

Aus dem Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der J.W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main
Poliklinik für Kieferorthopädie

**NEBENWIRKUNGEN DER
FORCIERTEN GAUMENNAHTERWEITERUNG**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin der
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Iris Borel-Scherf
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2007

Dekan:	Prof. Dr. med. J. Pfeilschifter
Referent:	Prof. Dr. med. dent. P. Schopf
Koreferent:	Prof. Dr. med. Dr. med. dent. R. Sader
Tag der mündlichen Prüfung:	11. Januar 2008

Meinen Eltern und Olaf

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN	4
2.1 Geschichte	4
2.2 Gerätedesign	4
2.3 Indikationen	8
2.4 Funktionsweise der Gaumennahterweiterung	8
2.5 Positive Effekte	12
2.6 Physiognomische Veränderungen	14
2.7 Skelettale Langzeitveränderungen	15
2.8 Nebenwirkungen und Komplikationen	15
2.9 Methoden zur Vermeidung von Komplikationen	16
3. MATERIAL UND METHODEN	18
3.1. Fragebogen	18
3.1.1 Aufbau des Fragebogens	18
3.1.2 Auswertung	19
3.2 Untersuchungen von Archivmaterial	20
3.2.1 Patientengut	20
3.2.2 Auswertung der Dokumentationsunterlagen	21
3.2.3 Modellvorbereitung	22
3.2.4 Methoden der Modell-Auswertung	25
3.2.5 Überprüfung von Korrelationen	30
4. ERGEBNISSE	31
4.1 Fragebogen	31
4.1.1 Anzahl der durchgeführten Gaumennahterweiterungen	33
4.1.2 Altersgrenze für chirurgische Gaumennahterweiterung	34
4.1.3 Angewandte Typen von Gaumennahterweiterungs-Apparaturen	35

4.1.4 Aktivierung	36
4.1.5 Retention	37
4.1.6 Komplikationen	38
4.1.7 Technische Komplikationen	38
4.1.8 Extraorale Nebenwirkungen	40
4.1.9 Intraorale und allgemeinmedizinische Nebenwirkungen	43
4.1.10 Dokumentationen	49
4.2 Analyse des Archivmaterials	49
4.2.1 Patientengut	50
4.2.2 Aufgetretene Komplikationen	51
4.2.3 Behandlungsergebnisse	51
4.2.4 Analyse der Kippungen	56
4.2.5 Überprüfung von Korrelationen der Kippungen mit verschiedenen Parametern	59
5. DISKUSSION	63
5.1 Fragebogen	63
5.1.1 Altersgrenze der konventionellen Gaumennahterweiterung	64
5.1.2 Verwendete Apparaturen	66
5.1.3 Aktivierungsrhythmus und Retentionsdauer	67
5.1.4 Technische Komplikationen	70
5.1.5 Extraorale Nebenwirkungen	72
5.1.6 Intraorale Nebenwirkungen	75
5.2 Diskussion der Ergebnisse aus Archiv-Auswertung	84
5.2.1 Patientenauswahl	84
5.2.2 Ausgewertetes Material	85
5.2.3 Geschlechter- und Altersverteilung	85
5.2.4 Behandlungszeiten	86
5.2.5 Größe der transversalen Erweiterung	86
5.3 Diskussion der Kippungsbestimmungen	86
5.3.1 Beurteilung von Zahnkippungen nach Augenschein	86
5.3.2 Ergebnisse der quantitativen Kippungsbestimmung	87
5.3.3 Kippungsbestimmung mittels Streckenänderungen	88
5.3.4 Korrelationen der Kippungen mit verschiedenen Parametern	88
5.4 Schlussfolgerungen	89
6. ZUSAMMENFASSUNG	92
SUMMARY	94

7. LITERATURVERZEICHNIS

96

DANKSAGUNG

LEBENS LAUF

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

1. Einleitung

Die Gaumennahterweiterung (GNE), auch schnelle oder forcierte Kieferdehnung genannt, ermöglicht eine transversale Verbreiterung des Oberkiefers durch die Aufdehnung der mittleren Gaumennaht innerhalb weniger Tage. Im Gegensatz hierzu erfolgt eine langsame Kieferdehnung über Wochen oder Monate hinweg hauptsächlich durch ein Aufbiegen der Alveolarfortsätze und/oder Zahnkippen.

Mit der Beschreibung einer sehr schnellen Kieferdehnung mittels einfachen Schraubgewindes wurde durch *Angell* die erste GNE im Jahre 1860 dokumentiert [Angell 1860 aus Timms 1999]. Sie stellt daher eine der ältesten, heute noch angewandten kieferorthopädischen Behandlungsmethoden mit skelettaler Wirkung dar, die zeitweise auch als Gaumennahtsprengung bezeichnet wurde [Öhler 1958, Schwarz 1954, Stockfisch 1956]. Seither wurden immer differenziertere Apparate und Methoden zur forcierten Dehnung des Oberkiefers entwickelt.

Abgesehen von der schnellen Wirksamkeit der GNE, ihrer hauptsächlich skelettalen Wirkung mit zusätzlichem Raumgewinn im Zahnbogen und der im Vergleich zur langsamen Kieferdehnung besseren Stabilität, schätzen Kieferorthopäden auch die verbesserte Nasenatmung [Basciftci 2002, Cross 2000, Derichweiler 1954b, Fässler 2000, Gray 1975, Hershey 1976, Wriedt 2001] und die weitgehende Complianceunabhängigkeit. Aufgrund dieser effektiven Therapiemöglichkeiten ist die GNE auch in der modernen Kieferorthopädie ein beliebtes Behandlungsverfahren. Abgesehen von rezidivierenden Zahnkippen [Stockfisch 1956] und selten auftretenden starken Wurzelresorptionen [Barber 1981, Langford 1982, Odenrick 1982, Vardimon 1991] werden in der Literatur bisher keine (irreversiblen) Nebenwirkungen beschrieben. Daher waren die Berichte zweier niedergelassener Kollegen über Nasenveränderungen während der GNE sehr überraschend und gaben den Anstoß zur vorliegenden Arbeit.

Die in verschiedenen Praxen tätigen Kollegen beobachteten während der Durchführung einer GNE das Auftreten von Höckerbildungen in der Nähe der Nasenwurzel bei je einem ihrer Patienten. In einem Fall ging diese Deformation mit leichter Hämatombildung einher. Auf Bitten der Kollegen erfolgte eine Befragung der Mitarbeiter der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Frankfurt am Main, eine Überprüfung des Archivs und eine Literaturrecherche nach der beschriebenen Komplikation. Da in der Abteilung keine Erfahrungen mit Hämatom- und Höckerbildungen der Nase vorlagen und auch die

Literaturrecherche keine Beschreibungen derartiger Komplikationen ergab, stellte sich die Frage der Relevanz und der relativen Häufigkeit dieser beobachteten extraoralen Nebenwirkung. Es lag somit nahe, einen größeren Kreis von Kollegen hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit der GNE zu befragen. Um einerseits auf einen breiten Erfahrungspool im Umgang mit der GNE zurückgreifen zu können, und andererseits Probleme mit dieser Therapiemethode detaillierter zu beleuchten, kommen in dieser Arbeit unterschiedliche Methoden der Untersuchungen und Auswertungen zum Einsatz. Eine Befragung aller hessischen Fachkollegen sollte die verschiedenen in der Praxis auftretenden Komplikationen sowie die reversiblen und irreversiblen Nebenwirkungen erfassen und eventuelle Rückschlüsse auf Behandlungs- oder Indikationsbesonderheiten ermöglichen. Mit Hilfe eines Fragebogens sollte eine umfassende, lokal repräsentative Darstellung von Qualität und Quantität aller beobachteten Nebenwirkungen der GNE-Anwendung erarbeitet und das Auftreten von unterschiedlichen Komplikationen bei dieser Behandlungsmethode und deren Relevanz beschrieben werden.

Eine gefürchtete und klinisch häufig beobachtete Komplikation bei der Kiefererweiterung ist die Kippung von Ankerzähnen [Stockfisch 1956]. Das Kippen der Ankerzähne geht meist mit dem Aufbiegen der Alveolarfortsätze einher und weist starke Rezidivtendenzen auf [Skieller 1964]. Dadurch fällt die stabilere skelettale Erweiterung zudem geringer aus und die erreichte Verbreiterung des Zahnbogens rezidiert zum Teil während der Retentionsphase durch eine Wiederaufrichtung der bukkal gekippten Ankerzähne [Hicks 1978, Timms 1981]. Außerdem stellt die ausgeprägte Bukkalkippung der Ankerzähne eine große Belastung für das diese Zähne umgebene Parodont mit Auswirkungen auf die Langzeit-Gesundheit desselben dar [Greenbaum 1982; Timms 1971, Vanarsdall 1999, Wehrbein 2001b].

Klinisch wird das Ausmaß der Kippungen während oder nach erfolgter Behandlung meist durch den erfahrenen Blick des behandelnden Kieferorthopäden beurteilt. Es existieren jedoch objektivere Möglichkeiten, die klinisch schwer quantifizierbaren Kippungen der Ankerzähne während der GNE darzustellen. In früheren wissenschaftlichen Studien wurden laterale Kippungen der Ankerzähne und Alveolarfortsätze mittels Schädel-Röntgenaufnahmen in posterior-anteriorer Projektion ermittelt. Wegen der heutigen Forderung zur Strahlenminderung sind Reihenuntersuchungen, wie zum Beispiel die sehr umfangreichen Implantat-Studien von *Skieller* oder *Krebs* [Krebs 1964, Skieller 1964], nicht mehr durchführbar. Heute verlässt sich der Kieferorthopäde daher meist auf sein Fingerspitzengefühl und seine Erfahrungswerte bei der Modellbegutachtung oder auch bei der oralen Inspektion. Seit der Röntgenkontrolle werden andere Methoden, laterale Zahnkippen quantitativ aufzudecken und zu erfassen, standardmäßig nicht angewandt.

Um eine klinisch leicht anwendbare genauere Meßmethode von Kippungen aufzuzeigen, werden drei verschiedene Methoden der Kippungsbeurteilung verglichen.

Ziel dieser Arbeit ist es, folgenden Fragekomplexen nachzugehen:

- Welche Nebenwirkungen der GNE wurden in den hessischen Praxen beobachtet?
Wie häufig treten diese Nebenwirkungen auf?
Wie sind sie medizinisch zu beurteilen?
- Wie stark kippen Ankerzähne durch die GNE?
- Welches Verfahren der Beurteilung einer Kippung der oberen Seitenzähne im Zuge einer GNE ist für den Praxisalltag tauglich?

2. Grundlagen

2.1 Geschichte

Bereits im Altertum befasste man sich mit dem Problem schmaler Kiefer. *Hippokrates* beschrieb um 400 v. Chr. in seinem enzyklopädischen Werk, dem „Corpus Hippocraticum“, einige Symptome der Patienten mit transversaler Oberkieferenge und schmalen langen Schädeln: Manche, schreibt er, hätten dicke Hälse, kräftige Gliedmaßen und Knochen. Andere hätten stark gewölbte Gaumen und Zahnfehlstände sowie Zahnengstände und seien geplagt von Kopfschmerzen und Ohrenlaufen [Hippokrates ~400 v. Chr. aus Göz 2000].

Engstehende Zahnreihen beim Schmalkiefer wurden zunächst rein symptomatisch durch Extraktionen oder Beschleifen von Zähnen korrigiert. Eine Alternative hierzu bot die erstmals 1860 beschriebene Erweiterung der Gaumennaht mittels eines festsitzenden, schnell dehnenden Gerätes. Der Arzt *Emerson C. Angell* beobachtete eine Gaumennahterweiterung bei einem 14-jährigen Mädchen, nachdem er eine Dehnschraube zwischen vier Oberkieferzähnen befestigte und die Patientin anwies, mit einem kleinen Schraubenschlüssel für eine konstante Spannung nach lateral zu sorgen (Abb. 1, Seite 5). Nach seiner Beschreibung dehnte sich der Oberkiefer des Mädchens in zwei Wochen um einen viertel Inch (= 6,35 mm) und es bildete sich ein Diastema mediale aus. Diese Beobachtung ließ ihn auf die Separation der beiden Maxillahälften schließen [Angell 1860 nach Timms 1999]. Die Bestätigung dessen wurde jedoch erst viel später mit der ersten Röntgenaufnahme einer GNE von *Landsberger* im Jahr 1909 ermöglicht [Landsberger 1909].

2.2 Gerätedesign

Auch das Apparaturdesign unterlag einer stetigen Entwicklung. Anfänglich wurde ein gegenläufiges Schraubengewinde zwischen die palatinalen Flächen der Ankerzähne geklemmt [Angell 1860 aus Timms 1999]. Später sollte durch zusätzliche Ausnutzung der palatinalen Gaumenwände mit anliegenden Geräteteilen ein Kippen der Ankerzähne vermieden werden [Derichsweiler 1956, Hass 1961].

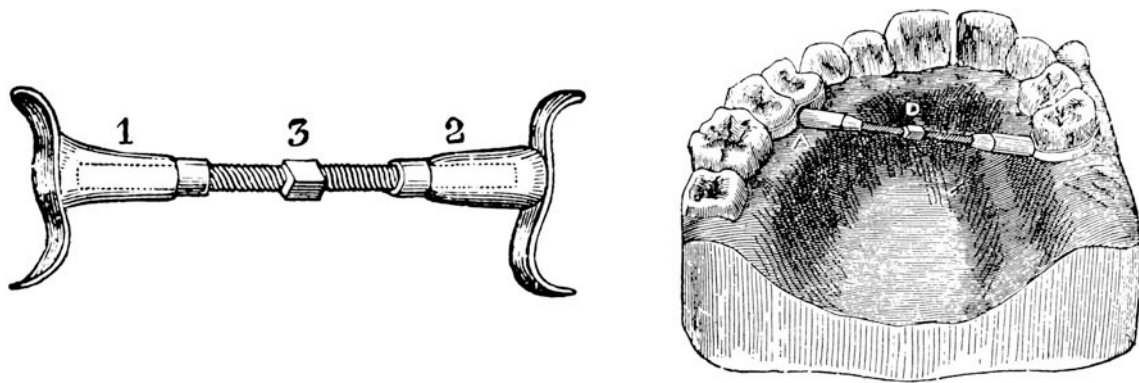


Abb. 1: Erste beschriebene Apparatur zur GNE [aus Timms 1981]

Mit der Entwicklung der Hyrax-Schraube durch *Biedermann* [Biedermann 1968] wurde ein völlig neues Gerätedesign ermöglicht. Die GNE-Apparaturen konnten durch die stabile Schraube mit vier angelöteten Retentionsarmen vielseitiger eingesetzt und wesentlich graziler und hygienefähiger gestaltet werden.

Gaumennahterweiterungs-Apparatur mit Hyrax-Schraube und Bändern

Die mit langen, adaptierbaren Retentionsarmen versehene Hyrax-Schraube wird mit den an den Ankerzähnen angepassten Bändern verlötet oder verschweißt. Die Apparatur wird durch das Zementieren der Bänder an den Ankerzähnen fixiert. Die Verankerung der Apparatur erfolgt an 2 bis 4 Ankerzähnen, d.h. ausschließlich an den ersten Molaren des Oberkiefers, oder auch an den ersten Molaren und ersten Prämolaren des Oberkiefers, wie hier abgebildet.



Abb. 2: Bänder-GNE-Apparatur, verlötet oder verschweißt

Gegossene Gaumennahterweiterungsapparatur

Eine Weiterentwicklung der bandgetragenen Hyrax-Apparatur ist die gegossene Apparatur. Diese ist eine nach dem Schema der Modellguss-Technik individuell hergestellte Apparatur. Hierbei wird zuerst ein Wachsmodell der Apparatur auf dem Arbeitsmodell hergestellt. Dieses wird dann im Guss-Verfahren umgesetzt. Ringklammern mit Auflagen dienen als Verankerung an den ersten Prämolaren sowie den ersten Molaren. Die Hyrax-Schraube wird an den Gusskörper angelötet.

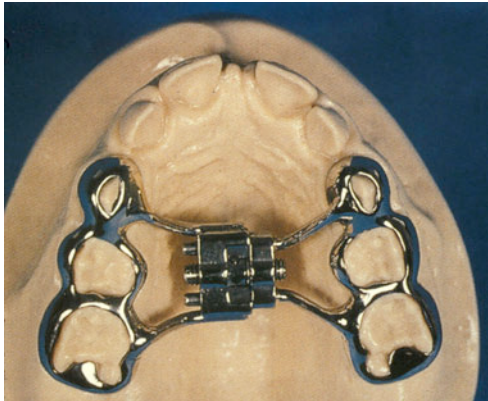


Abb. 3: Gegossene GNE-Apparatur

Apparatur mit Auflage am Gaumen

Trotz hygienefähiger skelettierter Apparaturen hielt man zum Teil noch lange an den gaumenbedeckenden Geräten fest [Haas 1961], die zusätzlich zur flächigen Verankerung auf der Gaumenoberfläche auch über Bänder an den ersten Prämolaren und ersten Molaren befestigt wurden.

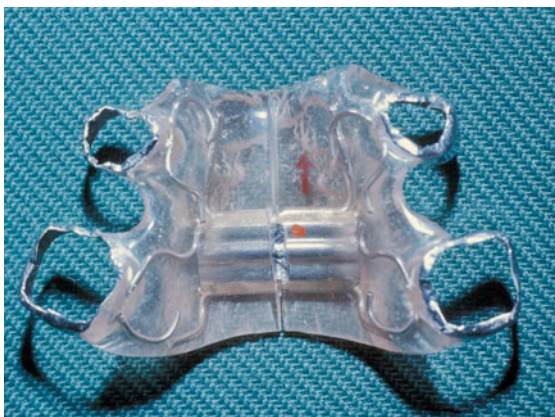


Abb. 4: GNE-Apparatur nach Haas

Andere Autoren schlugen ähnliche, aber herausnehmbare Geräte vor [Öhler 1958], die sich aber nicht dauerhaft zur Erweiterung der Gaumennaht durchsetzen.

Okklusal geklebte Apparatur

Ein schienenartiger Kunststoffkörper, der die Ankerzähne okklusal, bukkal und palatinal bis in die Nähe des Marginalsaumes umfasst, wird mit Hilfe von Zementen oder Kunststoffen mit den Ankerzähnen „verklebt“. Der Kunststoffkörper kann auch bis zu den Alveolarfortsätzen oder bis zum Gaumen ausgedehnt und mit vorher angepassten, in den Kunststoffkörper eingelassenen Bändern verstärkt werden [Hamula 1998]. Auch hier wird eine Hyrax-Schraube verwendet. Die Retentionen der Hyrax-Schraube sind hierbei palatinal in den Kunststoffkörpern einpolymerisiert.

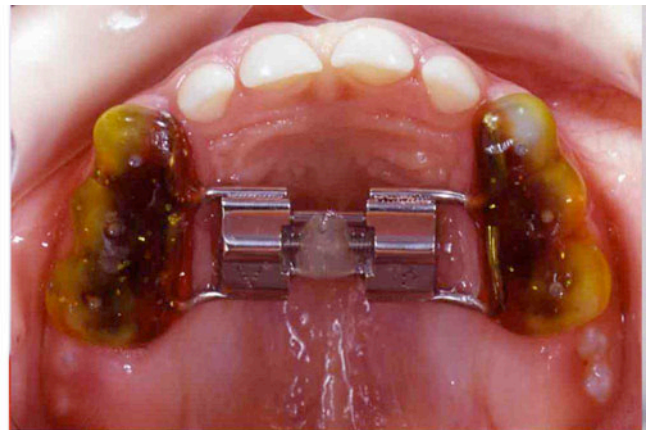


Abb. 5: Geklebte GNE-Apparatur

Palatinaldistraktoren

Im letzten Jahrzehnt werden vermehrt neue Techniken vorgestellt, die es ermöglichen, die Erweiterungs-Schraube direkt am palatinalen Knochen zu verankern. Die Untersuchungen zeigen, dass Kippungen der Ankerzähne dadurch weitgehend vermieden werden können. Allerdings sind die Einbringung und das Entfernen der Apparatur immer mit einem chirurgischen Eingriff verbunden, da die Verankerung der Schraube über enossale oder teilweise auch über subperiostale Implantate erfolgt [Gerlach 2003, Harzer 2004, Matteini 2001, Treutlein 2003].

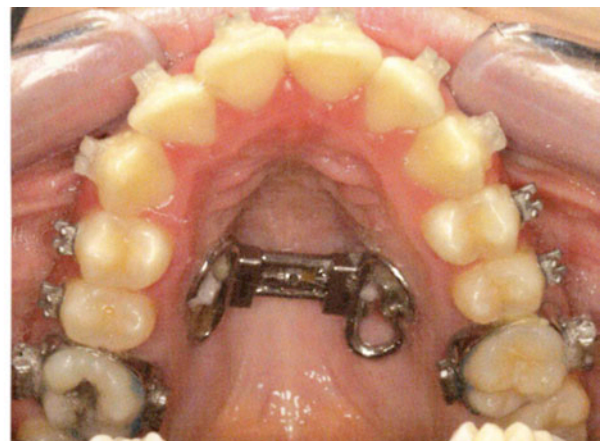
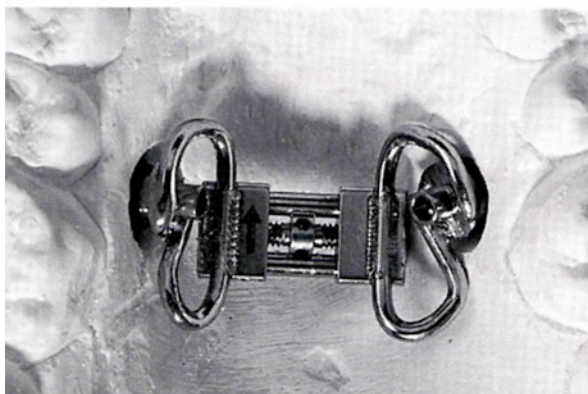


Abb. 6: Beispiel für einen rein skelettal verankerten Palatinal-Distraktor [aus Harzer 2004]

2.3 Indikationen

In der Kieferorthopädie wird die Indikation für eine GNE bei ein- oder beidseitigem Kreuzbiss sowie bei lateralen Zwangsbissen mit maxillärer transversaler Enge gesehen [Da Silva 2000, Sari 2003]. Auch Patienten mit Angle KI II und großem transversalen Defizit der Maxilla oder schmaler apikaler Basis und damit einhergehenden dentalen Engständen werden alternativ zur Extraktionstherapie durch die GNE behandelt [Angell 1860 aus Timms 1981, Gianelly 2003]. Die GNE wird heute besonders erfolgreich bei Patienten mit Mikrognathie in Kombination mit einer Delaire-Maske eingesetzt [Baccetti 1999, Hegmann 2003, Westwood 2003]. Ein weiterer, besonders effizienter Einsatz der GNE wird auch bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten beschrieben [Capelozza 1994, Timms 1981].

Von Anfang an wurde die forcierte GNE auch von Hals-Nasen-Ohren-Ärzten empfohlen, die einen positiven Effekt auf die Atmung, die Absenkung des Nasenbodens und auf die Vergrößerung des Nasenraums beobachteten [Goddard 1893, Tecco 2005]. Hals-Nasen-Ohren-Ärzte führen die Mundatmung mit häufigen Atemwegserkrankungen bei erschwerter Nasenatmung häufig auf eine komprimierte Maxilla und die dadurch eingeengten Nasenräume zurück. Daher sehen sie in diesen Fällen auch heute noch eine Indikation für die GNE gegeben [Bicakci 2005, Gray 1975].

