158

55. Schulze W: Zur Indikation und Prognose der Gaumennahterweiterung. Magazin für Zahnheilkunde, Management und Kultur 5 (1955), 249-259

56. Schwarz M: Über die Einwirkung kieferorthopädischer Geräte auf die Nasenhöhle. Fortschr der Kieferorthop 15 (1954), 248-269

57. Skieller V: Expansion of the midpalatal suture by removableplates, analysed by the implant method. Trans Eur Orthod Soc (1964), 143

58. Spillane LM, McNamara JA Jr.: Maxillary adaptation to expansion in the mixed dentition. Semin Orthod 1 (1995), 176-187

59. Spolyar JL: The design, fabrication, and use of a full coverage-bonded rapid maxillary expansion appliance. Am J Orthod 86 (1984), 136-145

60. Stockfisch H: Possibilities and limitation of expanding the palatal suture. Dtsch Stomatol Z 21 (1971), 530-534

61. Thomson W: Extraoral high-pull forces with rapid palatal expansion in the Macaca mulatta. Am J Orthod 66, (1974), 302-315

62. Timms DJ: The dawn of rapid maxillary expansion. Angle Orthod (1999), 247-250

63. Timms DJ: Rapid Maxillary Expansion in the Treatment of Nasal Obstruction and Respiratory Disease. Entechnology 66 (1987), 242-247

64. Timms DJ: Rapid Maxillary Expansion. Quintessence Publishing Co., Inc. Chicago, Berlin-Rio de Janeiro-Tokyo 1981

65. Timms DJ: Some Medical Aspects of Rapid Maxillary Expansion. Br J Orthod 1 (1973),127-132

66. Valezquez P, Benito E, Bravo LA: Rapid maxillary expansion. A study of the long-term effects. Am J Orthod Dentofacial Orthop 109 (1996), 361-370

67. Vardimon AD, Brosh T, Spiegler A et al.: Rapid palatal expansion: Part 1. Mineralization pattern of the midpalatal suture in cats. Am J Orthod Dentofacial Orthop 113 (1998), 371-380

68. Weise W : Parodontopathien als Folge von kieferorthopädischer Behandlung. Dtsch Zahnärztl Z 28 (1973), 143-148

69. Weise W: Beitrag zur Gaumennahterweiterung. Zahnärztl.Welt/Reform 65 (1964), 750-758

70. Wertz R, Dreskin M: Midpalatal suture opening: A normative study. Am J Orthod 71 (1977), 367-381

71. Wertz RA: Changes in nasal airflow incident to rapid maxillary expansion. Am J Orthod 38 (1968), 1-10

72. Wertz RA: Skeletal and dental changes accompanycing rapid midpalatal suture opening. Am J Orthod 58 (1970), 41-66

73. Wollens AG, Goffart Y, Lismonde P, Limme M: Therapeutic maxillary expansion. Rev Belge Med Dent 46 (1991), 51-58

74. www.uni-leibzig.de/kfo/GNE/histtext.htm

9. Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt als erstes Herrn Prof. Dr. Drescher für die freundliche Überlassung des Themas und seiner Hilfe bei allen aufgetretenen praktischen und theoretischen Schwierigkeiten.
Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Düsseldorf und Frau Dr. C. Holtkamp für ihre tatkräftige Unterstützung in der Anfangszeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. K. Reck und seinen Praxismitarbeitern für die Bereitstellung aller Modelle und Röntgenbilder, ohne die eine Durchführung der vorliegenden Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ein weiterer besonderer Dank gilt meinen Eltern und meiner Schwester für ihre Aufmunterungen sowie bei allen meinen Freunden für ihre Motivation und Geduld.

Diese Arbeit widme ich meinem verstorbenen Großvater Dr. Jan Landowski.

10. Lebenslauf

Persönliche	Name:	Dominika Margarete Scherkowski
Information	Familienstand:	ledig
	Staatsangehörigkeit:	deutsch
	Geburtsdatum:	27.07.1974
	Geburtsort:	Warschau/Polen
	Eltern:	Margarete Landowski-Scherkowski, Tierärztin
		Bogdan Scherkowski, Tierarzt
	Geschwister:	Katja Anna Scherkowski, Jura-Studentin
Schulbildung:	1981-1985	Gemeinschaftsgrundschule im Averbruch, Dinslaken
	1985-1994	Schule Marienberg Neuss/ Rhein
		Erzbischöfliches Gymnasium für Mädchen
		Abschluss: allgemeine Hochschulreife
Studium:	Oktober 1994 bis Juni 2000	Heinrich-Heine Universität Düsseldorf
		Studium der Zahnmedizin
		Abschluss: Staatsexamen Zahnmedizin
Ausbildung:	seit Juli 2000	wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Aufnahme der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf
	ab Januar 2001	Weiterbildung zur Fachgebietsbezeichnung Oralchirurgie