2.4 Funktionsweise der Gaumennahterweiterung

Mittels einer transversal in die Apparatur eingefügte Schraube und deren täglicher Aktivierung erfolgt ein kontinuierlicher transversaler Druck auf die Ankerzähne und bei einigen Apparaturen auch auf die zahntragenden Teile des Alveolarfortsatzes. Durch die schnell wiederkehrende Aktivierung der Schraube von ein- bis zu sechsmal täglich kommt es zu einer Kompression der die Zähne umgebenden Gewebe und zu einer Hyalinisierung. Diese führt kurzzeitig zu einer Inaktivitätsnekrose. Hierdurch werden die an den Zähnen auftretenden Kräfte direkt auf die Suturen übertragen. Die Öffnung der Suturen erfolgt dann durch die sich an den Ankerzähnen und den palatinalen Anteilen der Maxilla kumulierenden großen Kräfte von 15 bis zu 100 N [Isaacson 1964]. Die Zähne, an denen die Kraft zunächst auftritt, können nur im Rahmen des Parodontalspalt nach lateral kippen. Knöchernen Umbauprozesse der Alveole brauchen aber einen längeren Zeitraum. Bevor eine Resorption im Parodontalspalt einsetzen kann und die Zähne sich weiter bewegen könnten, ist der Patient angewiesen, die Schraube erneut zu aktivieren. Durch das erneute Aktivieren, welches schneller als der Beginn knöcherner Umbauprozesse in der Alveole erfolgt, wird die

Hyalinisierung aufrecht erhalten und die transversale Kraft wirkt weiterhin direkt auf die Sutura. Hierdurch kommt es zu einem Aufdehnungsprozess des Bindegewebes der Sutura palatina mediana, welcher sich mikroskopisch als viele Mikrofrakturen der mehr oder weniger ausgeprägten Interdigitationen der Sutura darstellt. Die Schleimhaut und das Periost bleiben dabei in ihrer Kontinuität erhalten. Ein langsamerer Aktivierungsrhythmus von ein bis zweimal wöchentlich, wie er bei der konventionellen Zahnbogenerweiterung mit herausnehmbaren Apparaturen üblich ist, führt hingegen nicht zu einer Hyalinisierung der Gewebe. Er ermöglicht durch fortschreitende Umbauprozesse im Parodontalgewebe eine stärkere Kippung der Zähne und gleichzeitig eine weniger direkte Krafteinwirkung an der Sutura. Hieraus ergibt sich eine geringere Verbreiterung des Oberkiefers an der medialen Gaumensutura und eine größere Aufdehnung der Alveolarfortsätze.

Bei der GNE erfolgt dagegen tatsächlich eine keilförmige Teilung der beiden Oberkieferhälften in sagittaler und vertikaler Richtung [Wertz 1970]. Dabei entsteht auch die von Krebs gemessene Zahnbogenverbreiterung von 2:1 [Krebs 1964]. Aufgrund der anterior verstärkten Aufweitung entsteht das typische Diastema mediale (Abb. 7).



Abb. 7: Ende der Aktivierungsphase



Ende der Retentionsphase nach 8 Wochen

Die Öffnung der Gaumennaht erfolgt hierbei um zwei Rotationszentren herum. So öffnet sich die Gaumennaht in der frontalen Ansicht kaudal stärker als cranial und in der Aufsicht ventral stärker als dorsal (siehe Abb. 8 und 9).



Abb. 8: Ventrale Ansicht der GNE [modifiziert aus www.thieme.de/specials/prometheus/images]

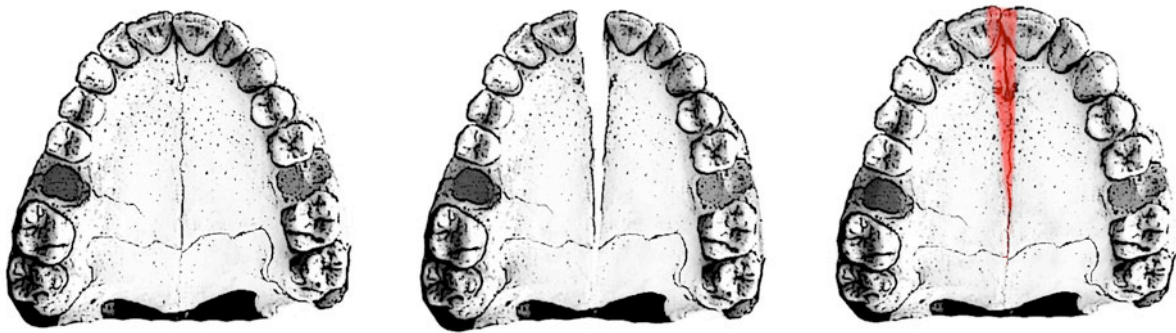


Abb. 9: Okklusale Ansicht der GNE [modifiziert aus www.uni-leipzig.de/kfo/GNE]

Auch die röntgenologische Teilansicht lässt die keilförmige Erweiterung der Sutura erkennen.

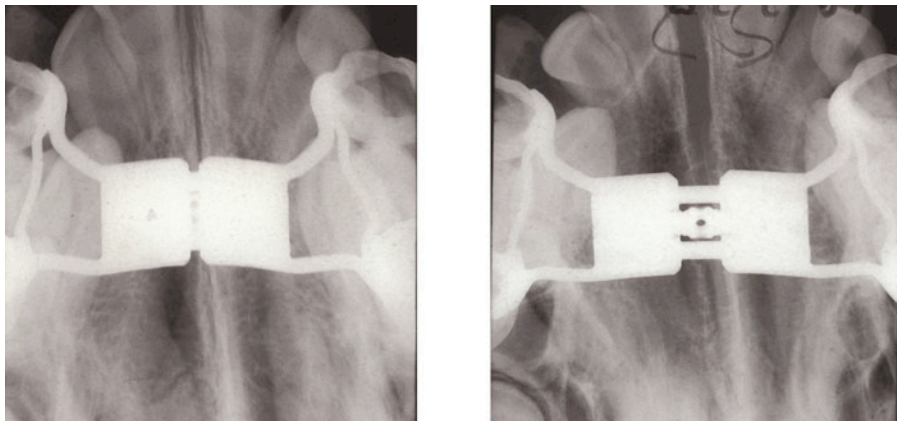


Abb. 10: Röntgenkontrollen einer sich öffnenden Gaumennaht, GNE-Apparatur in situ

Nahe dem Rotationszentrum, das heißt an den Suturae maxillonasalis, maxillofrontalis und maxilloethmoidalis treten Spannungen auf, die sich auf das umgebende Gewebe projizieren. Die pterygopalatinalen und maxillopalatinalen Suturen bleiben dagegen intakt [Wertz 1970]. Von zentraler Bedeutung ist die Beschaffenheit der Sutura palatina mediana. Hier spielt eine wesentliche Rolle, ab welchem Zeitpunkt die Sutura verknöchert bzw. starke Interdigitationen ausbildet, sodass eine konventionelle Öffnung der Naht nicht mehr erreicht wird und eine chirurgische Schwächung der umgebenden Strukturen und manchmal auch der Sutura vor der GNE durchgeführt werden muss [Melsen 1972,1975]. Trotz röntgenologisch nicht erkennbarer Gaumensutura fanden *Wehrbein et al.* in mehr als der Hälfte ihrer Probanden keine Anzeichen histologischer Obliterationen [Wehrbein 2001a]. Diese Ergebnisse decken sich mit denen verschiedener Autoren, die Autopsiematerial untersuchten [Persson 1977, Knaup 2004]. *Knaup et al.* fanden an 22 unbehandelten humanen Gaumenpräparaten unterschiedlicher Altersgruppen nur zwischen 0% und 13% tatsächliche Verknöcherungen der Sutura mediana, die daher ihrer Ansicht nach nicht ausschließlich als der Grund der beobachteten Resistenz bei der GNE angesehen werden können. Sie erklären die sich mit

zunehmendem Alter verstärkende Resistenz der maxillären Strukturen auch durch den Widerstand der angrenzenden Schädelknochen [Knaup 2004]. Die Rigidität der benachbarten anatomischen Strukturen, besonders die des Os sphenoidale und des Os zygomaticum, sowie die umgebenden Faszien und die Kau- und Gesichtsmuskulatur werden von *Bishara* für den Widerstand gegen die Öffnung der Sutura verantwortlich gemacht [Bishara 1987]. Auch *Chaconas und Caputo* beschreiben die Spannungsverhältnisse in den der Maxilla angrenzenden Knochen. Sie zeigen die Kräfteverteilung bei verschiedenen festsitzenden Dehn-Apparaturen bis zum Os nasale, Os lacrimale, den Ossa zygomatica und den Processus pterygoidei des Os sphenoidale. Die unterschiedliche Rigidität der beschriebenen Knochen hat weiterhin Auswirkungen auf die Bewegungen der ossa palatina [Chaconas 1982]. Bei mittels GNE behandelten Affen wurden Veränderungen nach der Behandlung bis hin zur sphenoccipitalen Synchondrose vorgefunden [Gardner 1971]. Daher wurde die chirurgische Trennung des Sphenoids von *Jafari et al.* empfohlen, nachdem sie größere durch die GNE verursachte Spannungsverhältnisse in den skelettalen Strukturen mit Hilfe des Finite-Elemente-Modells (FEM) gefunden hatten [Jafari 2003]. *Timms* studierte anhand intraoraler Messungen die Verbreiterung der Zahnbögen und den Abstand der Hamuli pterygoidei. Er schlussfolgerte, dass die Ossa maxillae und palatina sich tatsächlich trennen und aufgrund der Abstandszunahme der Hamuli eine Verbiegung und eventuell eine Remodellierung der Processus pterygoidei des Os sphenoidale stattfinden müsse. Auch er schloss durch seine Ergebnisse bei höherem Patientenalter auf eine erhöhte Rigidität der beteiligten Gewebe [Timms 1980]. Eine Untersuchung von *Braun et al.* zeigt die Widerstandszentren in horizontaler und frontaler Ebene an der Sutura palatina in Höhe der dritten Molaren und der Sutura nasofrontalis auf. Die Autoren versuchen, aus den durch Laser-Holographie gewonnenen Daten eines Versuchsaufbaues mit mazeriertem Schädel und eingegliedertem Hyrax-Apparatur ein optimales Gerätedesign abzuleiten [Braun 2000]. Auch weitere virtuelle Experimente mit der FEM zeigten, dass die GNE an den nervenführenden Foramina rotunda und ovale sowie an der Fissura orbitalis superior beim Erwachsenen beträchtliche Spannungen induziert. Beim Jugendlichen bauen sich diese Spannungen durch die höhere Elastizität der Knochenstruktur weniger stark auf [Holberg 2005].

Die Reorganisation der mittleren Gaumensutura beginnt sofort nach der aktiven Dehnphase. Eine große Aktivität der Osteoklasten und Osteoblasten ist bereits in der ersten Woche nachzuweisen. Ab der dritten Retentionswoche ist dann eine deutliche Mineralisierung des erweiterten Suturenspaltes zu erkennen. Drei bis sechs Monate nach Retentionsbeginn ist die verbreiterte Sutura soweit mineralisiert, dass man histologisch keinen Unterschied zu den angrenzenden Knochenstrukturen erkennen kann [Ekström 1977].

2.5 Positive Effekte

Die Hauptziele der GNE liegen in der Beseitigung skelettaler Diskrepanzen, wie sie beim lateralen Kreuzbiss, Mikrognathien oder auch bei Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten-Patienten vorliegen. Durch die Erweiterung der Gaumennaht können zudem Extraktionen durch den Platzgewinn im anterioren Kieferbereich häufig vermieden werden. Obwohl die Therapie auf die transversale Erweiterung des Schmalkiefers und die Beseitigung der Okklusionsabweichung abzielt, werden die positiven Auswirkungen auf die Atmung des Patienten hierbei immer wieder betont. Bereits 1893 wurde von *Goddard* die positive Auswirkung der GNE auf die Nasenatmung durch Erweiterung des Sinus maxillaris beschrieben [Goddard 1893]. Patienten mit Steilgaumen leiden oft an einer eingeschränkten Nasenatmung und tendieren hierdurch zur Mundatmung. Durch die GNE erfolgt eine Verbreiterung der Maxilla und damit einhergehend eine Verbreiterung des Sinus maxillaris im basalen Bereich. *Basciftci et al.* haben sowohl bei konventioneller, als auch bei chirurgisch unterstützter GNE eine Erweiterung der Nasenhöhlen bis zu 3,47 cm gemessen [Basciftci 2002]. Eine Verbreiterung des Nasenbodens sorgt für eine bessere nasale Durchlüftung. Nach erfolgter GNE ist deshalb oft eine spontane Umstellung auf die Nasenatmung zu beobachten. Hierfür sollen nur geringe bis kaum messbare Erweiterungswerte des Oberkiefers erforderlich sein [Derichsweiler 1954b]. Eine Verbesserung der Atmung wird oft auch aufgrund einer spontanen Rückbildung von adenoiden Hypertrophien als Folge der GNE genannt [Ceylan 1996, Derichsweiler 1954b, Piccini 1992]. Weiterhin kann es infolge der Erweiterung des Oberkiefers zu einer Begradigung der Nasenscheidewand kommen [Derichsweiler 1954b]. Neuere Untersuchungen zeigen auch bei der chirurgisch unterstützten GNE Erwachsener eine Vergrößerung des Nasenvolumens und einer subjektiv verbesserten Nasenatmung mit mehr Platz für die palatale Zungenlage bei vergrößertem Gaumenvolumen [Wriedt 2001]. *Bicakci et al.* kommen aufgrund der signifikanten Verbesserungen der Nasen- Luftpassage sogar zu dem Schluss, dass die GNE durchaus auch bei ausschließlich rhinologischer Indikation eingesetzt werden kann [Bicakci 2005]. *Taspinar et al.* beschreiben Erfolge durch die GNE bei schwerhörigen Kindern mit Schallleitungsstörungen. Durch die verbesserte Nasenatmung erfolgt eine bessere Belüftung der Tuba auditiva. Somit wird eine bessere Hörleistung erreicht [Taspinar 2003]. Der Grund für die bessere Tubenbelüftung könnte auch die von *Ceylan et al.* [Ceylan 1996] vermutete Muskeldehnung am Tensor und Levator veli palatini sein. Wie eine durch die GNE verbesserte Nasenatmung ist leider auch die verbesserte Hörleistung aufgrund der sich oft habituell wieder einstellenden Mundatmung meist nur von kurzer Dauer. So stellte *Hershey* drei Jahre nach abgeschlossener GNE keine signifikante Änderung des „Nasen-Luft-Widerstandes“ fest [Hershey 1976].

Im Jahre 1989 veröffentlichte *Timms* eine Untersuchung, in der er die positiven Auswirkungen der GNE bei 10 Kindern und Jugendlichen beschrieb. In vielen Fällen konnte in Folge der verbesserten Nasenatmung das Schnarchen abgestellt und die Häufigkeit der allgemeinen Erkältungskrankheiten verringert werden. Er führte diese positiven Effekte auf die Tatsache zurück, dass es selbst bei minimalen Verbreiterungen im vorderen Nasenbereich zu einer deutlichen Verringerung der Airway-resistance kommt. Diese Ergebnisse wurden von *Sorel* im Jahre 2004 bestätigt [Sorel 2004]. Sogar bei Kindern, die seit Jahren unter nächtlichem Bettnässen litten, zeigte die GNE einen positiven Begleiteffekt: Alle Patienten waren nach durchschnittlich zwei Monaten „trocken“ [Timms 1989]. Auch *Usumez et al.* beobachteten die kurzzeitige Verbesserung des nächtlichen Bettnässens mit erfolgter GNE [Usumez 2003]. *Grimm* beschreibt sogar neben dem kieferorthopädischen Effekt der GNE positive Auswirkungen auf die Entwicklung von Jugendlichen in Bezug auf das Längenwachstum und die messbaren Kennzeichen der Reifung (bei den männlichen Patienten die Schulterbreite, bei den weiblichen die Beckenbreite) [Grimm 1961].

Weiterhin wird der Zusammenhang von Mundatmung zu Konzentrationsschwäche und mangelndem Selbstbewusstsein beschrieben. *Gray* hatte in seiner Studie mit 310 Patientenfällen bei 87% eine deutliche Verbesserung der Nasenatmung durch die GNE festgestellt. Weitere 9% zeigten gute Verbesserung und in nur 4% der Fälle war kaum eine Verbesserung messbar. Auch er beobachtete allgemein eine geringere Anfälligkeit für Erkältungen und Atemwegsinfektionen sowie Verbesserungen von Rhino-Allergien und Linderung von Asthma. Ein allgemein besserer Gesundheitszustand, größeres Selbstvertrauen sowie eine verbesserte Konzentrationsfähigkeit wurden in 30% der untersuchten Patientenfälle beobachtet. Er führt die gute Wirkung der GNE auf die Umformungen im Septum und Gesichtsschädelbereich zurück [Gray 1975].

Auch die schienenartige Wirkung einer geklebten Apparatur kann für die kieferorthopädische Behandlung sehr interessant sein. Die okklusalen Aufbisse können die Okklusion außer Kraft setzen und verkürzen so bei Patienten mit Kiefergelenks-Problematik die Gesamtbehandlungszeit. Durch die Aufhebung der Okklusion bei diesem Apparaturtyp kommt es auch bei Patienten mit lateralem Zwangsbiss im Rahmen der GNE-Behandlung meist zu einer Spontankorrektur dieser Zwangshaltung des Unterkiefers. Bei diesen Patienten trägt dieser Apparatur-Typ daher zu einer erheblichen Behandlungsverkürzung bei [Alpern 1987].

Die oft untersuchten sagittalen skelettalen Effekte der GNE zeigen so extrem unterschiedliche Ergebnisse, dass man bei der Behandlungsdurchführung keine

vorhersagbaren Ergebnisse erwarten kann. Lediglich einer Beeinflussung des A-Punktes sind sich die Autoren sicher [Haas 1961, 1970, Krebs 1964, Sandikcioglu 1997, Wertz 1970]. Die Aussagen der unterschiedlichen Autoren lassen keine Vorhersage zu, ob sich die Maxilla während der GNE nach anterior, kaudal oder gar distal bewegt. Auf eine verstärkte Beeinflussung dieses Parameters zielt die Behandlung mikrognather Patienten durch die GNE in Kombination mit der Delaire-Maske ab [Baccetti 1999, Hegmann 2003, Westwood 2003].

2.6 Physiognomische Veränderungen

Aufgrund der Wirkungsweise der GNE auf skelettale Strukturen ist es nicht verwunderlich, dass *Berger et al.* Nasenverbreiterungen im Rahmen der GNE feststellten. Durch die Dehnung der Kieferanteile im anterioren Bereich von teilweise über einem Zentimeter und der bedeckenden Hautpartien ist eine Nasenverbreiterung von durchschnittlich 2,0 mm erklärbar. Diese innerhalb einer photometrischen Studie gefundenen Weichteil-Werte bestätigten die Ergebnisse einer früheren röntgenologischen Studie, bei der im knöchernen Bereich Veränderungen der gleichen Größenordnungen ermittelt wurden [Berger 1998, 1999]. Dagegen waren alle anderen veränderten Werte ihrer Photoanalyse in der einjährigen Retentionszeit rückläufig.

Weiterhin wurde die der GNE immer wieder nachgesagte unerwünschte Bissöffnung in einer Langzeitstudie von *Chang et al.* nicht bestätigt [Chang 1997]. Da die Höcker-Höcker-Beziehung der Seitenzähne bei Überstellen des Kreuzbisses nur vorübergehend ist und es in der Retentionsphase zu normalen Okklusionsverhältnissen kommt, senkt sich der kurzzeitig geöffnete Biss wieder ab. Nach einer mehr als sechsjährigen Retentionszeit konnten daher die Arbeitsgruppe *Chang et al.* keine signifikanten Unterschiede von GNE-behandelten und unbehandelten Patienten nachweisen.

2.7 Skelettale Langzeitveränderungen

Bei einem so drastischen Eingriff in den skelettalen Aufbau der maxillären Strukturen könnte man trotz der oben beschriebenen unterschiedlichen Rezidive Veränderungen vermuten, die über die eigentliche Behandlungszeit hinausgehen. Um so überraschender ist es, dass *Velazquez et al.* bei 30 Patienten nach einer ca. dreijährigen Behandlungszeit mit erfolgter GNE und späterer Multiband-Behandlung keine signifikanten Veränderungen der relevanten vertikalen und sagittalen FRS-Werte feststellten, die nicht bereits allgemein bekannte Wachstumstendenzen widerspiegeln [Velazquez 1996]. Ihre Ergebnisse bestätigen ihrer Meinung nach auch die Tendenzen der Untersuchung von *Wertz* im Jahre 1970. Dieser beschrieb schon nach einer 3-monatigen Retentionszeit nach erfolgter GNE bei 50% der untersuchten Patienten eine Normalisierung des durch die Behandlung vorübergehend beeinflussten A-Punktes [Wertz 1970]. Zuvor beschriebene Komplikationen, wie die Bissöffnung, die als skelettale Veränderung imponieren müssten, wurden daher nur vorübergehend beobachtet [Handelman 2000].

2.8 Nebenwirkungen und Komplikationen

Studien, die sich mit den Komplikationen und Nebenwirkungen während der Durchführung der GNE befassen, sind meist röntgenologischer oder histologischer Art und beschränken sich auf einzelne Falldokumentationen. Umfassendere Studien, die sich hauptsächlich mit dem Auftreten und der Häufigkeit verschiedener Nebenwirkungen befassen, finden sich im Schrifttum nicht. Für den Behandler bedeutet dies, dass er sich bezüglich der Durchführung einer GNE zwar an Empfehlungen aus der Literatur halten kann, sich bei Auftreten von Komplikationen aber auf eigene empirische Erfahrungen und/oder die selten beschriebenen Ergebnisse von erfahrenen Fachkollegen verlassen muss.

Die erste in der Literatur erwähnte reversible Nebenwirkung beschrieb *Angell* 1860 mit der Bildung eines Diastema mediale. Die weiteren seitdem beschriebenen Nebenwirkungen sind sehr vielfältig. Sie werden meist als Nebenbefund während der GNE-Behandlung im Rahmen der verschiedensten Studien erwähnt. Studien, die sich hauptsächlich mit den Komplikationen oder Nebenwirkungen einer GNE beschäftigen, behandeln die Rezidivneigung des Behandlungsergebnisses [McNamara 2003] oder die Lateralkippungen und Resorptionen der Ankerzähne [Rinderer 1965]. Andere Arbeiten untersuchen ausschließlich die durch die GNE induzierten Wurzelresorptionen der belasteten

Zahngruppen [Oppenheim 1912, Timms 1971, Barber 1981, Odenrick 1982, Langford 1982, Vardimon 1991].

Abgesehen von den allgemeinmedizinischen und kieferorthopädischen Vorteilen gibt es daher seit Einführung der GNE immer wieder kontroverse Diskussionen über die negativen Nebenwirkungen für die dentalen und skelettalen Strukturen sowie über die Schmerzhaftigkeit der Behandlung, die manche Patienten sehr belastet [Needleman 2000]. So wird auch von Nebenwirkungen, die das Allgemeinbefinden beeinträchtigen, vor allem in der Phase der aktiven Dehnung berichtet. Es werden Schwindelgefühle und Schmerzen des Oberkiefers bis hin zur Nasenwurzel angegeben. Vereinzelt berichten Patienten von einem Druckschmerz, der bis unter die Augen und ins ganze Gesicht ausstrahlt. Anämische Zonen dieser schmerzhaften Bereiche und zwischen den mittleren Schneidezähnen sowie die vorgenannten Schwindelsymptome veranlassen *Bishara* zur Empfehlung, die Aktivierung der Apparatur zur GNE nur am sicher liegenden Patienten vorzunehmen [Bishara 1987].

Die Nebenwirkungen der Schmerzen, der Wurzelresorptionen und parodontalen Gewebsschädigungen, der Kippungen von Zähnen und Rezidive sowie die apparatebezogenen Komplikationen werden anhand der Ergebnisse am Ende dieser Arbeit diskutiert.

2.9 Methoden zur Vermeidung von Komplikationen

Cozzani schlug eine extrem frühe Behandlung und die Verankerung der GNE ausschließlich an Milchzähnen im frühen Wechselgebiss vor, um die permanenten Zähne zu schonen, den Oberkiefer aber dennoch dehnen zu können. Er beobachtete hierbei die spontane Verbreiterung des Zahnbogens in der Region der ersten Molaren, ohne dort die Apparatur verankert zu haben und eine bessere Einordnung eng stehender seitlicher Schneidezähne [Cozzani 2003a, Cozzani 2003b]. Andere Autoren schätzen bei der frühen GNE die Möglichkeit einer Spontankorrektur der KI II-Dysgnathie und vermeiden so mögliche Folgebehandlungen [Lima Filho 2003]. Auch *Odenrick et al.* empfahlen aufgrund der von ihnen beobachteten Wurzelresorptionen eine GNE im Milch- oder frühen Wechselgebiss, da diese zu diesem Zeitpunkt mit physiologischer, also geringerer Kraft durchgeführt werden kann [Odenrick 1982]. Die Ankerzähne sollten außerdem vor der GNE möglichst nicht orthodontisch bewegt werden, da diese sonst schneller als unbewegte Zähne zu Kippungen neigen [Bishara 1987].

Weitere Ansätze zielen auf geringere Kippungen und Wurzelresorptionen durch eine langsamere [Iseri 2004] oder auch extrem schnelle GNE [Sander 2006]. Andere Autoren erzielen gute Ergebnisse mit der knochenverankerten GNE-Apparatur. Allerdings wird diese wegen des notwendigen chirurgischen Eingriffs meist nur bei Patienten eingesetzt, die ohnehin eine GNE mittels chirurgischer Schwächung der skelettalen Strukturen erhalten [Matteini, 2001]. *Gerlach et al.* stellen einen einteiligen Distraktor für die chirurgisch unterstützte GNE vor. Ihr Gerätedesign ist knochengestützt und soll so zur Vermeidung von Kippungen, Extrusionen, Wurzelresorptionen der Ankerzähne und Fenestrations des Alveolarfortsatzes beitragen. Bei einem ihrer Patienten beobachteten sie während der Folgebehandlung dennoch Wurzelresorptionen der mittleren Schneidezähne [Gerlach 2003]. Die Pilotstudie der Autoren *Harzer et al.* zeigte bei zwei Patientinnen, dass bei der durch Gaumenimplantat und Osteosynthese-Schraube knöchern getragenen GNE-Apparatur und chirurgischer Vorbereitung 10° weniger Kippungen im Molarenbereich auftraten als bei der herkömmlichen chirurgisch unterstützten GNE. Die Autoren gehen ebenfalls davon aus, dass die direkte Fixierung der Apparatur am Gaumen zur Vermeidung von Wurzelresorptionen, Fenestrations der bukkalen Kortikalis und Zahnlockerungen beitragen kann und rechtfertigen so die zusätzlich notwendigen chirurgischen Eingriffe [Harzer 2004].

3. Material und Methoden

3.1. Fragebogen

Alle 204 in Hessen tätigen, niedergelassenen Kieferorthopäden, sowie die Polikliniken Gießen, Marburg, Heidelberg und Würzburg wurden mit der Bitte angeschrieben, einen Multiple-Choice-Fragebogen auszufüllen. Zusätzlich wurden acht weitere niedergelassene Kollegen angeschrieben, die zwar nicht in Hessen tätig sind, aber bekanntermaßen die GNE als Behandlungsmittel einsetzen. Sie wurden in die Studie einbezogen, um möglichst viele Berichte über Komplikationen zu erhalten.

3.1.1 Aufbau des Fragebogens

Es wurde ein einseitiger Multiple-Choice-Fragebogen entworfen (siehe S. 32).

Der Aufbau war entsprechend einem Entscheidungsbaum gestaltet, so dass der Antwortende sich nur mit den für ihn tatsächlich relevanten Detailfragen beschäftigen musste. Hierdurch erhofften wir, möglichst viele Rückantworten zu erhalten und eine schnelle Auswertung zu ermöglichen.

Die Eingangsfrage sollte klären, ob der befragte Behandler die GNE generell als therapeutisches Mittel anwendet. Weiterhin wurde die Art der angeordneten GNE, d.h. chirurgisch oder nicht chirurgisch unterstützt, auch in Abhängigkeit zum Alter des Patienten, sowie die Anzahl der chirurgisch und nicht-chirurgischen durchgeführten GNE im zurückliegenden Jahr erfragt. Durch diese Fragen sollte ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Alter der GNE-Patienten und den aufgetretenen Komplikationen aufgezeigt sowie mit der Anzahl der durchgeführten Therapien eine Einschätzung der relativen Häufigkeit der später abgefragten Komplikationen ermöglicht werden.

Weiterhin war die Angabe des verwendeten Apparatur-Typs für den eventuellen Zusammenhang mit bestimmten Komplikationen von großem Interesse. Neben den vier vorgegebenen Antworten bestand hierbei die Möglichkeit, unter „andere“ einen bisher nicht genannten Apparaturtyp anzugeben.

Durch Angaben zum Aktivierungsrhythmus, zur Aktivierungsdauer und zum Retentionszeitraum sollten mögliche Zusammenhänge zwischen verschiedenen Therapieabläufen und den auftretenden Komplikationen aufgezeigt werden.

Die zu erwartenden Nebenwirkungen wurden im Fragebogenaufbau in Gruppen unterteilt und als Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Rein die Apparatur betreffende Komplikationen, wie z.B. defekte Schrauben oder Lösen der Apparatur, werden im Folgenden als technische Komplikationen bezeichnet. Medizinische Komplikationen, d.h. auftretende unerwünschte Veränderungen an Hart- oder Weichgewebe, wurden in extra- und intraorale Nebenwirkungen unterschieden. Hierbei betreffen die extraoralen Nebenwirkungen diejenigen, die äußerlich im Gesicht erkennbar sind. Als intraorale Nebenwirkungen sollten diejenigen angegeben werden, die in der Mundhöhle und ihren enthaltenen Strukturen sichtbar oder am Zahnhartgewebe oder Parodont zu sehen, zu messen oder röntgenologisch zu befunden sind.

Zur Erhebung der gesamten Breite möglicher technischer Komplikationen und medizinischer Nebenwirkungen wurden außer den vorgegebenen Multiple-Choice-Antworten auch alternative Antworten ermöglicht.

Zum Abschluss wurden die Art der Dokumentation und deren Vollständigkeit für die mit der GNE behandelten Patienten sowie die Bereitschaft der Behandler zur Überlassung der Unterlagen für eventuell folgende Publikationen erfragt.

Auf freiwilliger Basis konnte der Name und die Adresse des Antwortenden angegeben werden.

3.1.2 Auswertung

Die zurückgesandten Fragebögen wurden qualitativ und statistisch ausgewertet. Da nicht von allen Antwortenden alle Fragen durchgängig beantwortet wurden, werden die Fragen einzeln jeweils auf die betreffende Zahl der tatsächlich Antwortenden bezogen. In manchen Fällen wurde die schriftliche Umfrage durch telefonische Rückfragen konkretisiert. Die Ergebnisse der Umfrage werden im folgenden Ergebnisteil tabellarisch dargestellt.

Um die Gesamtverteilung auch unter dem Aspekt der Altersgrenze für die konventionelle GNE zu verdeutlichen, wurde das Verhältnis konventioneller gegenüber chirurgisch unterstützter GNE in den antwortenden Praxen gezeigt.

Weiteres Interesse gilt der Art des verwendeten Apparatetyps, dem Aktivierungsrhythmus, der Aktivierungsdauer sowie der verordneten Retentionszeit. Diese Parameter werden anhand ihrer tatsächlichen Anwendungshäufigkeit dargestellt und auf Korrelationen hin überprüft.

Da die Vermutung besteht, dass der verwendete Apparatur-Typ starken Anteil an der Art und Häufigkeit der auftretenden Komplikationen hat, wird dieser Teilaspekt mittels eines Korrelogramms genauer beleuchtet.

Ein besonderer Fokus liegt auf der relativen Häufigkeit und der Art der auftretenden Komplikationen. Hierzu werden einfache, den Pool betreffende Häufigkeitsstatistiken und Einzelbeispiele dargestellt. Die Beobachtung technischer, extra- und intraoraler Komplikationen wird nach der Gesamtzahl der anwendenden Kieferorthopäden gewertet. Die Vielfalt der möglichen Komplikationen bei der Durchführung der GNE wird anhand von Bildmaterial dargestellt und beschrieben.

Zur Erläuterung und Darstellung der Ergebnisse dieser Umfrage in Hessen wurden die Dokumente antwortender Anwender, Bildmaterial des Dia-Archivs der Poliklinik für Kieferorthopädie Frankfurt am Main und eigene Dokumentationen herangezogen.

3.2 Untersuchungen von Archivmaterial

3.2.1 Patientengut

Aus dem Patientenarchiv der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main wurden 23 Patienten mit der Diagnose „lateraler Kreuzbiss“, die eine GNE erfuhren, für die vorliegende Untersuchung ausgewählt. Hierbei handelte es sich um elf männliche und elf weibliche Jugendliche sowie eine erwachsene Person. Die Patientin im Alter von 29 Jahren und elf Monaten wurde mit einer chirurgisch unterstützten GNE behandelt. Bei den männlichen Jugendlichen lag der Altersdurchschnitt bei neun Jahren und acht Monaten. Hierbei war der älteste Patient vierzehn Jahre und fünf Monate und der jüngste sieben Jahre und vier Monate alt. Die weiblichen Jugendlichen zeigten einen Altersdurchschnitt von zehn Jahren mit der ältesten Patientin im Alter von dreizehneinhalb Jahren, und der jüngsten Patientin im Alter von sechs Jahren und sieben Monaten. Diese mit der Gaumennahterweiterungs-Apparatur behandelte jugendliche Patientengruppe wurde demnach vor, während oder kurz nach dem pubertären Wachstumsgipfel mittels konventioneller GNE behandelt.

25 Patienten mit der Diagnose „lateraler Kreuzbiss“, die durch langsame Kieferdehnung therapiert wurden, wurden als Kontrollgruppe für die beobachteten Komplikationen und den Vergleich der allgemeinen Behandlungsprotokolle einbezogen. Die Geschlechterverteilung bei diesen Patienten teilte sich in vierzehn weibliche und elf männliche Patienten auf, deren

Altersdurchschnitt zu Behandlungsbeginn jeweils bei neuneinhalb Jahren lag. Bei den weiblichen Patienten war die jüngste Patientin siebeneinhalb Jahre und die älteste zehn Jahre und acht Monate alt. Auch beim jüngsten männlichen Patienten wurde mit siebeneinhalb Jahren die Behandlung begonnen, während der Älteste erst mit zwölf Jahren und einem Monat behandelt wurde. Insgesamt wurden sowohl Patienten mit ein- oder beidseitigem als auch mit zirkulärem Kreuzbiss berücksichtigt. Die Auswahl der Patienten erfolgte anhand der Archiv-Kartei der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main, die über einen Diagnose-Schlüssel verschiedene Auswahlkriterien ermöglicht. Voraussetzung für die Einbeziehung in die retrospektive Untersuchung waren vollständig geführte Karteikarten, Anfangsmodelle und Modellpaare maximal zwei Wochen nach Entfernen der GNE-Apparatur oder Beendigung der langsamen Dehnung.

Der verwendete Apparaturtyp einer gelöteten Bänder-Apparatur und der Aktivierungsrhythmus von zwei mal täglichem Aktivieren können bei der GNE als einheitlich angenommen werden. Diese Annahme wird durch das seit Jahren einheitliche Behandlungsprotokoll der Frankfurter Poliklinik für Kieferorthopädie bei dieser Behandlungsmethode bestätigt. Die einzige Ausnahme bildet ein Patient mit einer okklusal geklebten GNE-Apparatur, bei dem der Aktivierungsrhythmus dem der anderen Patienten entsprach.

Die archivierten Behandlungsprotokolle dienen der Recherche für Komplikationen während der GNE und der langsamen Kieferdehnung. Außerdem wurden die Modelle direkt vor (T0) sowie nach erfolgter GNE (T1) und manchmal auch nach Abschluss der aktiven Gesamtbehandlung (T2) bzw. bei Abschluss der Behandlung (T3) nachuntersucht. Von der langsamen Oberkieferdehnungs-Gruppe wurden die Modelle direkt vor und nach der Dehnung zu allgemeinen Vergleichszwecken vermessen (T0 und T1).

3.2.2 Auswertung der Dokumentationsunterlagen

Die archivierten Behandlungsprotokolle wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

Es wurden zwei Gruppen der Kreuzbissüberstellung unterschieden. Die eine wurde mittels GNE behandelt, die andere durch eine langsame Kieferdehnung. Die Behandlungsdauer mit der jeweiligen Apparatur und das Alter zu Behandlungsbeginn der Kreuzbissüberstellung sind von allgemeinem Interesse. Diese Daten wurden den archivierten Stammdaten der Patienten entnommen.

Hauptaugenmerk bei der Auswertung der Behandlungsprotokolle lag auf den dokumentierten Komplikationen während der Kreuzbissüberstellung. In der Gruppe der GNE wurden sowohl Komplikationen hinsichtlich der Apparatur, wie zum Beispiel verklemmte Schrauben oder Bruch der Apparatur, als auch Schwierigkeiten im Umgang mit der Apparatur, d.h. Stellschwierigkeiten oder Putzprobleme, berücksichtigt. Besondere Beachtung erhielten hierbei die medizinisch-klinischen Komplikationen, die reversible oder irreversible Schädigungen von Hart- oder Weichgewebe der belasteten oder umgebenen Strukturen beinhalten. Diese Daten wurden durch detaillierte Durchsicht der einzelnen Behandlungsprotokolle eruiert und ihrer Häufigkeit nach besprochen.

3.2.3 Modellvorbereitung

Es wurden Duplikate aller Oberkiefermodelle hergestellt. Diese wurden in einem „Parallel-Sockler“ so gesockelt, dass die Sockelbasis parallel zur Okklusionsebene verlief, um bei der Aufsicht durch das Kameraobjektiv und bei der Ansicht von distal möglichst immer gleiche Blickwinkel zu gewährleisten.

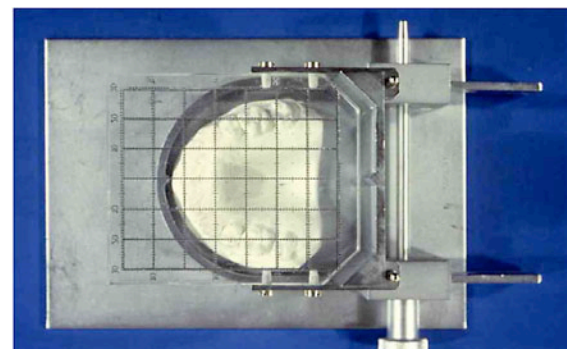
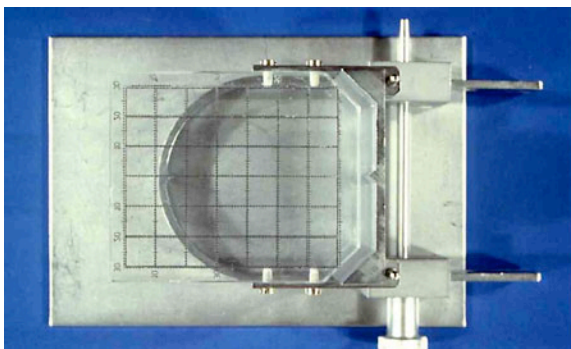
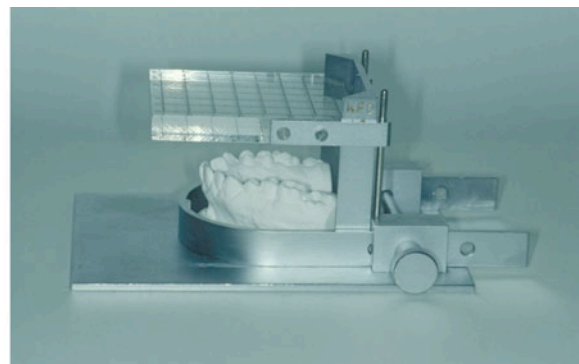
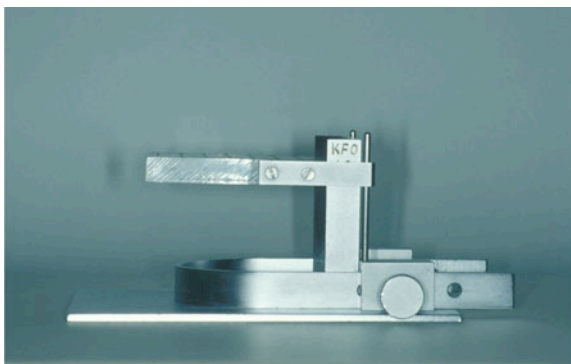


Abb. 11: Parallel-Sockler und

Parallel-Sockler mit zu sockelndem Modell

In die Basis des Socklers wurde Gipsmasse eingefüllt, das zu sockelnde Modell aufgesetzt, um dann eine zur Sockelebene parallel verlaufende Plexiglasscheibe so herabzusenken, dass möglichst viele Kontakte mit den Zähnen zustande kamen. Meist waren dies die Inzisalkanten der mittleren Inzisiven und die palatinalen Höckerspitzen der ersten Molaren.

Danach wurde die Raphemedian-Ebene mit Hilfe der Markierungen auf der Plexiglasplatte nach der Mitte des Socklers ausgerichtet.

Für eine leichtere Darstellbarkeit der Sechsjahr-Molaren in der Horizontalebene wurden die Modelle nach Aushärtung des Sockels für die Photoanalyse von distal senkrecht zur Bodenfläche bis zum distalsten Punkt der Zähne 16 und 26 abgetrimmt. Der Hilfshebel des Trimmers zur Führung der Modelle war dabei auf 90° eingestellt. Die Modelle waren so für die drei unterschiedlichen Methoden der Kippungsbestimmungen gleichermaßen geeignet. Im Folgenden wurden die okklusalen und distalen Ansichten der Modelle mittels der Kamera „AxioCam HRc“ und des Photo-Programms „Axio-Vision“ der Firma Zeiss direkt in ein digitales Speichermedium eingelesen.



Abb. 12: Verwendete digitale Kamera

Eine eigens hergestellte Vorrichtung sicherte hierbei einen immer gleichen Abstand zwischen Objektiv und zu speichernder Ansicht der Modelle. Die Vorrichtung bestand aus einer Holzplatte mit einem Objekt-Podest und einem gegenüberliegenden Anschlag für die Positionierung der Kamera, welcher einen konstanten Fokus-Objekt-Abstand gewährleistete. Mit Hilfe einer Plexiglasscheibe wurde nun das vorbereitete Modell mit der zu dokumentierenden Fläche an der Vorderkante des Podestes platziert. Eine im Hintergrund angeschraubte Rückwand sowie die Auskleidung der Vorrichtung mit mittelblauer Tapete sorgten für einen neutralen Hintergrund.

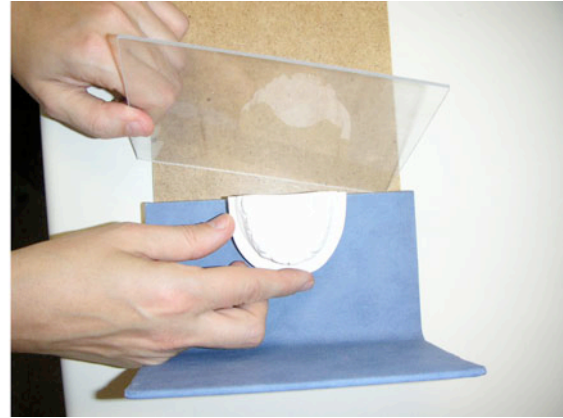


Abb. 13: Positionierung der zu fotografierenden Modelle

Die Aufnahme der Modellansichten erfolgte mit dem Objektiv Jenoptik „Lametar“ 2,8/25, und der Blende 2,8.

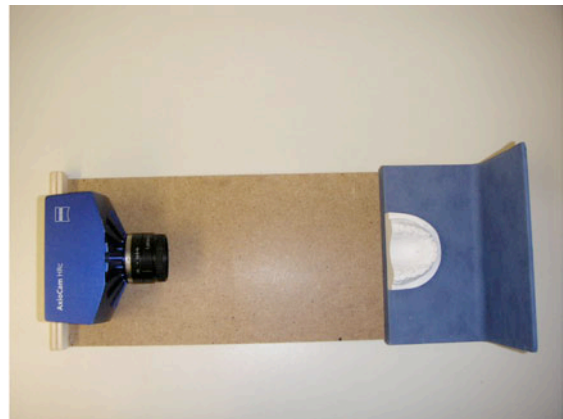
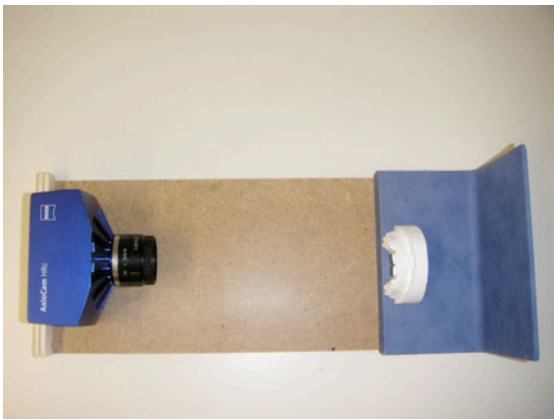


Abb. 14: Versuchsaufbau

Von jedem Patienten wurden so die okklusale und die distale Ansicht der Modelle sowohl vor als auch nach der GNE im Axio-Vision-Programm als Photo gespeichert.

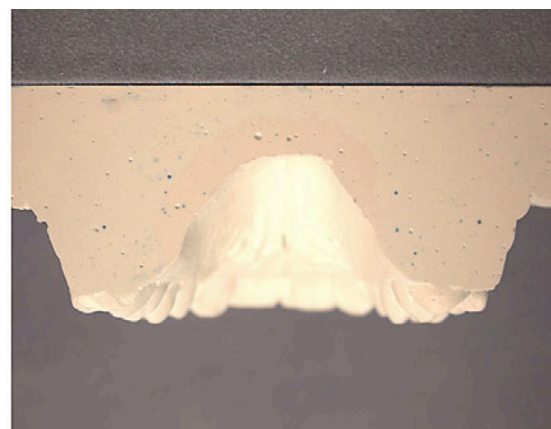


Abb. 15: gespeicherte Modellansichten

3.2.4 Methoden der Modell-Auswertung

Klassische Modellanalyse

Die einfache transversale Distanz (f) zwischen den Sechsjahr-Molaren wurde während der Dehn- und Retentionsphase zwischen schneller Gaumennaht-Erweiterung und langsamer Oberkieferdehnung verglichen. Eine geschlechterspezifische Unterscheidung wurde beim Vergleich der Behandlungsmethoden nicht vorgenommen. Die Ergebnisse der erreichten Kieferdehnungen der verschiedenen Behandlungsmethoden wurden hinsichtlich der Behandlungsdauer gegenübergestellt. Des Weiteren wurden in der GNE-Gruppe die aufgetretenen Rezidive an den Modellen T2 bzw. T3 zur erreichten Dehnung (T1) graphisch dargestellt.

Einschätzung der Kippungen nach Augenschein

In der Regel wird bei der Erweiterung des Oberkiefers, sei es durch eine GNE oder eine langsame Kieferdehnung, das Maß der Kippung der Ankerzähne durch Augenschein am Patienten direkt während der Kontrolltermine eingeschätzt. Man richtet sich dabei nach den Erfahrungen bezüglich eines harmonischen Zahnbogens. Das heißt, dass der Behandler die Vertikale und Horizontale des Gesichts und den Lippenverlauf sowie die Okklusionsebene als Anhaltspunkte für seine Betrachtungen wählt. Beim Blick auf den oberen Zahnbogen stellen sich die Zahnachsen der Seitenzähne beim Blick in frontaler Ansicht meist als leicht nach außen geneigt dar.



Abb. 16: Darstellung der Zahnachsen in anteriorer Ansicht

Da bei der vorliegenden Nachuntersuchung die Patienten nicht persönlich zur Verfügung standen, konnten die Kippungseinschätzungen nach Augenschein nur an den Modellen vorgenommen werden. Die Untersuchung erfolgte ausschließlich anhand der auch für die anderen Verfahren verwendeten Ansicht der distalen Trimmfläche der Modelle (siehe Abb. 15, Seite 24), damit die Methoden der direkten Winkelmessung und der Distanzänderungen mit der Einschätzung nach Augenschein direkt zu vergleichen waren. Bei der Einschätzung

der Schrägstellung flossen die Neigungen der Bukkalflächen zueinander und die Neigung der vorgestellten Okklusionstangente der beiden distalen Höckerspitzen im Verhältnis zur Gesamtbeurteilung der Okklusionsebene mit in die rein subjektive Bewertung der Schrägstellung der Ankerzähne ein. Die Schrägstellung der Sechsjahr-Molaren wurde in drei separaten Durchgängen im zeitlichen Abstand von mindestens einem Tag nach Augenschein beurteilt. Dies ermöglichte eine Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Einschätzungen. Es wurden folgende drei Kategorien unterschieden:

0= keine Schrägstellung erkennbar

(die gedachten Höckertangenten der Zähne 16 und 26 sind zwischen den Modellen T0 und T1 nahezu gleich geneigt)

1= Schrägstellung schwach erkennbar

(eine minimale Veränderung der Tangentenneigung zwischen T0 und T1 ist gerade erkennbar)

2= Schrägstellung gut erkennbar

(eine Neigung der Höckertangenten zwischen den Zeitpunkten T0 und T1 ist deutlich zu erkennen)

Die Schrägstellung der Zähne 16 und 26 wurden zum Zeitpunkt T0 und T1 eingeschätzt. Die Kippung ergab sich aus der Differenz der Kategorie zum Zeitpunkt T1 zur Kategorie zum Zeitpunkt T0.

Winkelbestimmung nach McNamara

Die Winkeländerungen der Sechsjahr-Molaren durch die erfolgte Behandlung sollten quantitativ bestimmt werden. Diese Winkelmessung wurde in Anlehnung an *McNamaras* Methode an den Sechsjahr-Molaren durchgeführt [McNamara 2003]. Die Neigung der Zähne 16 und 26 zur Okklusionsebenen-Parallele konnte anhand der Tangenten über die distalen palatinalen und bukkalen Höcker ausgewertet werden. Da sich aus beiden Einzelwinkeln die Achsneigung der Sechsjahr-Molaren zueinander ergibt, wurden in dieser Arbeit die einzelnen Winkel der Molaren zu einer Okklusionsebenen-Parallele gemessen. Dies ermöglichte eine seitenunabhängige Beurteilung der Kippungen. Durch Addieren der Einzelwinkel ergab sich dann der Winkel, in dem die Molaren gekippt sind ($\alpha + \beta =$ Kippwinkel zwischen den Ankerzähnen). Daher ist die verwendete Methode mit der *McNamaras* direkt vergleichbar.

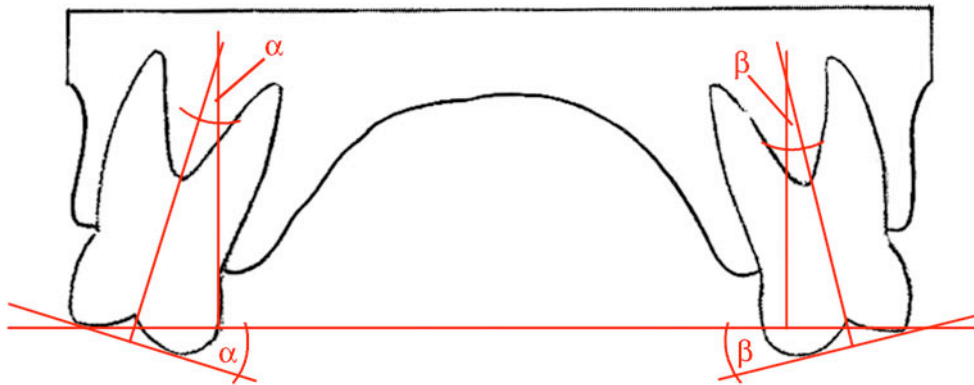


Abb. 17: Darstellung der Kippwinkel (Wechselwinkel)

Die Kippungen durch die aktive Behandlung wurden durch Vergleichen der gemessenen Winkel-Werte der verschiedenen Modelle zum Zeitpunkt T0 und T1 eines Patienten bestimmt. Die Ausgangs- und Endwinkel der Sechsjahr-Molaren wurden an den ausgedruckten Modellansichten mit einem Winkelmesser in drei zeitlich unabhängigen Durchgängen vermessen. Um systematische Skalierungsfehler auszuschließen, wurden die Modellansichten verschieden orientiert ausgedruckt. Dann folgte im ersten und zweiten Durchgang die Parallelverschiebung der Okklusionsebene. Hierzu wurden die Höckertangenten der Zähne 16 und 26 eingezeichnet und seitenunabhängig vermessen. Im dritten und letzten Messdurchlauf wurden die Höckertangenten der Einfachheit halber zur seitlichen Begrenzung des ausgedruckten Fotos, die sich immer exakt im rechten Winkel zur Okklusionsebenen-Parallele befand, bestimmt. Ein zusätzlicher Messdurchlauf der direkten Winkelmessung erfolgte an den im Axio-Vision-Programme gespeicherten Modellansichten mit Hilfe des Winkelmessungs-Tools. Hierzu wurde mit zwei Referenzpunkten die Okklusionsparallele definiert. Diese Definierung erfolgte an der Bodenfläche, die zuvor parallel zur Okklusionsebene eingerichtet wurde. Danach wurden die Höckerspitzen des Zahnes 16 mit je einem Referenzpunkt erfasst. Das Programm zeichnete nun die Höckerspitzentangente und gab die Neigung des Zahnes 16 in Grad an. Dann wurde der Zahn 26 mit erneuter Definierung der Okklusionsebenen-Parallele in der gleichen Weise vermessen. Es erfolgte die Abspeicherung der vermessenen Modellansicht.

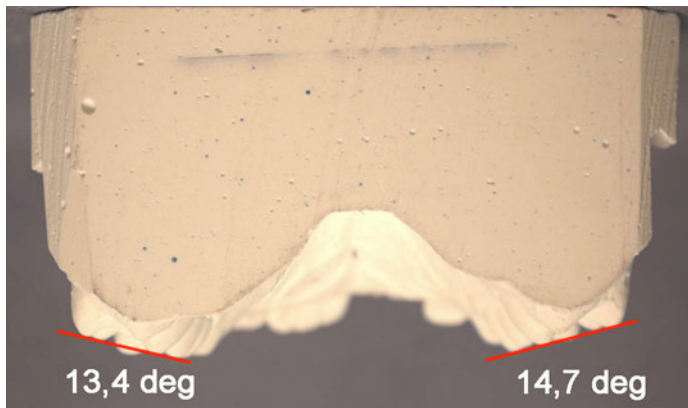


Abb. 18: Okklusionstangente 16 und 26 mit Darstellung der Einzelwinkel

Winkelbestimmung durch Vergleich von Streckenänderungen

Angelehnt an die konventionelle kieferorthopädische Modellanalyse ist ein weiteres Verfahren zur quantitativen Erfassung der Kippung der Ankerzähne denkbar. Zur besseren Vergleichbarkeit der verschiedenen Kippungsbestimmungen von Ankerzähnen werden auch bei dieser Methode ausschließlich die Kippungen der Sechsjahr-Molaren ausgewertet. Durch eine Änderung der bukkalen und palatinalen Abstände zur Zentralfissur kann auf die Größenordnung der Kippung geschlossen werden. Eine deutlich verschiedene Änderung von f im Vergleich zu m während des Behandlungsverlaufs weist dann auf eine signifikante Kippung hin (Abb. 19).

Standardmäßig wurde von allen Modellen die Zentralfissuren-Distanz (f im Bild 19) mittels Schublehre nach Berendonk erfasst. Zusätzlich wurden die palatinale Breite (p im Bild 19) und die bukkale Breite (b im Bild 19) gemessen. Alle Strecken wurden mittels Schublehre nach Berendonk (Genauigkeit 0,1 mm) in drei zeitlich unabhängigen Durchgängen erfasst. Zusätzlich wurde ein weiterer Durchgang mit einem computergestützten Streckenmessprogramm durchgeführt. Die Messungen wurden teilweise dadurch erschwert, dass die Unterlagen aus dem Archiv der Poliklinik herangezogen und nicht speziell für die Nachuntersuchung angefertigt wurden. Die Modelle wiesen manchmal Gipsperlen oder im Okklusalbereich anatomisch unzureichende Füllungen ohne Fissuren der zu vermessenden Zähne auf.

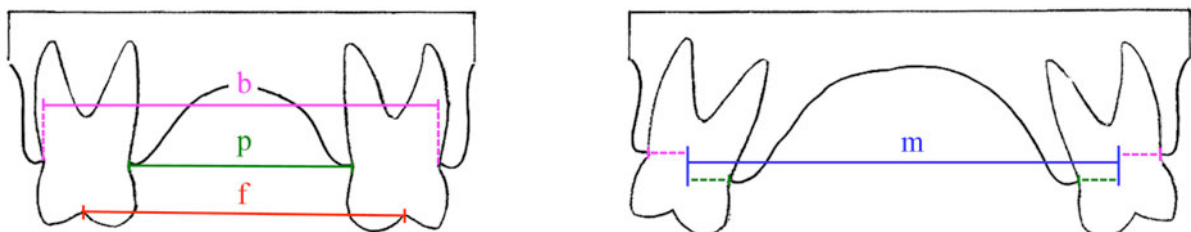


Abb. 19: Vermessene Strecken in distaler Ansicht und Resultierende m (mittlerer Abstand)

Zur Bestimmung des Kippungswinkels wurde die Veränderung d der Differenz von f zu $m = (b+p) / 2$ zwischen den Zeitpunkten T_0 und T_1 ermittelt: $d = (f(T_1) - m(T_1)) - (f(T_0) - m(T_0))$. Die mittlere Zahnhöhe h beider Ankerzähne wurde über die Differenz der Höhe des Messpunktes f und der mittleren Höhe der Messpunkte b und p des linken und rechten Zahns geschätzt. Der Kippungswinkel κ ergab sich dann aus dem Verhältnis zwischen d und der Zahnhöhe h gemäß $\kappa = \arctan(d / h)$.

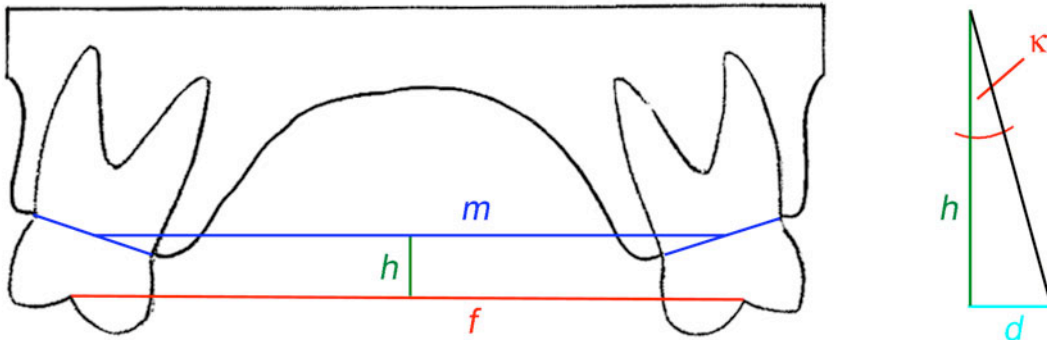


Abb. 20: Schematische Darstellung der mittleren Zahnhöhe und des Kippungswinkels

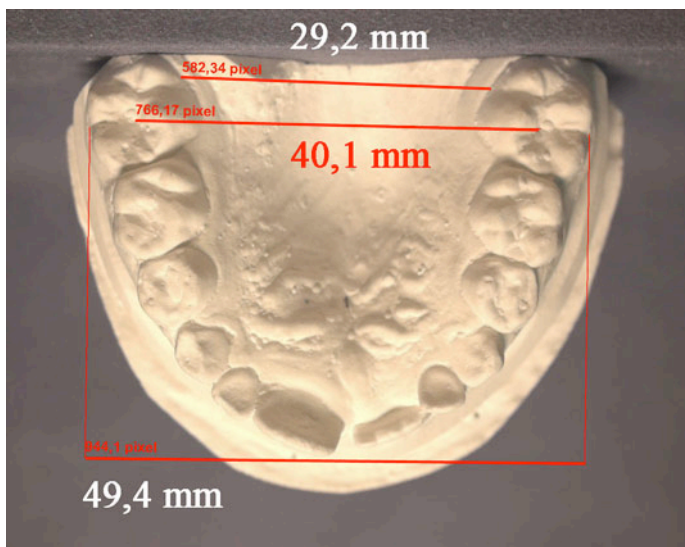


Abb. 21: Darstellung der Streckenmessungen

3.2.5 Überprüfung von Korrelationen

Anhand von Korrelogrammen wurden die zuvor eingeschätzten Winkeländerungen mit den quantitativen Winkelmessungen auf ihre Korrelation hin überprüft. Hierdurch wurde versucht, einen quantitativen Grenzwert für Kippungen von Ankerzähnen festzulegen, die per Augenschein als kritisch (starke Kippung) eingestuft wurden.

Die durch die Winkelmessungen aufgezeigten und durch Augenschein eingeschätzten Kippungen durch die Behandlung wurden zusätzlich in Relation zur erfolgten Dehnung, der Behandlungsdauer, des Behandlungsalters und der ermittelten Ausgangskippung der Ankerzähne gesetzt. Die Abhängigkeiten und Korrelationen wurden graphisch dargestellt.

4. Ergebnisse

4.1 Fragebogen

Von den 204 versandten Fragebögen (Abb. 22) wurden innerhalb von 4 Wochen 105 zurückgesandt und standen damit für die Auswertung zur Verfügung. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 51%.

In den 105 antwortenden Praxen wird die GNE von 95 Anwendern durchgeführt. Da hiervon zwei kieferorthopädische Kollegen in neu gegründeten Praxen tätig waren, konnten diese zwar Angaben über ihr allgemeines Behandlungskonzept mit der GNE, nicht aber über durchgeführte Behandlungen und somit nicht über im letzten Jahr beobachtete Komplikationen berichten. Ein Kollege gab an, die GNE nicht zu verwenden. Er konnte jedoch über (vermutlich früher beobachtete) Komplikationen berichten. Diese Komplikationen werden im Folgenden nicht in die Statistik einbezogen, sondern zu gegebenem Zeitpunkt gesondert erwähnt. Bei den zurückgesandten Fragebögen gab es einzelne Fragen, die nicht von allen Anwendern beantwortet wurden. Die Gründe hierfür blieben unklar. In diesem Kapitel beziehen sich die Angaben, soweit nicht anders bezeichnet, auf die Anzahl der die jeweilige Frage beantwortenden Kollegen, welche die GNE zu ihren Therapie-Anwendungen zählen (siehe Abbildung 23). Bei der Auswertung einzelner Fragen werden, soweit nicht anders vermerkt, alle die GNE durchführenden Kollegen in die Statistik mit einbezogen (n=95).

**Umfrage bei kieferorthopädischen Praxen über Komplikationen bei der Verwendung von
Gaumennaht-Erweiterungsapparaturen**

Verwenden Sie in Ihrer Praxis Gaumennaht-Erweiterungsapparaturen? ja nein

ohne chirurgische Unterstützung, ungefähre Anzahl im letzten Jahr ca.
bis zu welchem Alter? Jahre

chirurgisch unterstützt, ungefähre Anzahl im letzten Jahr ca.

Welche Art von GNE-Apparatur verwenden Sie? mit Bändern gelötet gelasert
 geklebt

andere, welche? _____

Dauer der Behandlungsphasen: Aktivierung Wochen Retention Wochen
Aktivierungsrhythmus X mal täglich

Haben Sie schon Komplikationen bei der Verwendung von GNE-Apparaturen beobachtet? ja nein

Komplikationen von technischer Seite Lockerung der Apparatur Apparaturbruch
 Schraube verklemmt

intraorale Komplikationen Naht nicht gesprengt extreme Zahnkippungen
 Wurzelresorptionen Elongation der Nicht-Ankerzähne
 Schmerzen

extraorale Komplikationen Schwellungen Nasenverbreiterung Rötungen

sonstige Komplikationen _____

Existieren Verlaufs-Dokumentationen (vor/nach GNE) Ihrer behandelten Patienten? ja nein

Welche Dokumentationsform existiert? Modelle Fotos Röntgen p.a.
 Aufbiß
 andere _____

Wären Sie bereit, uns gegebenenfalls diese Unterlagen oder Duplikate für kurze Zeit zu Verfügung zu stellen? ja nein

Bemerkungen:

Name und Praxisanschrift (Rücksendung auch ohne Namensangabe möglich)

Abb. 22: Fragebogen

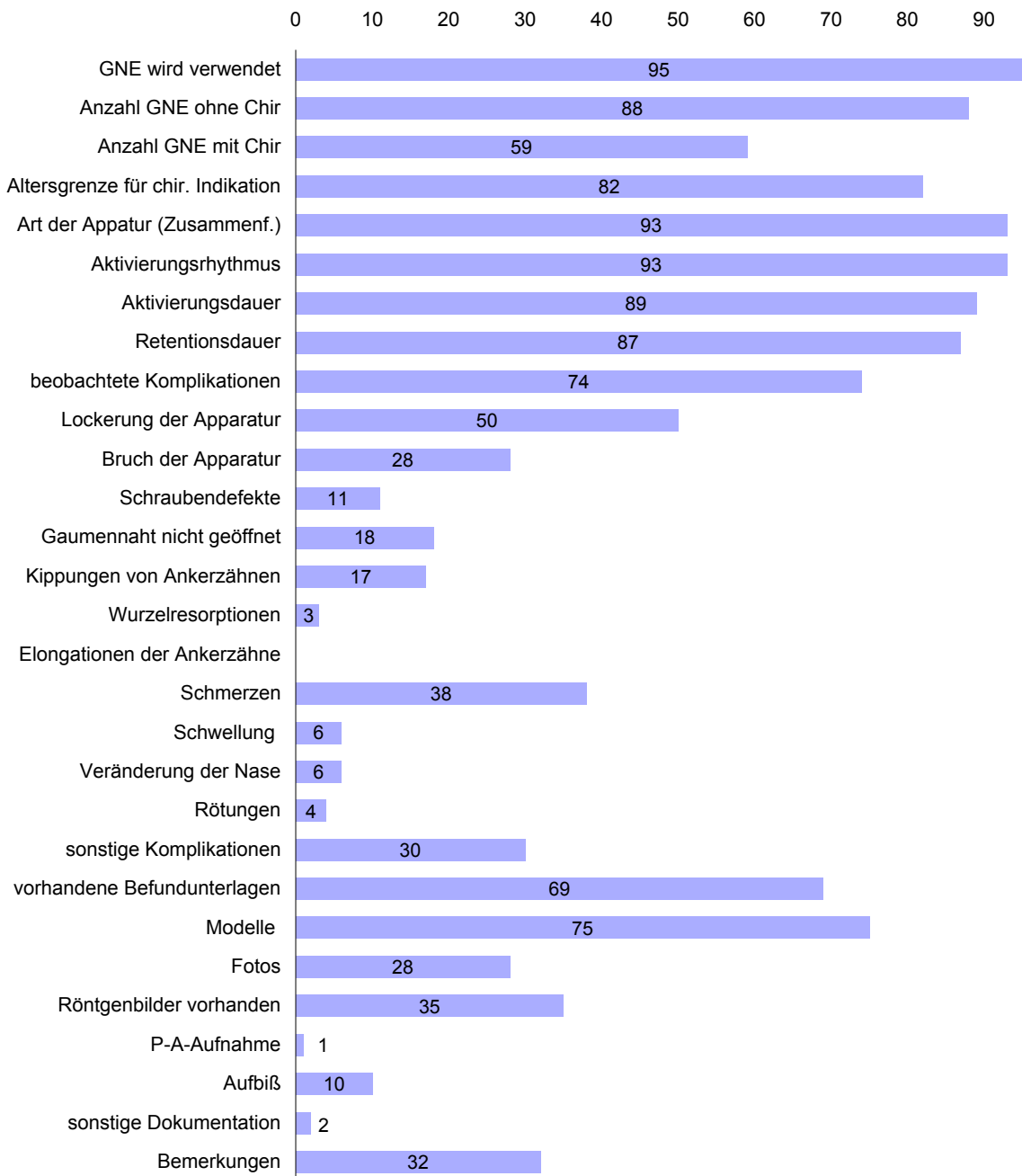


Abb. 23: Anzahl der verwertbaren Antworten zu den einzelnen Fragestellungen (aus 95 Anwendern)

4.1.1 Anzahl der durchgeführten Gaumennahterweiterungen

In dem der Umfrage zurückliegenden Jahr 2000 wurden den Angaben zufolge in 88 Praxen ca. 1590 Gaumennaht-Erweiterungen durchgeführt, davon 169 mit chirurgischer Unterstützung. Sieben Praxisinhaber machten keine Angaben über die Häufigkeit der GNE-Anwendung, hierunter befanden sich zwei Praxisneugründungen.

Die Angaben über die Häufigkeit der Anwendung einer GNE waren sehr unterschiedlich (siehe Abbildung 24). Bei der konventionellen GNE differierten die Angaben zwischen einer und 130, bei den chirurgisch unterstützten zwischen keiner und 25. Im Schnitt sind dies 16 konventionelle GNE und knapp zwei chirurgische GNE pro Praxis und Jahr.

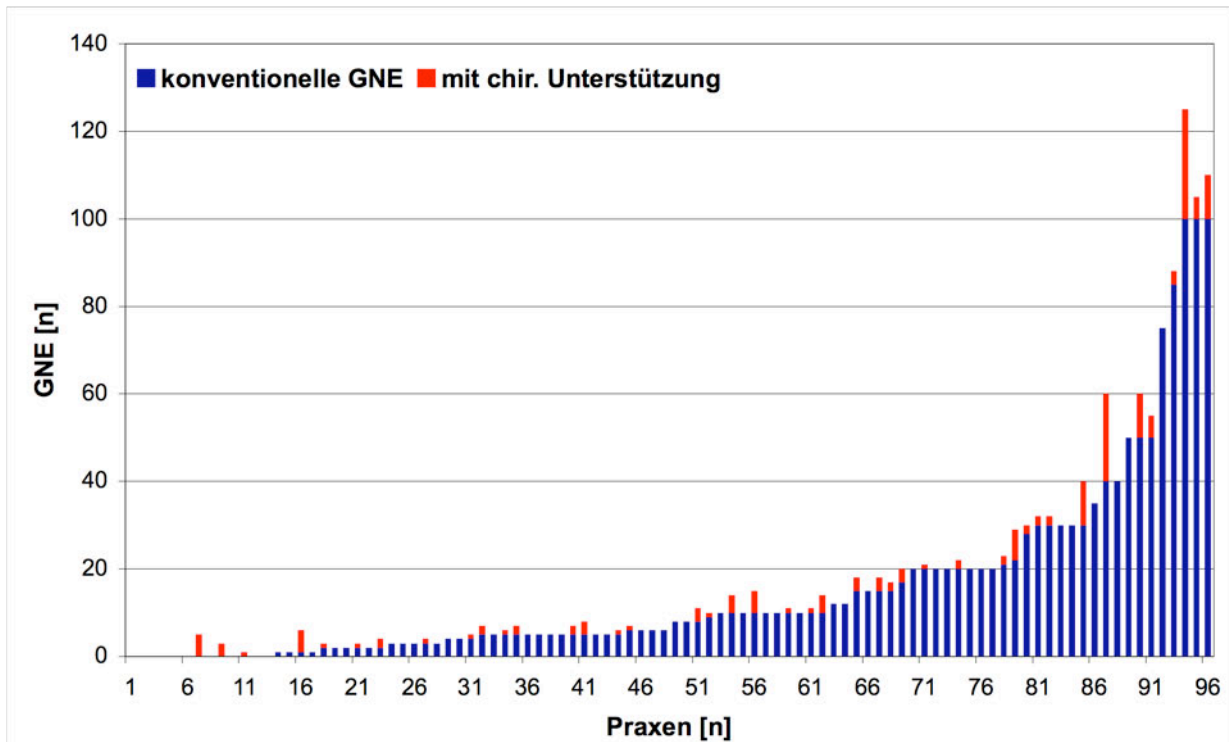


Abb. 24: Anzahl konventioneller und chirurgischer GNE der einzelnen Praxen. Die Praxen sind zur besseren Übersicht nach der Anzahl konventioneller GNEs geordnet.

4.1.2 Altersgrenze für chirurgische Gaumennahterweiterung

Für die Indikation einer chirurgischen Unterstützung der GNE wurden von den hierzu antwortenden 82 Praxen unterschiedliche Altersgrenzen angegeben (siehe Tabelle 1). Unter chirurgischer Unterstützung wird die chirurgische Schwächung der Kortikalis der Processi zygomatici und/oder der Fissura palatina verstanden. Im Mittel lag das Alter bei $16,8 \pm 4,9$ Jahren, jedoch sieht einer der antwortenden Behandler die Indikation schon ab dem 10. Lebensjahr, während ein anderer die konventionelle GNE bis zu einem Alter von 35 Jahren und eine weitere Kollegin sogar bis zum sechzigsten Lebensjahr durchführt. Vier Praxen machten die Indikation für eine chirurgische Unterstützung der GNE außerdem vom Geschlecht des Patienten abhängig. Hierbei lag die Altersgrenze bei Mädchen um zwei Jahre niedriger als bei Jungen. Weitere drei Anwender ziehen zusätzlich zum Alter und Geschlecht des Patienten den Zahn- und Parodontalstatus für die chirurgische Intervention der GNE heran.

Altersgrenze in Jahren	10	12	14	16	18	20	25	30	35	60	Wachstums abhängig
Anwender (n=82)	2	18	18	19	6	9	5	2	1	1	1

Tab. 1: Altersgrenze, von der an die chirurgische GNE für notwendig erachtet wird

4.1.3 Angewandte Typen von Gaumennahterweiterungs-Apparaturen

Mit 61 regelmäßigen und 20 gelegentlichen Anwendungen wird die an Bänder gelötete GNE-Apparatur mit Abstand am häufigsten eingesetzt. Am zweithäufigsten wird die okklusal geklebte Kunststoffschienen-Apparatur eingesetzt. Von drei Praxen wird sie ausschließlich und von 19 als Alternative verwendet. Zwei Anwender berichteten, die an Bänder gelaserte GNE-Apparatur regelmäßig zu verwenden, sieben Kollegen setzten diesen Apparatortyp zeitweise ein. Von nur drei Praxen wurde die gegossene Apparatur bevorzugt und drei weitere setzten sie als alternatives Behandlungsgerät ein. Drei Kieferorthopäden machten keine Angaben über den verwendeten Apparatortyp.

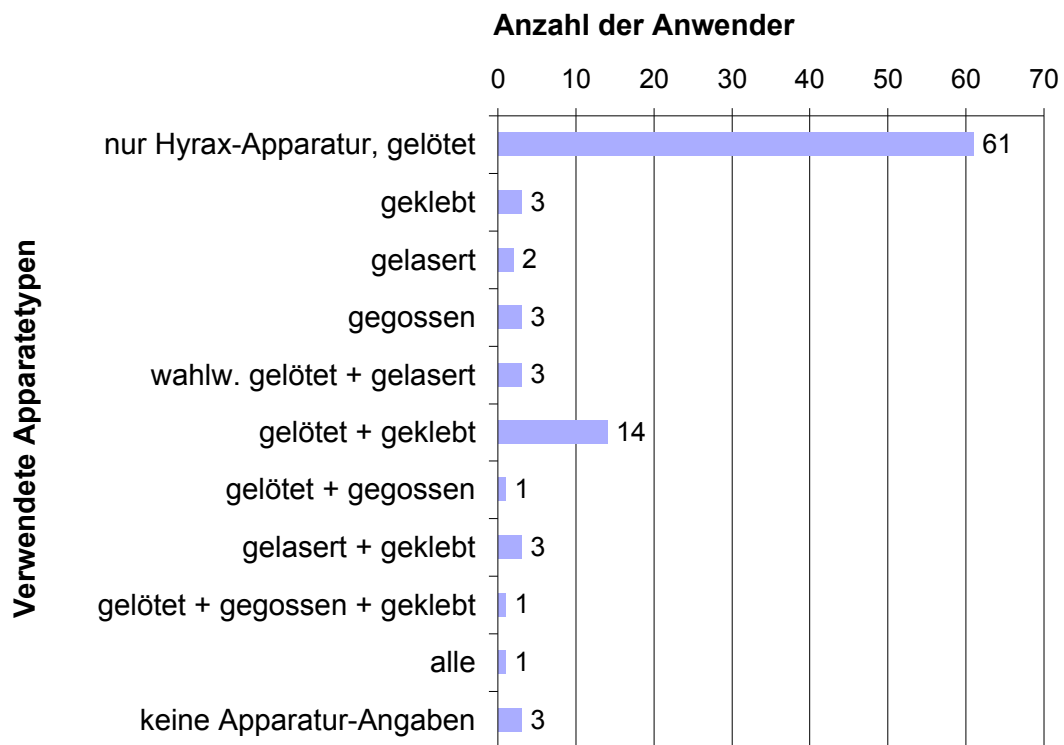


Abb. 25: Häufigkeit verschiedener verwendeter GNE-Apparaturen

4.1.4 Aktivierung

Die Frage nach dem Aktivierungsrhythmus wurde von insgesamt 93 Kieferorthopäden beantwortet. Am häufigsten wurde zwei- bis dreimal täglich eine viertel Gewindeumdrehung angegeben (siehe Tabelle 2). Am zweithäufigsten wurde der Aktivierungsrhythmus einmal und ein- bis zweimal täglich genannt. Eine viertel Gewindeumdrehung bedeutet 0,2 bis 0,25 mm Öffnen der Schraube, sodass die Aktivierung meist zwischen 0,4 und 0,75 mm pro Tag lag. Eine Praxis gab sogar 6 tägliche Aktivierungseinheiten an, was einer aktiven täglichen Verbreiterung der Hyrax-Schraube von 1,2 bis 1,5 mm entspricht. Vier Anwender gaben an, einen alternierenden Aktivierungsrhythmus (z.B. 1. und 2. Tag: 3× täglich, 3. – 6. Tag: 2× täglich, danach nur noch 1x täglich) durchzuführen. Einer dieser Anwender berichtete, seinen mittels GNE behandelten Patienten einen genau definierten, schriftlich fixierten Aktivierungsplan und täglich unterschiedliche Anweisungen mit nach Hause zu geben.

Aktivierungsrhythmus (pro Tag)	1 & 1-2 mal	2 & 2-3 mal	3 mal	4 mal	6 mal	nach Plan
Anwender (n= 93)	29	49	9	1	1	4

Tab. 2: Aktivierungsrhythmus

Zur Frage der Aktivierungsdauer lagen 89 verwertbare Antworten vor. Die Aktivierungsdauer, das heißt der Betätigungszeitraum der Dehnschraube vor einer Fixierung, wurde mit zwischen einer Woche und zwölf Wochen angegeben. Zwei Anwender gaben an, die Größe der GNE dem transversalen Oberkieferdefizit anzupassen. Ein weiterer passte die transversale Dehnung ebenso dem jeweiligen Bedarf an und gab darüberhinaus eine leichte Überkompensation der Expansion an. Im Schnitt wurde eine transversale Erweiterung um 8 mm erreicht (Spannbreite 3-19 mm). Bei dieser durchschnittlichen Dehnung wurde eine Schraubenöffnung von 0,225 mm bei einmaliger Aktivierung angenommen, da in der Literatur von 0,2 – 0,25 mm die Rede ist. Aus sechs Praxen erhielten wir keine Angaben zur Aktivierungsdauer.

Aktivierungs- dauer (Wochen)	1 & 1-2	2 & 2-3	3 & 3-4	4 & 4-6 & 6	6-12 & 12	nach Bedarf
Anwender (n=89)	12	40	12	13	2	10

Tab. 3: Aktivierungsdauer

Fasst man die Antworten der befragten GNE-Anwender zusammen, lässt sich aus Tabelle 4 die leichte Tendenz ablesen, dass Anwender, die besonders lange Aktivierungszeiten angeben, in der Regel nur maximal ein- bis zweimal täglich aktivieren. Die größte Häufung bezüglich des Aktivierungsmodus findet man bei 2 & 2-3 Aktivierungen täglich, bis zu 2 & 2-3 Wochen lang. Dieser Aktivierungsrhythmus entspricht auch dem Behandlungskonzept der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main.

Dauer (Wochen) Rhythmus (pro Tag)	1 & 1-2	2 & 2-3	3 & 3-4	4 & 4-6 & 6	6-12 & 12
1 & 1-2		9	5	6	2
2 & 2-3	8	26	5	3	
3	3	2	2	2	
4		1			
6		1			

Tab. 4: Korrelations-Matrix zwischen Aktivierungsdauer und Aktivierungsrhythmus

4.1.5 Retention

Die angegebene Retentionszeit, das heißt wie lange die inaktive GNE-Apparatur als Retention in situ bleibt, wird mit einer Woche bis zu einem halben Jahr sehr uneinheitlich gehandhabt (siehe Tabelle 5). Die Retentionsdauer von drei Monaten sehen nahezu 50% der 87 antwortenden Praxen als ausreichend an und weitere 20% stabilisieren das Erweiterungsergebnis ein halbes Jahr lang. Drei der kürzer retinierenden Anwender gaben

an, andere Retentionsgeräte wie Platten oder intraoral festsitzende Verankerungen, z.B. in Kombination mit einer Multibandapparatur, zu verwenden.

Retentionsdauer (Wochen)	0 - 4	4 - 8	8 - 12	12 - 16	16 - 20	20 - 26	größer 26
Anwender (n=87)	2	8	42	12	2	18	3

Tab. 5: Retentionsdauer

4.1.6 Komplikationen

Knapp 20% der GNE-Anwender gaben an, keine Komplikationen während der Behandlung mit dieser Apparatur beobachtet zu haben. Zwei dieser Behandler berichteten jedoch über Schmerzen der Patienten während der GNE. Ein anderer Anwender, der angab, keine Komplikationen beobachtet zu haben, berichtete dennoch von einem Apparatur- oder Schraubenbruch. Ein weiterer Anwender hatte extraorale Rötungen und Schwellungen beobachtet. Da alle diese Phänomene als technische oder intra- bzw. extraorale Komplikationen gewertet werden können, wurden die genannten GNE-Anwender in den folgenden Tabellen zu den Komplikationen angegebenden Anwendern gezählt. Fünf Praxen ließen die Frage offen, ob sie Komplikationen bei der GNE beobachtet hatten. Hiervon gaben zwei Ärzte an, infolge von Praxisneugründungen keine Angaben machen zu können. Zwei weitere Anwender kreuzten auf dem Fragebogen bei den beobachteten Komplikationen Zahnkippen und Wurzelresorptionen an. Ein letzter Anwender gab sogar bukkale Fenestrations an. Auch diese Kollegen wurden zu den Komplikationen beobachtenden Anwendern gezählt.

Da ein Fokus dieser Studie auf der Ermittlung möglicher Komplikationen liegt, werden alle Anwender mit einbezogen, die mindestens eine Komplikation nennen konnten. Im Folgenden wird jeweils vermerkt, ob sich die Angaben über beobachtete Komplikationen entweder auf die 80 Behandler mit Angabe technischer Komplikationen, auf die 81 Anwender mit Angabe intra- oder extraoraler Komplikationen oder auf alle die GNE verordnenden Kollegen (n=95) beziehen.

4.1.7 Technische Komplikationen

Die in der Umfrage am häufigsten genannte Komplikation war die Lockerung der Apparatur (Tabelle 6). Hierbei kommt es zum Lösen der Apparatur von den Ankerzähnen. In den

meisten Fällen konnte die Apparatur vermutlich noch am selben Tag wieder befestigt werden. Von 84 Behandlern, die über technische Komplikationen berichteten, gaben 50 an, schon einmal Lockerungen der GNE-Apparatur beobachtet zu haben. Dies entspricht 59%. 28 Anwender berichteten über den Bruch von Apparaturen, wobei offen blieb, an welchen Stellen die Apparaturen zu Brüchen neigten. Bruchmöglichkeiten bieten die Verbindungsstellen der Schraubenretentionen mit den Bändern, bzw. deren Verankerungen im Kunststoff, oder die Schrauben, bzw. die Kunststoffkörper selbst. Weitere elf befragte Kollegen erwähnten Schraubenblockaden oder zurückgedrehte Schrauben. Zu den technischen Komplikationen kann man auch die von einem Behandler im Kommentar angegebenen Aktivierungsprobleme des behandelten Patienten bzw. der beauftragten Helfer zählen. Ein anderer Anwender gab einen nicht ausreichenden Schraubenschub als beobachtete Komplikation an. Als Folge könnte man eine sich nicht öffnende Gaumennaht annehmen. Davon berichtete dieser Anwender jedoch nichts. Ein anderer Anwender, der angab, keine Komplikationen beobachtet zu haben, berichtete dennoch von einem Apparatur- oder Schraubenbruch.

Art der Komplikation	Lockerung der Apparatur	Apparatur-Bruch	Schrauben-defekte	Probleme beim Aktivieren	keine Angaben
Anzahl der Anwender (n=95)	50	28	11	1	11
% der Anwender	59	33	13	1	11

Tab. 6: Technische Komplikationen im Überblick

Eine genauere Betrachtung der technischen Komplikationen (siehe Tabelle 7) zeigt, dass die meisten Angaben sowohl von Apparaturlockerungen als auch von Apparaturdefekten der gelöteten Hyrax-Apparaturen handeln. So ist die Gruppe der 61 Anwender statistisch interessant, die ausschließlich die gelötete Apparatur verwenden. In dieser Gruppe gaben 26 Anwender an, schon Apparatur-Lockerungen beobachtet zu haben. 18 Anwender konnten über Apparatur-Brüche berichten. Bei acht dieser Kieferorthopäden kam es zu Schraubendefekten und einer gab an, dass ein Patient Stellschwierigkeiten hatte. Allerdings berichteten auch 21 Kollegen, weder technische noch andere Komplikationen mit diesem Apparatetyp beobachtet zu haben. Doppelnennungen waren in diesem Abschnitt des Fragebogens möglich und erwünscht. Viele der Anwender gaben an, verschiedene Apparatertypen einzusetzen. In beigefügten Kommentaren wurde angegeben, dass dies von der Dentitionsphase abhängig gemacht wurde. Die zweithäufigsten Angaben über

Lockerungen und Apparaturdefekte wurden von den Kollegen gemacht, die sowohl die gelötete Hyrax-Apparatur als auch die okklusal geklebte GNE-Apparatur verwendeten. Hier beobachteten elf Behandler Lockerungen und sieben Apparaturbrüche. Einer dieser Anwender berichtete über einen Schraubenbruch und ein weiterer gab an, gar keine Komplikationen bei der Verwendung dieser Apparaturtypen beobachtet zu haben.

verwendete Apparatur-Typen	Anzahl der Anwender pro jeweilige Apparatur	Lockerung	Bruch	Schraube	Aktivierung	keine Angaben
Hyrax-Apparatur, nur gelötet	61	26	18	8	1	21
geklebt	3	3				1
gelasert	2	2				
gegossen	3	2		1		1
gelötet + gelasert	3	1	1	1		1
gelötet + geklebt	14	11	7	1		1
gelötet + gegossen	1					1
gelasert + geklebt	3	2				1
gelötet + gegossen + geklebt	1	1	1			
alle	1	1				
keine Angaben	3	1	1			1
insgesamt	95	49	27	11	1	27

Tab. 7: Komplikationen in Bezug auf die verwendeten Apparaturtypen

4.1.8 Extraorale Nebenwirkungen

Die medizinischen Nebenwirkungen werden im Folgenden in intraorale und extraorale unterteilt. Diese Unterteilung bezieht sich auf die Lokalität der Nebenwirkungen. Das heißt, Nebenwirkungen an Zähnen, Parodont und Gingiva werden als intraorale Nebenwirkungen beschrieben. Dagegen werden äußerlich sichtbare Veränderungen im Gesicht zu den extraoralen Nebenwirkungen gezählt. Nicht sichtbare Nebenwirkungen wie Schmerzen, allgemeines Krankheitsgefühl oder Fieber werden als allgemeine Nebenwirkungen beschrieben. Die intraoral und extraoral beobachteten Komplikationen werden prozentual anhand der antwortenden Praxen aufgezeigt.

Die von zwei verschiedenen in eigener Praxis tätigen Kollegen beschriebenen extraoralen Veränderungen im Nasalbereich waren der Initiator für unsere Umfrage. Bei den extraoralen Nebenwirkungen wurden Schwellungen im Gesichtsbereich, Nasenverbreiterungen und

Rötungen erfragt. Die Antworten hierzu waren jedoch wesentlich vielfältiger als erwartet (siehe Tabelle 8).

In einem beschriebenen Behandlungsfall zeigte die Nasenwurzel eine Schwellung, die von einer hyperkeratotisch geröteten Haut bedeckt war. Im Laufe der Retentionsphase normalisierte sich dies wieder. Im zweiten beschriebenen Fall bildete sich eine kleine Exostose an der Nasenwurzel aus, die an der Poliklinik für HNO in Frankfurt differenzialdiagnostisch abgeklärt wurde. Auch diese Veränderung an der Nase bildete sich zurück.

Weitere beobachtete Reaktionen sind die Verbreiterung der Nase und der Nasenwurzel, Ausbildung von Asymmetrien des Nasensteges bis hin zum Mittelgesicht, Hämatombildungen unterschiedlicher Ausprägung und Nasenbluten. Insgesamt wurden von 12 Praxen extraorale Nebenwirkungen angegeben. Dies entspricht rund 12% der Anwender.

Art der Komplikation	Nasenveränderung	andere Asymmetrien	Schwellung	Hämatom	Nasenbluten	keine Angabe
Anzahl der Anwender (n=95)	7	2	6	5	1	74
% der Anwender	7	2	6	5	1	70

Tab. 8: Absolute und relative Häufigkeiten der Anwender, die extraorale Komplikationen beobachteten

Zu diesen Ergebnissen ist anzumerken, dass die angegebenen extraoralen Veränderungen meistens in Gesellschaft auftreten, das heißt, dass wie in den beschriebenen klinischen Fällen die Nasenveränderungen meist mit Schwellungen und Rötungen einhergehen. In der Übersicht wurden jedoch alle Angaben zu extraoralen Veränderungen einzeln gezählt. Im Folgenden werden vier Patientinnen mit Nasenveränderungen in der Aktivierungs- oder Retentionsphase gezeigt. Bei allen gezeigten Patientinnen bildete sich die Veränderung der Nase total zurück.



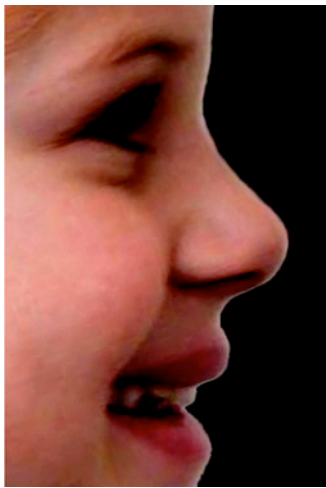
vor Behandlung

während GNE

in Retention

nach Behandlung

Abb. 26: Patientin. Y.S. [von externer Praxis zur Verfügung gestellt]



Behandlungsbeginn

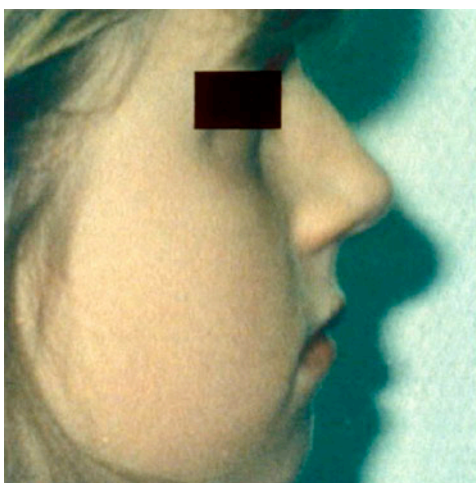
Abb. 27: Patientin K.H.



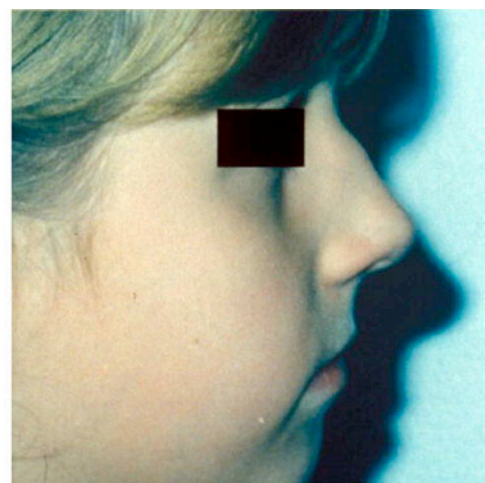
GNE-Aktivierungsphase



Retentionsphase

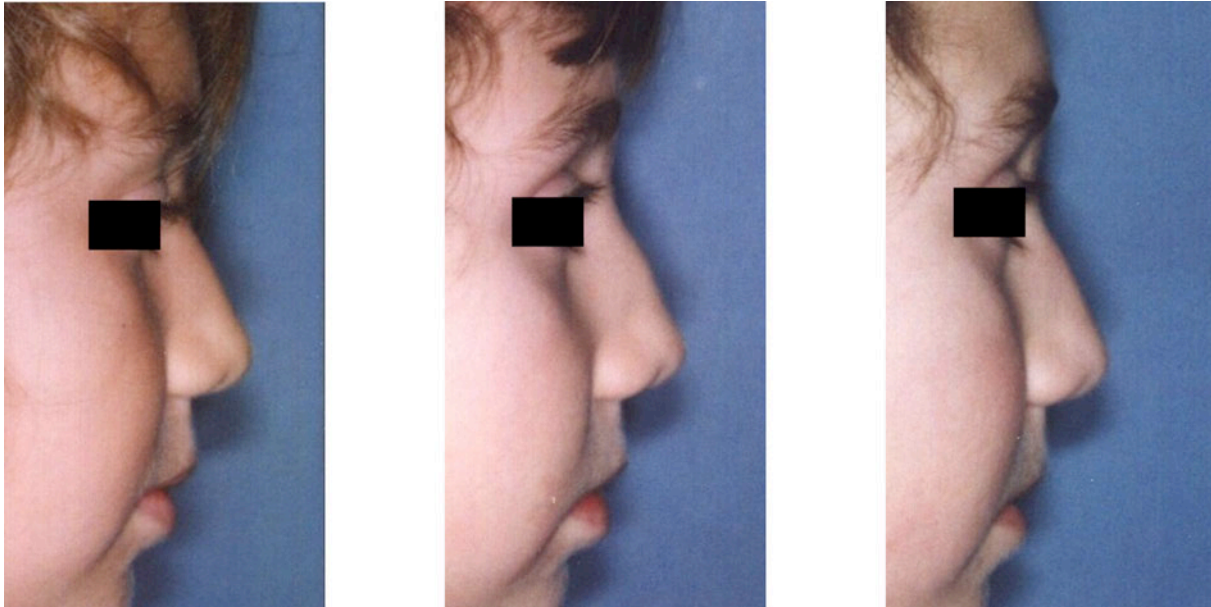


vor der GNE-Behandlung



während der GNE-Behandlung

Abb. 28: Patientin V.K. [von externer Praxis zur Verfügung gestellt]



vor der Behandlung

während der GNE

nach der GNE

Abb. 29: Patientin M.V. [von externer Praxis zur Verfügung gestellt]

Über das Auftreten von Höckern an der Nase wurde in dieser Umfrage von sieben Kieferorthopäden berichtet. Im ersten gezeigten Fall persistierte zunächst ein kleiner Höcker auf dem Nasenrücken auch noch kurz nach der Retentionsphase. Der zweite gezeigte Fall dokumentiert das totale Verschwinden der kurz nach Abschluss der Aktivierungsphase entstandenen Nasenveränderung.

Ein anderer Anwender der Umfrage hatte schon extraorale Rötungen und Schwellungen bei der Durchführung der GNE beobachtet. Er gab die genannten Komplikationen an, ohne die allgemeine Frage nach beobachteten Komplikationen zu beantworten.

4.1.9 Intraorale und allgemeinmedizinische Nebenwirkungen

Eine der häufigsten intraoral beobachteten Nebenwirkungen stellt die sich nicht öffnende Naht mit 19% dar. Diese Komplikation dokumentiert das Scheitern der GNE. Extreme Zahnkippen sind laut unserer Umfrage mit 18% eine fast ebenso häufige intraorale Nebenwirkung, Dekubiti traten mit 10% eher seltener auf.

In den meisten Fällen betrafen die Dekubiti die Gaumenschleimhaut, seltener den Zungenrücken.

Art der Komplikation	Schmerz	Naht nicht geöffnet	Kippung	Dekubiti	Resorption	Fenestration	keine Angabe
Anzahl der Anwender (n=95)	38	18	17	10	3	1	8
% der Anwender	40	19	18	10	3	1	8

Tab. 9: Intraorale bzw. allgemeine Nebenwirkungen

Schmerzen

Die Angabe von Schmerzen während der aktiven Phase der GNE durch 38 Praxen ist die mit Abstand am häufigsten angegebene Nebenwirkung (40%). Zwei Anwender gaben an, bei der GNE-Behandlung keine Komplikationen beobachtet zu haben, berichteten jedoch, dass die Patienten über Schmerzen geklagt hätten.

Nicht geöffnete Gaumennaht

Eine sich nicht öffnende Naht wurde von 18 Antwortenden angegeben. Sie stellt hiermit die am zweithäufigsten genannte Komplikation dar.

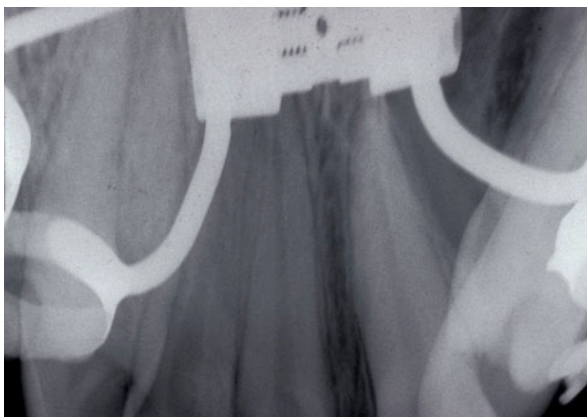


Abb. 30: Naht nicht geöffnet

Wie die jeweiligen Behandler darauf reagierten, und wie hoch die absolute Anzahl auf die Gesamtzahl der behandelten Patienten war, wurde durch telefonische Nachfrage nachträglich ermittelt. Von 1420 mit der konventionellen GNE behandelten Patienten waren insgesamt 28 von der Komplikation der sich nicht öffnenden Naht betroffen. Dies entspricht einem Prozentsatz von etwa 2%. In zehn Praxen wurde je ein Fall, in sieben Praxen wurden je zwei Fälle beobachtet und eine Praxis, in der sehr häufig GNE durchgeführt werden, gab vier beobachtete Fälle an. Die Patienten, bei denen sich die Gaumennaht nicht öffnete,

gehörten unterschiedlichen Altersgruppen an. So waren sowohl jugendliche als auch erwachsene Patienten im Alter zwischen 11 und 28 Jahren betroffen. Eine systematische Häufung lässt sich aufgrund der kleinen Stichprobe nicht nachweisen. Als Folge der sich nicht öffnenden Naht wurden meist Kippungen und Wurzelresorptionen beschrieben. Bei der Hälfte der Patienten wurde die GNE anschließend mittels chirurgischer Intervention realisiert. Bei der anderen Hälfte der Patienten wurde die GNE-Therapie abgebrochen und ein dentoalveolärer Ausgleich angestrebt. Dies bedeutete zum Teil das Belassen des Kreuzbisses, da extremere Zahnkippen nicht zu stabilisieren waren. Bei anderen Patienten wurde bei Platzmangel durch das Anweisen von Ausgleichsextraktionen eine Harmonisierung der Zahnbögen erreicht.

Rezidive

Zwar wurde diese Nebenwirkung im Fragebogen nicht explizit erfragt, drei Anwender gaben jedoch das Auftreten von großen Rezidiven unter der Rubrik „Sonstiges“ an. Zwei dieser Anwender beobachteten dieses Phänomen häufiger, nannten allerdings keine konkreten Zahlen.

Dekubiti

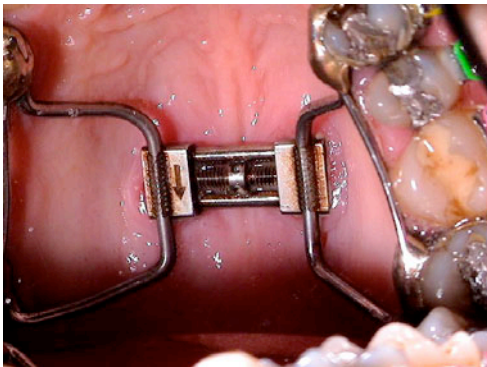


Abb. 31: Dekubitus am Gaumen



Abb. 32: Dekubitus eines anderen Patienten

[aus externer Praxis zur Verfügung gestellt]



Abb. 33: Dekubitus der Zunge

[aus externer Praxis zur Verfügung gestellt]

Von insgesamt zehn Kollegen wurde die Beobachtung von Dekubiti verursachenden Apparaturen angegeben. Diese Dekubiti traten, wie die zur Verfügung gestellten Fotos zeigen, am Gaumen durch eine sich während der Öffnung einlagernde Schraube auf. Andere entstanden durch Zungenpressen auf dem Zungenrücken.

Gingivitiden und Blutungen



Abb. 34: Desquamatöse Schwellung nach Entfernung einer okklusal geklebten GNE-Apparatur und der Heilungsfortschritt eine Woche nach Apparaturentfernung [aus externer Praxis]

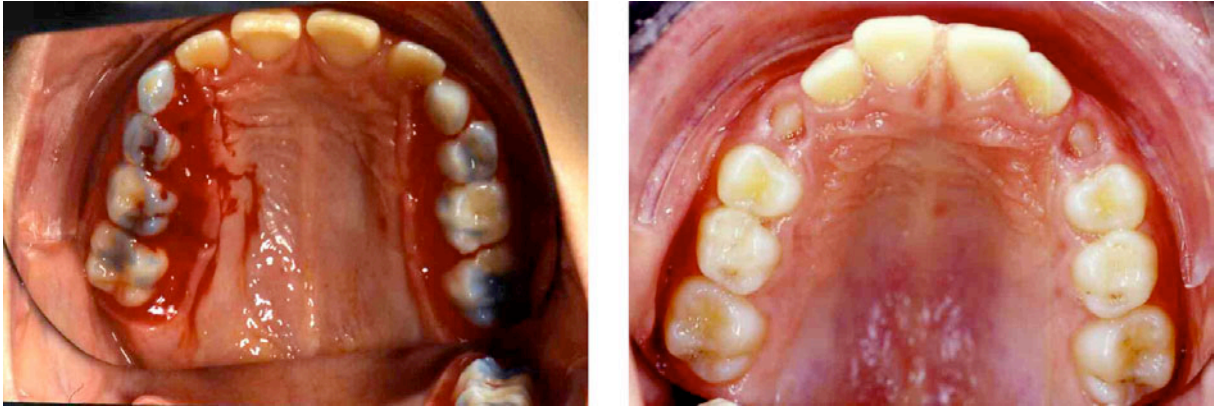


Abb. 35: Großflächige desquamierende Schwellung und Blutung der Gingiva nach Entfernen einer okklusal geklebten GNE-Apparatur. Die Patientin unterließ die täglich angeordneten Chlorhexidin-Spülungen (links). Das rechte Bild zeigt die Patientin ein Jahr später: Der Gingivaverlauf stellt sich völlig unauffällig dar.

Die gezeigten entzündlichen Schleimhautveränderungen wurden von keinem der antwortenden Kollegen als Komplikation angegeben. Dennoch schickte uns ein Anwender zwei der oben gezeigten intraoralen Fotos. Sie werden hier als Beispiele für mögliche Nebenwirkungen gezeigt.

Karies

Ein seltenerer und bis jetzt einziger Fall sind die kariösen Läsionen, die sich nach Entfernen einer geklebten GNE zeigten. Die Molaren mussten danach überkront werden, da eine Extraktion der betroffenen Zähne aus verschiedenen Gründen kontraindiziert war.



Abb. 36: Karies nach okklusal geklebter GNE-Apparatur

Diese Nebenwirkung wird in unserer Statistik nicht berücksichtigt, da es sich um einen länger zurückliegenden Patientenfall handelt. Er wird hier wegen seiner klinischen Tragweite gezeigt. Diese mögliche Nebenwirkung wurde im Archiv der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main dokumentiert.

Wurzelresorptionen und Zahnkippungen

Einen weiteren bleibenden Schaden stellen Resorptionen dar, die in dieser Umfrage von 3% der Anwender beobachtet wurden. Sie teilen sich in Knochen- und Wurzeleinschmelzungen auf. Drei Anwender gaben Wurzelresorptionen der Ankerzähne bei jeweils einem Patienten an. In einem Fall waren die Wurzelresorptionen an den ersten Molaren nach der GNE tatsächlich so ausgeprägt, dass die beiden Zähne extrahiert werden mussten (Abb. 36,37). Ein Kollege, der angab, früher Wurzelresorptionen, Zahnkippungen und Mittelgesichtsasymmetrien beobachtet zu haben, begründete hiermit seine Entscheidung, die GNE heute nicht mehr zu verwenden.



Abb. 37: OPG vor der GNE-Behandlung, Pat. V.M. [aus externer Praxis zur Verfügung gestellt]

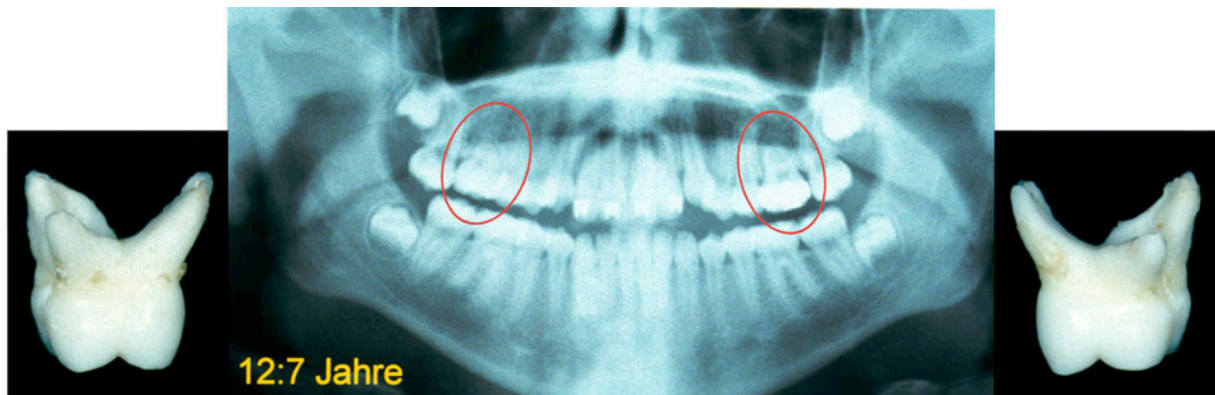


Abb. 38: OPG nach der GNE und extrahierte wurzelresorbierte Molaren, Pat. V.M. [aus externer Praxis zur Verfügung gestellt]

Wurzelresorptionen wurden von drei sich an der Umfrage beteiligenden Kieferorthopäden als beobachtete Nebenwirkung der GNE angegeben. Das Ausmaß dieser diagnostizierten Wurzeleinschmelzungen blieb bis auf den oben dokumentierten Fall unbekannt. Zwei weitere Anwender kreuzten auf dem Fragebogen bei den beobachteten Komplikationen ebenfalls Zahnkippungen und Wurzelresorptionen an. Diese Anwender ließen allerdings die Frage, ob Komplikationen oder Nebenwirkungen beobachtet wurden, offen.

Fenestrationen

Ein Anwender gab in den Anmerkungen an, Fenestrierungen der bukkalen Knochenwand beobachtet zu haben. Unklar bleibt hierbei, ob tatsächlich ein Durchdringen der bukkalen Gingiva durch die bukkalen Wurzelspitzen beobachtet werden konnte. Dieser Anwender kreuzte die allgemeine Frage über beobachtete Komplikationen nicht an.

Elongationen

Die mit unserem Fragebogen als mögliche Nebenwirkung erfragte Elongation der Nicht-Ankerzähne wurde von keinem antwortenden Behandler beobachtet.

4.1.10 Dokumentationen

Bei etwa 73% der antwortenden Anwender der GNE existieren Verlaufsdocumentationen, aber nur in insgesamt 10 Praxen werden über die gewöhnliche kieferorthopädische Dokumentation (Modelle, Fotos, OPG- und FRS-Röntgen) hinaus andere Röntgen-Projektionen hinzugezogen. So gaben diese Praxen an, Aufbissaufnahmen zur Darstellung der Sutura palatina zu machen. Eine dieser Praxen verwendete die p.a.-Aufnahme als zusätzliche diagnostische Maßnahme.

In Vorbereitung unserer Umfrage erhofften wir, durch die Erfragung von vorhandenen Dokumentationen umfangreiches Material für die bildgebende Darstellung von den die GNE begleitenden Komplikationen und Nebenwirkungen zu erhalten.

Einige der abgebildeten Fotos wurden uns daher freundlicherweise von den befragten Kollegen zur Verfügung gestellt.

4.2 Analyse des Archivmaterials

Im Folgenden werden die archivierten Modelle und Behandlungsprotokolle der in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Frankfurt am Main mit schneller Kieferdehnung behandelten Patienten retrospektiv untersucht. Eine vergleichbare Anzahl von Patienten, die mittels langsam dehnender Apparaturen eine Überstellung des primär vorliegenden lateralen Kreuzbisses erfuhren, wird für ausgewählte Teilbereiche der Untersuchung als Kontrollgruppe herangezogen.

4.2.1 Patientengut

Gaumennahterweiterungs-Therapie

In die retrospektive Untersuchung werden 23 mit der GNE behandelte Patienten einbezogen. Bei den männlichen Jugendlichen lag der Altersdurchschnitt bei 9 Jahren und 8 Monaten. Die weiblichen Jugendlichen zeigten einen Altersdurchschnitt von 10 Jahren. Diese jugendliche Patientengruppe wurde demnach vor, während oder kurz nach dem pubertären Wachstumsgipfel mit der GNE-Apparatur behandelt.

Eine erwachsene Patientin wurde in die Untersuchung einbezogen. Diese Patientin im Alter von 29 Jahren wurde mit einer chirurgisch unterstützten GNE behandelt.

Langsame Kieferdehnung

Insgesamt wurden 25 mit der langsamen Kieferdehnung behandelte Patienten als Kontrollgruppe hinzugezogen. In dieser Patientengruppe wurde die Mehrzahl der Patienten mit einer konventionellen aktiven Platte mit transversaler Schraube behandelt. Bei einem Patienten wurde die Kieferdehnung mittels einer Quadhelix-Apparatur durchgeführt.

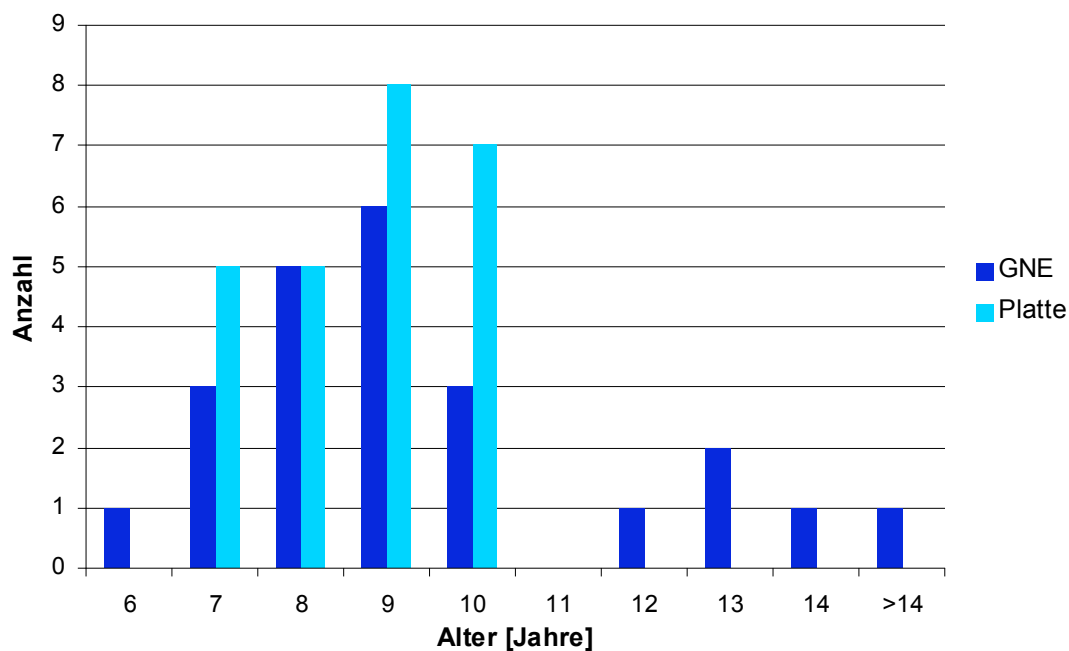


Abb. 39: Altersverteilung der GNE- und Platten-Patienten

4.2.2 Aufgetretene Komplikationen

Bei Durchsicht der schriftlich archivierten Behandlungsdokumentationen aus der Poliklinik Frankfurt/Main lag das Augenmerk auch auf der Beschreibung von Komplikationen und Nebenwirkungen während der GNE-Behandlung.

Wie zu erwarten, wurden auch bei den Patienten an der Poliklinik für Kieferorthopädie die in der hessischen Umfrage am häufigsten genannten technischen Komplikationen und intraoralen Nebenwirkungen beobachtet.

So wurde bei nur einem Patienten die Lockerung einer an vier Bänder gelöteten Hyrax-Apparatur beschrieben. Diese wurde noch während des Kontrolltermins rezementiert. Des Weiteren wurden in einem Behandlungsprotokoll Schmerzen während der Aktivierungsphase genannt, die zur Änderung des Aktivierungsrhythmus führten. Ein besonders eifriger Patient aktivierte die GNE-Apparatur sehr viel häufiger als angewiesen. Die Apparatur wies daraufhin verbogene Führungsstifte der Schraube auf und musste ausgetauscht werden. Die in der Umfrage nur von einem Anwender genannten Aktivierungsschwierigkeiten wurden in einem Fall auch an der Frankfurter Klinik beobachtet, konnten aber nach weiteren Übungen mit der Begleitperson überwunden werden.

Bei einem weiteren Patienten entwickelte sich eine intraorale Komplikation, die in der Umfrage überhaupt nicht genannt wurde und sicher einen Einzelfall darstellt. Dieser Patient hatte nach der Entfernung einer okklusal geklebten GNE-Apparatur nach Haas, die er neun Monate trug, tief kariös zerstörte Sechsjahr-Molaren, die im Folgenden mit Kronen versorgt werden mussten. Wegen einer vorliegenden Mikrognathie und Progenie war die Extraktion der betroffenen Zähne nicht indiziert. Seit diesem Vorkommnis wird die okklusal geklebte GNE-Apparatur an der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt nicht mehr eingesetzt.

Während Schmerzen und eine sich nicht öffnende Gaumennaht als Nebenwirkungen einfach zu diagnostizieren sind, ist dies bei den Kippungen der Ankerzähne nicht ohne weiteres möglich. Kippungen treten relativ häufig auf und sollten nur bei erheblichem Umfang als Komplikationen gewertet werden. Um diese Lateralkippungen der Ankerzähne im Zusammenhang mit der GNE-Behandlung quantitativ zu bewerten, wurden Modelle archivierter Patientendokumentationen der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt/Main dahingehend untersucht.

4.2.3 Behandlungsergebnisse

Die Patienten wurden nach der GNE befundbezogen auf unterschiedliche Weise weiterbehandelt. Hierdurch ergeben sich verschiedene Gesamtbehandlungszeiten. Die Gesamtbehandlungszeiten variieren von 14 Monaten bis zu neun Jahren und vier Monaten. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche Gesamtbehandlungszeit von fünf Jahren und

einem Monat. Hierbei ist zu bemerken, dass sich sieben der einbezogenen Patienten zum Abschluss dieser Untersuchung noch in aktiver kieferorthopädischer Behandlung befanden.

Behandlungsdauer der Kreuzbissüberstellung mit der Gaumennahterweiterungs- und Platten-Therapie

Die durchschnittliche Behandlungsdauer der Kreuzbiss-Überstellung inklusive Retention, d.h. bis zum Abnehmen der GNE-Apparatur, betrug 11,6 Monate, wobei die kürzeste Verweildauer der GNE-Apparatur 6 Monate und die längste 36 Monate betrug.

Die Kontrollgruppe der langsamen Kieferdehnung wurde zwischen acht und 44 Monaten mit einer Dehnplatte behandelt. Die durchschnittliche Behandlungszeit der langsamen Kieferdehnung betrug bei unserem Patientenpool 23 Monate.

Daraus ergibt sich bei der langsamen Kieferdehnung eine etwa doppelt so lange Behandlungszeit als bei der GNE. Die untere Abbildung verdeutlicht die Verteilung der Patientenanzahl auf die jeweils benötigte Behandlungsdauer je nach Apparat.

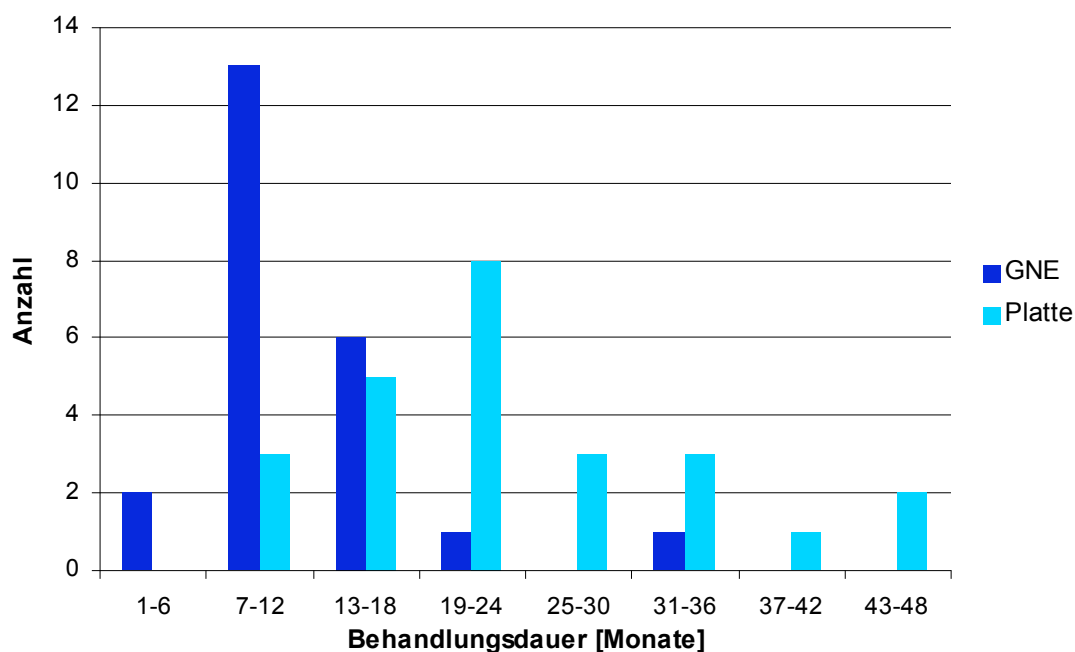


Abb. 40: Vergleich der Behandlungsdauer von GNE- und Platten-Patienten

Größe der transversalen Erweiterung bei Gaumennahterweiterungs- und Plattentherapie

Abbildung 41 zeigt die Verteilung der transversalen Erweiterung des Oberkiefers der Patienten zum Zeitpunkt T1, das heißt zum Abschluss der erfolgten Dehnung. Die transversale Strecke wurde von der Zentralfissur des rechten zur Zentralfissur des linken Sechsjahr-Molaren gemessen. Der mittlere Messfehler lag bei $\pm 0,3$ mm. Der mittlere

Messfehler wurde in dieser Arbeit stets über die mittlere Standardabweichung von jeweils drei Messdurchgängen bestimmt.

Die Modelle der mittels GNE behandelten Patienten schließen die Retentionszeit mit ein, da erst nach Entfernung der GNE-Apparatur eine Abformung sinnvoll ist.

Im Schnitt waren die GNE-Patienten zum Zeitpunkt T1 um $8,0 \pm 3,0$ mm (Standardabweichung) transversal gedehnt. Das geringste Ausmaß lag bei 4,6 mm und die größte Dehnung lag bei 12,9 mm.

Die geringste Dehnung der Patienten mit langsamer Kieferdehnung lag zum Zeitpunkt T1 bei 1,4 mm und die größte bei 8,3 mm. Der Durchschnitt von $4,3 \pm 1,8$ mm (Standardabweichung) ist also nur gut halb so groß wie bei der GNE.

Vergleicht man das Ausmaß der Oberkieferdehnung der GNE-Patienten mit dem der Platten-Patienten, stellt man fest, dass die mit der GNE behandelten Patienten in der Regel mehr Oberkieferdehnung erfahren als die Patienten, die eine langsame Kieferdehnung erhalten.

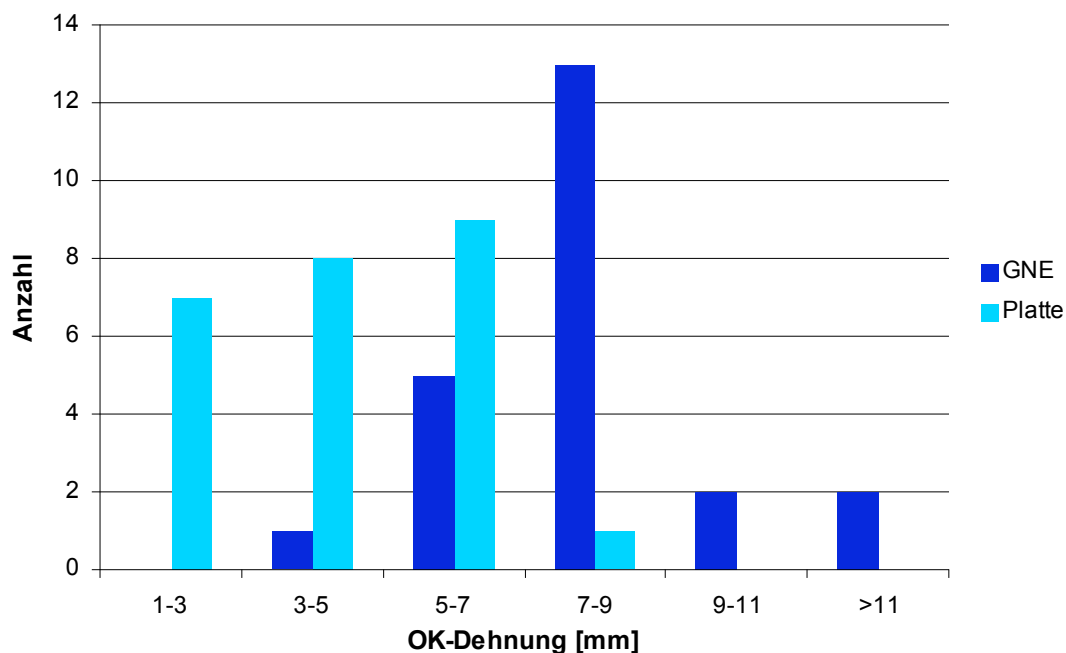


Abb. 41: Verteilung der Oberkieferdehnung der GNE-Patienten im Vergleich zu den Platten-Patienten

Setzt man die Behandlungszeiten und die erreichte Kieferdehnung zum Zeitpunkt T1 in Relation, so erkennt man, dass die Behandlungszeiten der GNE halb so lang sind und man gleichzeitig doppelt so viel Dehnung erhält (Abb. 42).

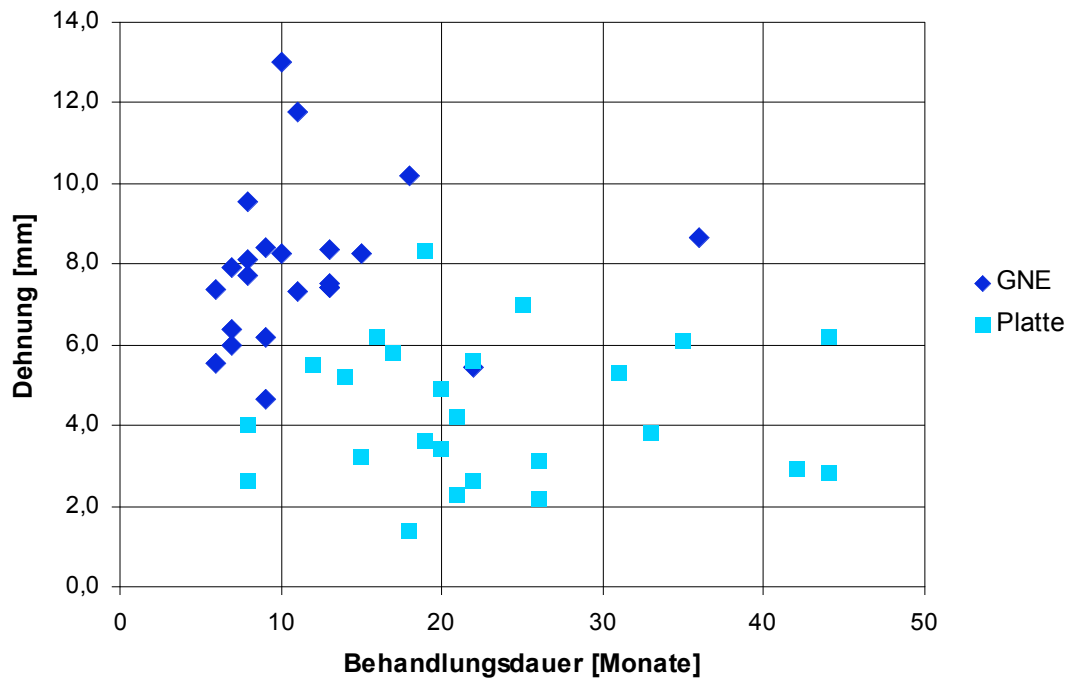


Abb. 42: Behandlungszeiten und Kieferdehnung

Rezidiv der GNE-Patienten zum Zeitpunkt T2 oder T3

Bei zwölf der mit der GNE behandelten Patienten wurde auch die Oberkieferbreite während der fortlaufenden Behandlung (T2), in den restlichen elf Fällen bei Abschluss der aktiven Behandlung (T3), wenigstens aber 7 Monate nach erfolgter Retention ermittelt.

Die durchschnittliche Dehnung war zum Zeitpunkt T2 immerhin noch $6,0 \pm 1,8$ mm (Standardabweichung). 3,3 mm war hier die geringste erhaltene Dehnung und 9 mm die größte. Hier wurde zwischenzeitlich mit den unterschiedlichsten Behandlungstechniken weiterbehandelt.

Bei Abschluss der weiterführenden aktiven Behandlung (T3), sei es mit Platten, Multiband-Apparatur oder anderen Geräten, lag die erhaltene mittlere Dehnung bei $5,5 \pm 2,3$ mm (Standardabweichung). Hier lag die kleinste erhaltene Dehnung bei 2,5 mm und die größte Dehnung bei 10 mm.

Die Mittelwerte der Rezidive lagen bei T2 bei -1,65 mm mit einer Standardabweichung von 2,62 mm und bei T3 bei 2,47 mm bei einer Standardabweichung von 3,49 mm.

4.2.4 Analyse der Kippungen

Kippungsbestimmung nach Augenschein

Bei der Einschätzung der Zahnschrägstellungen nach Augenschein zeigte sich, dass bei drei Modellen der GNE-Patienten bereits vor Behandlungsbeginn eine deutliche Schrägstellung der beurteilten Zähne 16 und 26 vorlag. Im Rahmen der Behandlung zeigte sich jedoch bei keinem Patienten eine rein visuell deutlich erkennbare Kippung, die einem Sprung in der Kategorie von „nicht erkennbarer“ zu „deutlicher Schrägstellung“ entsprochen hätte.

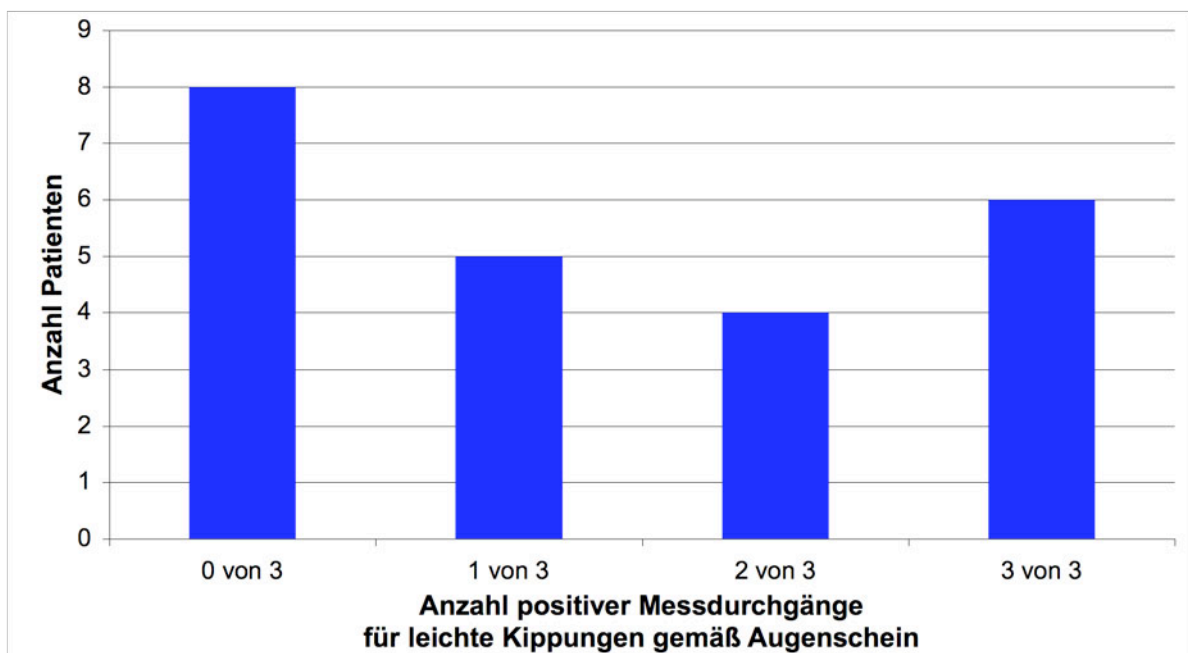


Abb. 45: Kippungen nach Augenscheineinschätzung

Wie in Abbildung 45 dargestellt, war nach drei Augenscheineinschätzungen bei acht Patienten konsistent keine Kippung der Ankerzähne zwischen T0 und T1 erkennbar. Bei fünf der GNE-Patienten wurden bei einem von drei, bei vier GNE-Patienten bei zwei von drei Durchgängen leichte Kippungen per Augenschein identifiziert. Bei sechs Patienten wurden konsistent bei allen drei Durchgängen Kippungen erkannt. Dass sich also insgesamt bei neun Patienten (40%) keine eindeutige Beurteilung ergab, könnte auf die schwierige Beurteilung der Schrägstellungen der Ankerzähne bei sich änderndem Zahnstatus oder sich ändernder Okklusionsebene zurückzuführen sein. Durch leicht unterschiedliche distale Modellansichten kann es außerdem zu optischen Täuschungen kommen. Das heißt, dass diese Methode zwar in der Mehrzahl der Fälle zu eindeutigen Ergebnissen führt, jedoch unsicher ist für die praxismgerechte Anwendung bei nur einmaliger Einschätzung. Zudem liefert diese Methode keine quantitativ belastbaren Ergebnisse.

Bestimmung des Kippungswinkels

Im Folgenden werden die Kippungen der oberen Sechsjahr-Molaren aller mit der GNE behandelten Patienten anhand der gemessenen Winkeländerung der Höckertangenten zum Zeitpunkt T1 im Vergleich zum Zeitpunkt T0 zur Okklusionsebene dargestellt. Die Bestimmung der Winkel erfolgt anhand von Messungen der einzelnen Schrägstellungen isoliert für den rechten und linken Molar. Die Genauigkeit der Kippungsbestimmung bewegt sich mit einer Standardabweichung von rund 0,5 Grad im Bereich der Genauigkeitsgrenze des verwendeten einfachen Winkelmessers.

Zudem ergibt eine durch Softwareunterstützung erfolgte Winkelmessung derselben Modellansichten vergleichbare Ergebnisse. Die Methode der direkten Winkelmessungen, angelehnt an *McNamara* [McNamara 2003], erweist sich somit als eine Methode mit hoher Reliabilität.

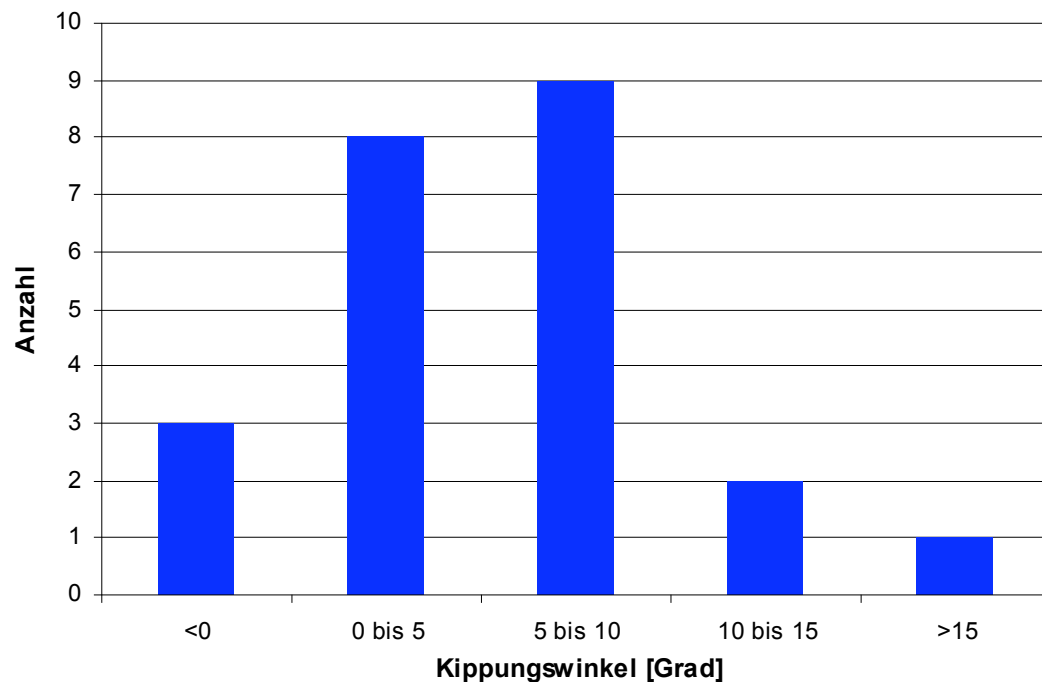


Abb. 46: Kippungen der Sechsjahr-Molaren zum Zeitpunkt T1 in Grad

Elf Patienten wiesen nach Entfernen der GNE-Apparatur (Zeitpunkt T1) eine Kippung der Ankerzähne 16 und 26 von bis zu 5 Grad auf. Weitere elf Patienten zeigten Kippungen zwischen 5 und 15 Grad. Bei einem Patienten wurde eine Kippung von rund 17 Grad ermittelt. Die Kippungswinkel nach der aktiven Behandlungsphase lagen somit am häufigsten zwischen 0 und 10 Grad (Abb. 46).

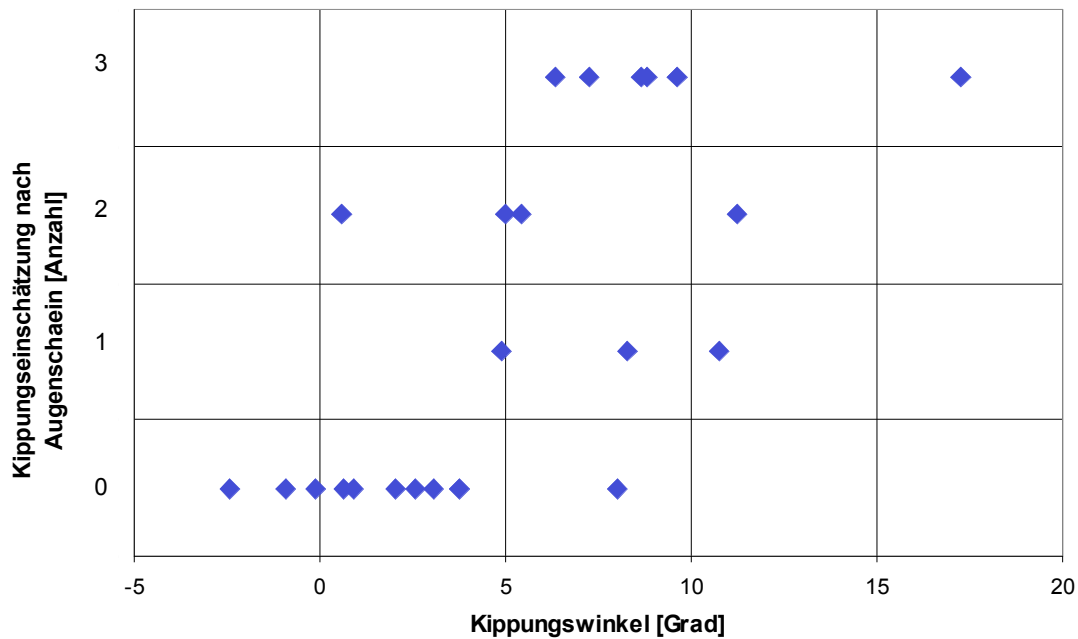


Abb. 47: Korrelation zwischen dem Kippungswinkel (angelehnt an McNamara) und der Kippungseinschätzung nach Augenschein (Anzahl positiver Nennungen bei drei unabhängigen Durchgängen).

Das Korrelogramm zeigt eine positive Korrelation der Ergebnisse beider Kippungsbestimmungen (Abb. 47). Bei zwei Patienten traten jedoch deutlich abweichende Ergebnisse auf. In einem Fall wurde trotz kaum messbaren Kippungswinkels in zwei von drei Durchgängen eine signifikante Kippung nach Augenschein erkannt. Im anderen Fall wurde trotz gemessenen Kippungswinkels von acht Grad konsistent keine Kippung erkannt. Die Abweichung der Kippungsbestimmungsmethoden konnte in diesen beiden Fällen auf optische Täuschungen zurückgeführt werden. In beiden Fällen war die Okklusionsebene der beiden Abbildungen T0 und T1 nicht gleichmäßig parallel zur Modellbasis ausgerichtet. So wurde eine vergleichbare Einschätzung der Schrägstellungen erheblich erschwert. Die Methode der direkten Winkelmessung erweist sich also als eine zuverlässigere Methode zur Kippungsbestimmung und ermöglicht zudem genauere quantitative Ergebnisse. Es ergibt sich, dass Kippungen ab 5° relativ zuverlässig per Augenschein erkannt werden können.

Ermittlung der Kippung der Ankerzähne nach der Gaumennahterweiterung mittels Veränderung von Streckendifferenzen der konventionellen Modellanalyse

Genauere Streckenmessungen erwiesen sich als schwierig durchführbar, da zum Beispiel flach modellierte Füllungen keine reproduzierbare Bestimmung des Messpunktes f (siehe Abb. 19) zuließen. Zudem wurden genaue Messpunktbestimmungen teils durch Gipsperlen auf den Okklusalfächen oder am Marginalsaum erschwert. Manche Modelle wiesen okklusale zentrale Einkerbungen durch vorangegangene Modellvermessungen auf, die eine objektiv

unabhängige Messpunktbestimmung fraglich erscheinen lassen. Da die Messungen der Strecken b und p (siehe Abb. 19) von okklusal erfolgten, waren durch Unterschnitte, die zum Teil durch Kippungen und zum Teil durch die Zahnmorphologie selbst auftraten, manche Messungen der bukkalen Distanzen nicht möglich und wurden geschätzt. Die mittlere Messgenauigkeit von $\sigma = 0,6$ mm übertrifft daher deutlich die im Rahmen der Messlehre mögliche Genauigkeit von 0,1 mm. Die Zahnhöhe konnte lediglich auf ca. 0,5 mm genau bestimmt werden, woraus insgesamt im günstigsten vorliegenden Fall ($h \approx 5$ mm, $d \approx 2,9$ mm) eine Ungenauigkeit in der Winkelbestimmung von ca. 10 Grad resultiert. Bei geringeren Werten von h und d kann ein deutlich größerer Fehler erwartet werden.

Aufgrund der erheblichen Ungenauigkeit erscheint dieses Verfahren zur Kippungsbestimmung ungeeignet.

4.2.5 Überprüfung von Korrelationen der Kippungen mit verschiedenen Parametern

Um mögliche Ursachen für Kippungen von Ankerzähnen durch die GNE zu finden, wird die Größe der erfolgten Kippung mit anderen Parametern der Behandlung oder Befunden der behandelten Patienten auf ihre Korrelation hin überprüft.

Bei der Überprüfung der Korrelationen von Kippungen zur Behandlungsdauer ergab sich ein Wert von $\rho \approx -0,09$ (Abb. 48). Daher ist keine wesentliche Abhängigkeit zu erkennen. Selbst sehr lange Behandlungszeiten von über 35 Monaten hatten nur Kippungen von ca. 5 Grad nach bukkal zur Folge und eine kurze Behandlungszeit von ca. zehn Monaten verursachte dagegen eine Kippungszunahme von fast 18 Grad. Andere Patienten wiesen bei der gleichen Behandlungsdauer sogar Aufrichtungen der Ankerzähne auf. Während man zwischen dem erfolgten Dehnungsumfang und den gemessenen Kippungen (Abb. 49) eine geringe Korrelation ($\rho \approx -0,14$) feststellen kann, ist eine negative Korrelation von $\rho \approx -0,36$ zur Ausgangsschrägstellung der Ankerzähne (Abb. 50) erkennbar. Außerdem zeigt sich bei den jugendlichen Patienten eine positive Korrelation von $\rho \approx 0,36$ zum Behandlungsalter (Abb. 51). Um herauszufinden, ob zwischen diesen Korrelationen ein Zusammenhang besteht, wurde das Behandlungsalter mit der Ausgangsschrägstellung auf eine etwaige Korrelation hin überprüft (Abb. 52). Für diese wurde ein Korrelationswert von $\rho \approx -0,37$ ermittelt.

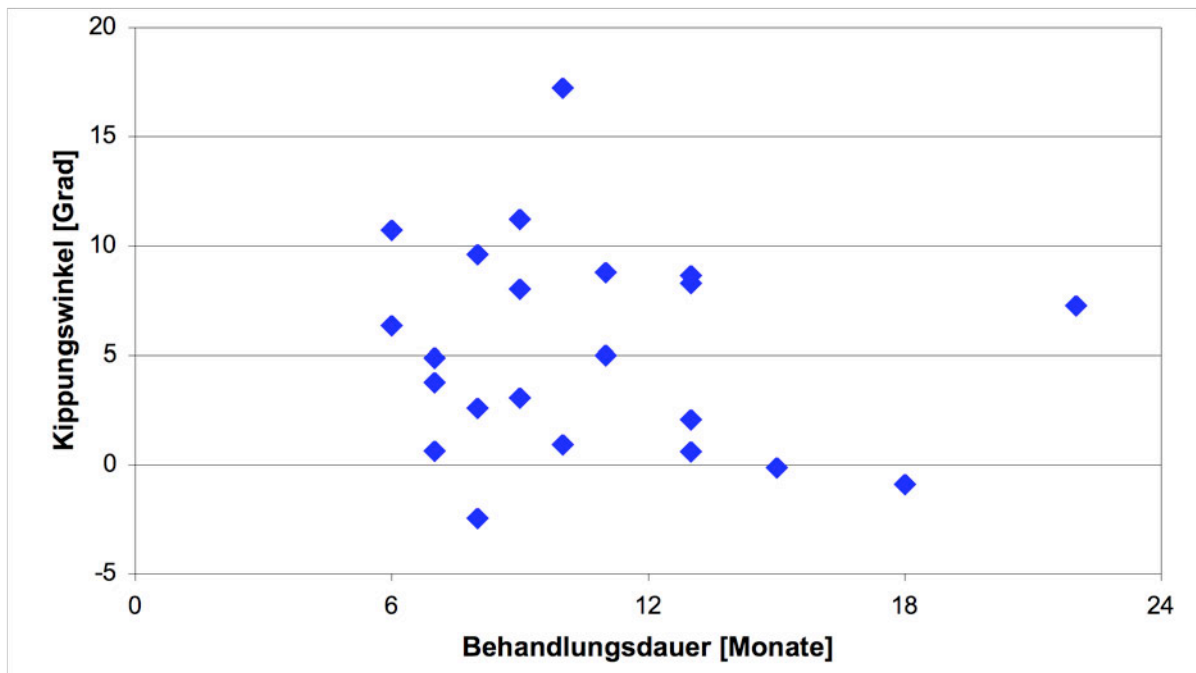


Abb. 48: Korrelogramm der Behandlungsdauer zur erfolgten Kippung nach aktiver Behandlung

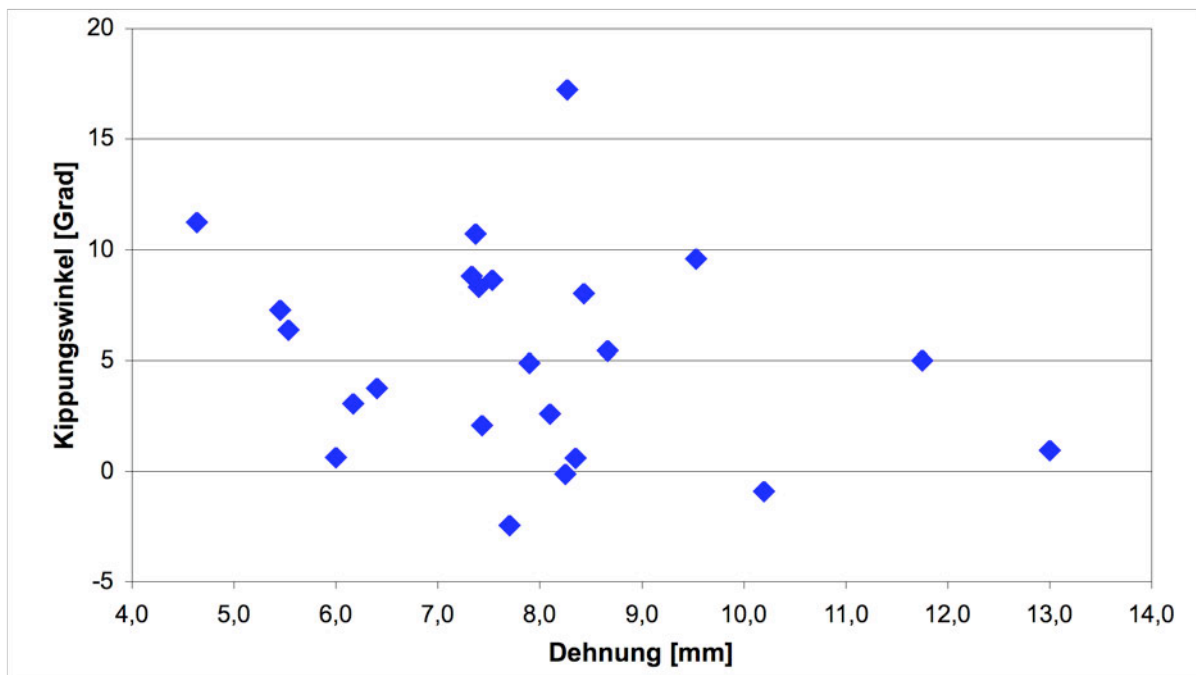


Abb. 49: Korrelogramm der erfolgten Dehnung zum Zeitpunkt T1 zur Kippung

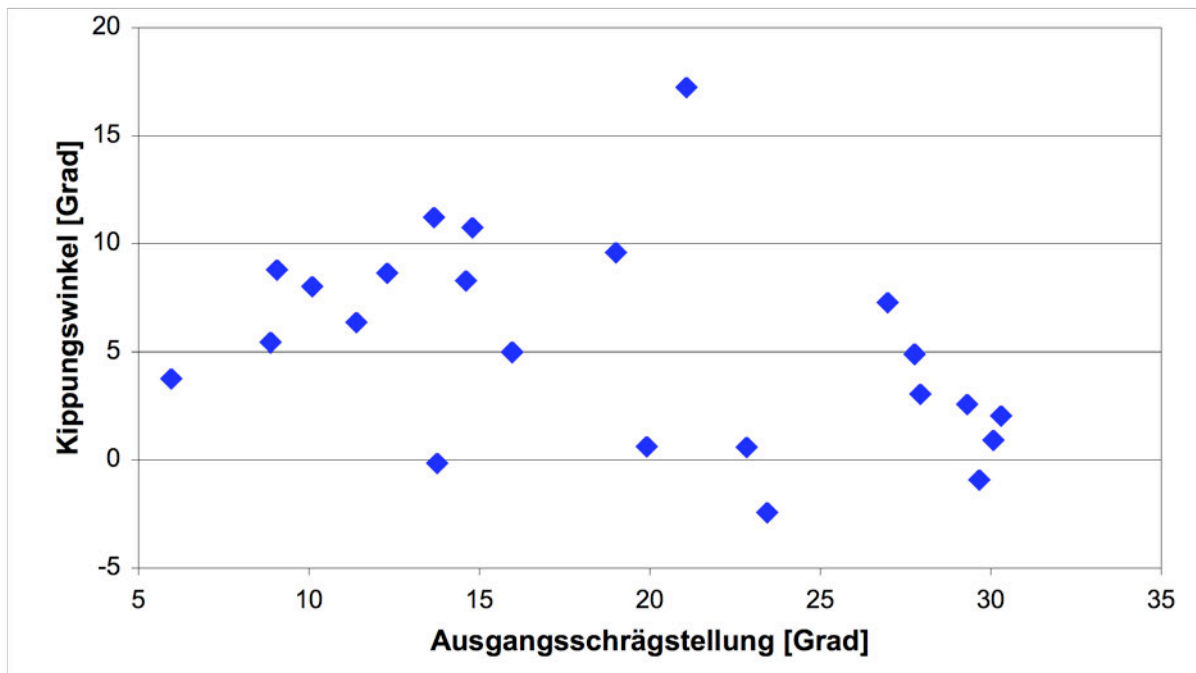


Abb. 50: Korrelogramm der Ausgangsschrägstellung der Ankerzähne zum Zeitpunkt T0 zur erfolgten Kippung nach erfolgter aktiver Behandlung zu Zeitpunkt T1

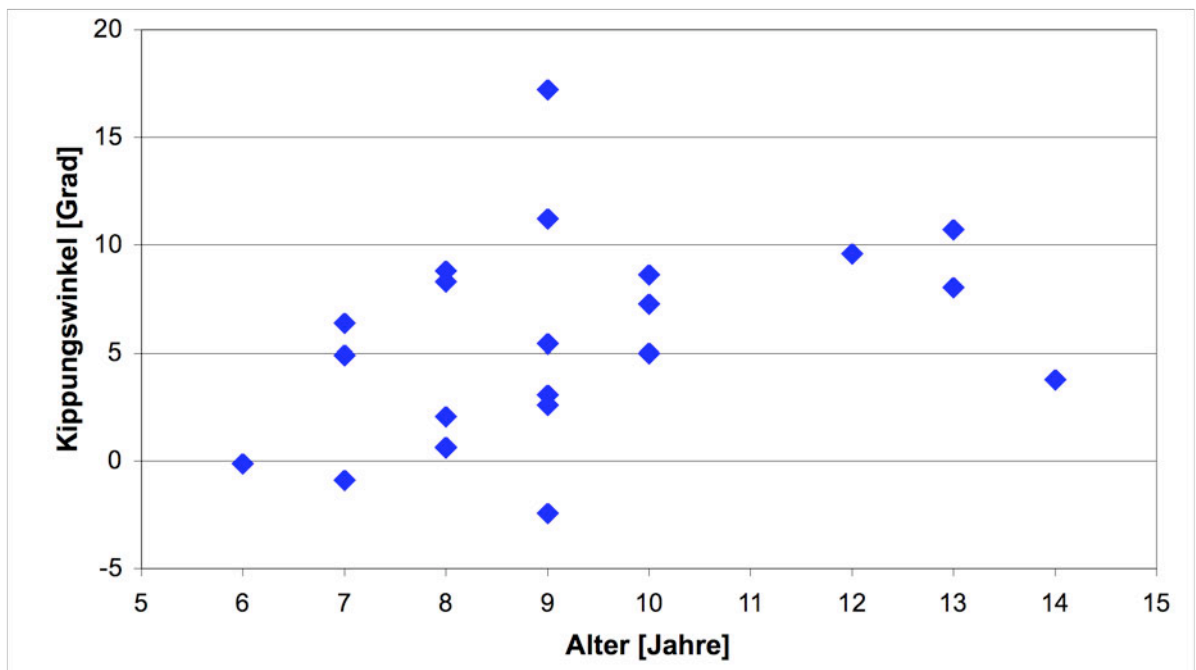


Abb. 51: Korrelogramm zwischen Behandlungsalter bei T0 zur Kippung zwischen T0 und T1

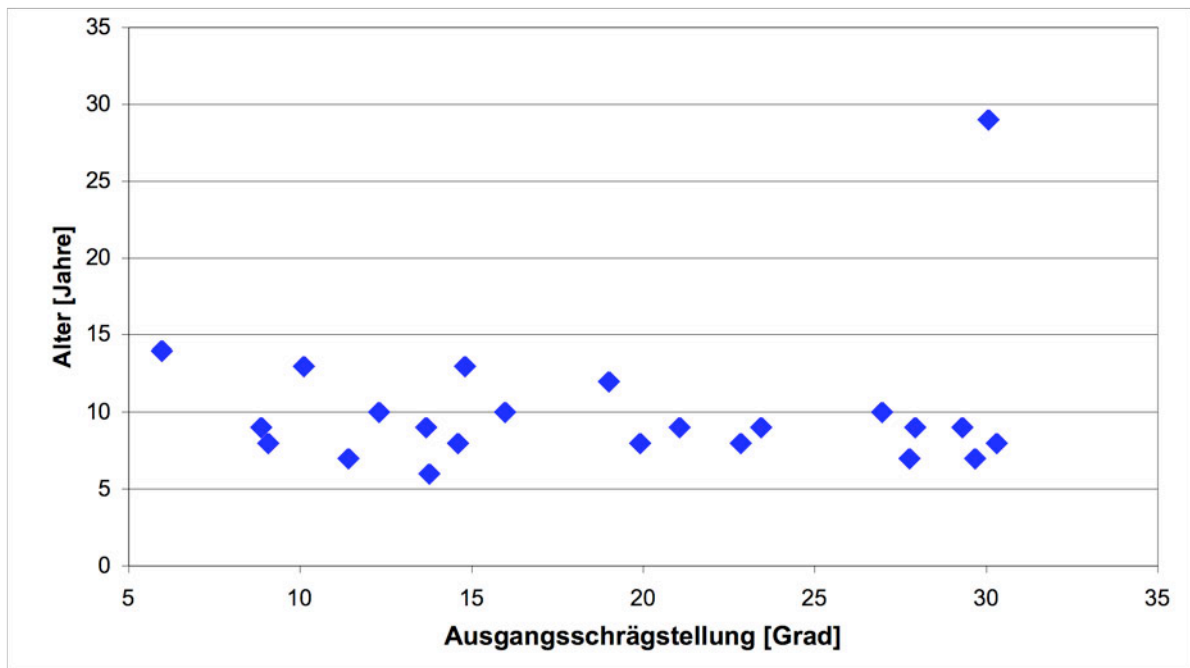


Abb. 52: Korrelogramm der Ausgangsschrägstellung der Ankerzähne zum Behandlungsalter

5. Diskussion

5.1 Fragebogen

Die Rücklaufquote der beantworteten Fragebögen von 51% ist außergewöhnlich gut. Bei einer ähnlichen, deutschlandweiten Umfrage der Arbeitsgruppe *Korbmacher et al* aus Hamburg, die ein Jahr später durchgeführt wurde, lag die Rücklaufquote bei 23,8% [Korbmacher 2005]. Die Autoren begründeten die geringere Rücklaufquote mit der anonymen Form ihres Fragebogens, der ihrer Meinung nach einen unverbindlichen Charakter gehabt habe. Die Angabe einer Adresse in der vorliegenden hessischen Umfrage war jedoch ausschließlich auf freiwilliger Basis und nur sieben der 105 Antwortenden, also nur knapp 7%, bevorzugten, anonym zu bleiben. Hierdurch ist die gute Beteiligung an der hessischen Umfrage also nicht zu erklären. Eine Erklärung könnte in der einfachen Form des Fragebogens liegen, die in Hessen einem Multiple-Choice-Fragebogen gleich und nur ergänzende Kommentare vorsah. Der Hamburger Fragebogen war zwar auch nach dem Prinzip des „Multiple-Choice“ aufgebaut, enthielt aber außerdem eine Tabelle, in der die Häufigkeit des Einsatzes der Gaumennahterweiterung in Abhängigkeit verschiedener Dentitionsalter und dem verwendeten Aktivierungsrhythmus angegeben werden sollte. Diese Tabelle war vermutlich dazu gedacht, mit geringem Aufwand für die Befragten mehr Informationen zu erhalten. Sie erscheint aber als relativ kompliziert, um „mal schnell neben dem Praxisalltag“ beantwortet zu werden.

Durch den Fragebogen der Hamburger Arbeitsgruppe [Korbmacher 2005] konnten insgesamt 441 Kieferorthopäden ermittelt werden, die Gaumennahterweiterungen durchführen. Zu einzelnen Fragen werden die Zahlen dieser Veröffentlichung im Vergleich besprochen.

Das primäre Ziel der vorliegenden Arbeit, durch die durchgeführte Umfrage einen Überblick über das Auftreten bestimmter Komplikationen zu erhalten und die beiden Behandlungsfälle mit auftretenden Nasenveränderungen in ihrer Bedeutung einzuordnen, ist erreicht worden. Das Auftreten von Nasenveränderungen im Rahmen der Gaumennahterweiterung wurde von sieben der antwortenden Anwender genannt und kann daher als eine seltene Nebenwirkung bestätigt werden.

Aus den Ergebnissen der Umfrage ergibt sich auch ein klares Bild über die häufigsten Anwendungsmodalitäten.

5.1.1 Altersgrenze der konventionellen Gaumennahterweiterung

Die Altersgrenze für eine konventionelle, d.h. ohne chirurgische Schwächung skelettaler Strukturen durchgeführte Gaumennahterweiterung wird in der vorliegenden Umfrage von mehr als der Hälfte der hessischen Kieferorthopäden in der Pubertät angesetzt. Sie liegt also geschlechtsabhängig zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr. Auch in der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main wird das Behandlungsalter für die Durchführung einer GNE im Wechselgebiss oder frühen permanenten Gebiß gewählt, da zu diesem Zeitpunkt eine ausreichende Zahnzahl für die hier präferierte Bänder-Apparatur zur Verfügung steht. So lag der Altersdurchschnitt der nachuntersuchten jugendlichen Patienten bei knapp zehn Jahren. Weitere Erklärungen für den häufigen Einsatz der GNE in diesem Alter sind neben der ohnehin in diesem Alter durchgeführten Zahn- und Kieferregulierung auch die in vielen Publikationen beschriebene bessere Wirkungsweise zu diesem Zeitpunkt. Einige Autoren bestätigen mit ihren Untersuchungen, dass eine Gaumennahterweiterung vor dem pubertären Wachstumsgipfel stärkere skelettale Ergebnisse zeigt als eine spätere [Baccetti 2001, Timms 1981]. Die Gaumennahterweiterung nach dem pubertären Wachstumsgipfel zeigt daher hauptsächlich dentoalveoläre Wirkung, das heißt, dass die Dehnung mehr durch Lateralkippungen der maxillären Alveolarfortsätze und Zahnkippungen erfolgt. Dies konnte auch in der erfolgten Nachuntersuchung durch eine Korrelation des höheren Alters mit einem größeren Ausmaß an lateralen Zahnkippungen festgestellt werden. Vermutlich aufgrund der Tatsache einer geringeren skelettalen Wirkung setzen fünf der befragten hessischen Anwender die Methode der Gaumennahterweiterung bereits im Milchgebiss oder frühen Wechselgebiss ein. Auch sieben der 23 nachuntersuchten Patienten wurden vor der Pubertät behandelt. Neben dem Grund einer leichter gelingenden Nahtöffnung ist die frühe GNE-Anwendung auch wegen des sich harmonisch entwickelnden Wachstums durch die korrigierte transversale Breite von Vorteil [Chapman 1927 nach Wertz 1970, Cozzani 2003a, Cozzani 2003b, Lima Filho 2003]. Meist erfolgt in diesem Alter auch eine schnellere Spontankorrektur eines bestehenden Zwangsbisses. Diese positiven Begleiteffekte wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht geprüft.

Zwar wurden mit den vorhandenen Behandlungsunterlagen keine genaueren Informationen über das Schmerzempfinden während der GNE erfasst, nach allgemeiner Erfahrung klagen sehr junge Patienten aber seltener über Schmerzen bei der Gaumennahterweiterung als ältere Patienten. Vermutlich ist dieses Phänomen auf die weniger rigiden skelettalen Verhältnisse und die dadurch leichter durchführbare Gaumennahterweiterung zurückzuführen. Ein Nachteil eines sehr frühen Behandlungsbeginns liegt allerdings darin, dass noch keine ausreichende Anzahl fester Zähne vorhanden ist. Die Behandlung ist hier mit einer geklebten oder gegossenen Apparatur zu empfehlen, da Bänder an Milchzähnen

schwer anzupassen sind. Durch die erhöhten Kosten einer gegossenen Apparatur wird in der Praxis oft auf die okklusal geklebte Gaumennahterweiterungs-Apparatur zurückgegriffen, die wegen einer erhöhten Kariesgefahr einer strengen Indikation unterliegen muss. Dieser Apparaturtyp sollte nur bei karies- und füllungsfreiem Gebiss eingesetzt werden. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Patienten häufig erst zu Beginn der zweiten Zahnwechselphase beim Kieferorthopäden vorstellen und bereits kariöse Defekte und/oder Füllungen aufweisen, ergibt sich somit selten die Indikation für eine frühe Gaumennahterweiterung. In diesem Fall sollte die Behandlung aufgeschoben werden, bis alle Ankerzähne voll durchgebrochen sind und möglichst das Wurzelwachstum dieser Zähne abgeschlossen ist. Die Behandlung während der Pubertät ist daher meist der einzig mögliche und sinnvolle Zeitpunkt für die Therapie der Gaumennahterweiterung. Alternativ kann bei Zwangsbissen die Überstellung des Kreuzbisses im Wechselgebiss mittels langsamer Kieferdehnung und herausnehmbarer Apparaturen versucht werden.

Beim Erwachsenen wird wegen der hohen Knochenrigidität meist eine chirurgische Schwächung der knöchernen Strukturen angewiesen [Holberg 2005, Knaup 2004, Zöller 1990]. Die in der vorliegenden Nachuntersuchung einbezogene erwachsene Patientin wurde ebenfalls den Erkenntnissen entsprechend mittels chirurgisch unterstützter GNE behandelt. Während dieser werden die *Processi zygomatici* ein- oder beidseitig und manchmal auch die mittlere Gaumennaht geschwächt [Jafari, 2003; Matteini, 2001]. Doch wie die Umfrage zeigt, werden auch Erwachsene mit einer konventionellen Gaumennahterweiterung behandelt. Die Befürworter dieser späten Gaumennahterweiterung gehen wie auch manche Stimmen in der Literatur davon aus, dass aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen der schon beschriebenen suturalen Interdigitationen bei einigen Patienten auch noch bis in die dritte Lebensdekade eine konventionelle Gaumennaht erfolgreich sein kann [Handelman 2000]. Bei wider Erwarten schlechter Reaktion sind die Vorschläge für das weitere Behandlungsprozedere unterschiedlich. Die Arbeitsgruppe um *Handelman* hat sehr stabile Langzeitergebnisse nach einer Kieferdehnung ohne tatsächliche Gaumennahtöffnung dokumentiert und empfiehlt daher eine Kiefferverbreiterung, die zum großen Teil durch Aufbiegen der Alveolarfortsätze und Zahnkippen erfolgt [Handelman, 2000]. So fordert auch *Basdra* in ihrem Kommentar zu den Ausführungen von *Knaup*, die konventionelle Durchführung der Gaumennahterweiterung beim Erwachsenen in jedem Fall mit Vorsicht zu versuchen, um unnötige chirurgische Eingriffe mit ihren bekannten Risikofaktoren zu vermeiden [Basdra 2005]. Diese Vorgehensweise hat unter Einbeziehung der erarbeiteten Erkenntnisse möglicherweise starke laterale Zahnkippen zur Folge. Nur weniger als ein Drittel der Kieferorthopäden der vorliegenden Umfrage befürworten daher die Gaumennahterweiterung beim fast ausgewachsenen oder adulten Patienten im Alter

zwischen 18 und 35 Jahren. Dies lässt erkennen, dass diese letzten wissenschaftlichen Erkenntnisse erst wenig in der Praxis umgesetzt werden.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass eine GNE in fast allen Altersstufen zum Einsatz kommen kann. Die Kiefererweiterung erfolgt dann zwar in unterschiedlicher Weise, da ihre Wirkung der individuellen Gewebereaktion unterliegt und diese innerhalb der einzelnen Alterstufen stark schwanken kann.

5.1.2 Verwendete Apparaturen

Der in unserer Umfrage mit Abstand am häufigsten verwendete Apparaturtyp für die Gaumennahterweiterung ist die an vier Bänder gelötete Hyrax-Schraube. Die häufige Anwendung der Bänder-Apparatur könnte am Alter liegen, mit dem der größte Teil der Patienten die kieferorthopädischen Fachpraxen aufsucht. Denn aufgrund der heute geltenden kassenrechtlichen Bestimmungen zur Kostenübernahme stellen sich die Patienten oft erst mit einem späten Wechselgebiss oder permanenten Gebiss zur kieferorthopädischen Erstberatung vor. Aus karies- und hygieneprophylaktischen Gründen kommt in diesem Dentitionsalter meist die Variante der bandgetragenen Apparatur zum Einsatz. Ein weiterer Grund, dass dieser Apparaturtyp so häufig zur Anwendung kommt, könnte darauf beruhen, dass auch die meisten Universitätskliniken in Hessen und angrenzenden Bundesländern die beschriebene gelötete Apparatur anwenden. Obwohl Untersuchungen zeigen, dass eine Schweißung der Schraubenausleger an die Bänder aufgrund der Gefügefestigkeit stabiler und durch die bessere Bioverträglichkeit der Lötung vorzuziehen ist [Kappert 2005], werden in der Praxis mehrheitlich gelötete GNE-Apparaturen eingesetzt. Dies zeigt sich auch in der hessischen Umfrage. Eine Erklärung, warum nur wenige Kieferorthopäden auf die allergologisch und mechanisch günstigere, gelaserte Bänder-Hyrax-Apparatur zurückgreifen, könnte darin liegen, dass die meisten der kieferorthopädischen Geräte im Praxislabor hergestellt werden und die Herstellung dieses Apparaturtyps dort gerätebedingt sehr aufwändig wäre.

Die am zweithäufigsten verwendete okklusal geklebte Gaumennahterweiterungs-Apparatur ist sehr preisgünstig und meist im praxiseigenen Labor herzustellen, da sie aus einer in gewöhnlichen Plattenkunststoff einpolymerisierten Hyrax-Schraube besteht. Ein weiterer Vorteil, der die relativ häufige Verwendung dieses Apparaturtyps erklären kann, könnte darin bestehen, dass der Behandler nur zwei Termine mit dem Patienten benötigt, bevor sie einsatzbereit ist. Für eine an Bänder gelötete oder gelaserte Gaumennahterweiterungs-Apparatur werden dagegen mindestens drei Behandlungstermine bis zum Einsetzen des Gerätes veranschlagt. Laut *Braun et al.* ist eine möglichst rigide Apparatur mit Bändern,

Hyrax-Schraube und einem starren Rahmen mit zusätzlich bukkalen Teilbögen an den Ankerzähnen zu bevorzugen [Braun 2000]. Sie raten deutlich von der Verwendung acrylgetragener Apparaturen wegen der fehlenden Verwindungssteifigkeit ab. Hierbei kann es ihrer Meinung nach zu unkontrollierten Kippungen der Maxilla-Hälften in frontaler und okklusaler Ebene kommen. Wie oben bereits erwähnt, sollte die Anwendung der geklebten Apparatur außerdem einer strengen Indikation unterliegen. Aus kariesprophylaktischen Erwägungen und der Problematik der zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns wechselnden Dentition kommt daher, wie der hessischen und bundesweiten Umfrage zu entnehmen ist, häufiger die bändergetragene Apparatur zum Einsatz [Schuster 2005, Korbmacher 2005].

Die gemäß der hessischen Umfrage selten verwendete gegossene Apparatur verfügt über die höchsten Herstellungskosten aller in der Umfrage angegebenen Apparaturtypen, da die gegossene Apparatur nach dem Modellgussprinzip angefertigt wird. Zudem wird dieser Typ von Gaumennahterweiterungs-Apparatur nur in wenigen Instituten gelehrt und angewendet. Daher sind die Vorteile dieses Apparaturtyps, wie z.B. die verringerte Stuhlzeit oder hohe Verwindungssteifigkeit, weniger bekannt und nur wenige Fachzahnärzte werden die höheren Herstellungskosten gerechtfertigt sehen.

5.1.3 Aktivierungsrhythmus und Retentionsdauer

Der in der hessischen Umfrage am häufigsten genannte Aktivierungsrhythmus von täglich zweimaligem Aktivieren ist auch in der Literatur der am häufigsten empfohlene [Derichsweiler 1954a, Göz 2000, Timms 1981]. So empfiehlt *Timms* diese Vorgehensweise bei bis zu Zwanzigjährigen [Timms 1981]. Dieser Rhythmus wird von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen gut toleriert, denn der sich während der Aktivierung aufbauende Druckschmerz flaut schnell wieder ab und der Patient muss keine längeren Schmerzen ertragen. Zudem ist ein zweimaliges Aktivieren gut in den Tagesablauf der schulpflichtigen Patienten und für die bei der Aktivierung assistierenden, oft berufstätigen Eltern zu integrieren. Dieser Aktivierungsrhythmus war daher auch bei der Behandlung der nachuntersuchten GNE-Patienten der bevorzugte. Den Behandlungsprotokollen zufolge konnte dieses Vorgehen seitens der Patienten meist gut durchgeführt werden. In einem einzigen Fall einer achtjährigen Patientin musste die Aktivierung aufgrund stärkerer Schmerzen auf einmal täglich herabgesetzt werden. Die GNE konnte danach problemlos fortgesetzt werden. Da bei dieser Patientin aufgrund des geringen Alters keine zu rigiden Gewebsstrukturen angenommen werden können, sich die Naht im Folgenden problemlos öffnete und keine überdurchschnittlichen Kippungen gemessen wurden, kann man nur auf eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit dieser Patientin schließen. Die individuell stark

schwankenden Schmerzempfindlichkeiten wurden bereits von *Needleman* beschrieben [Needleman 2000]. *Needleman* fand heraus, dass bei zweimal täglichem Aktivieren die Einnahme von Analgetika eher erforderlich ist als bei einmal täglichem Aktivieren.

Ein einmal tägliches Aktivieren oder Aktivieren im Zwei-Tages-Rhythmus wird in der Literatur als „semi-rapide Gaumennahterweiterung“ bezeichnet [Iseri 2004] und stellt in der hessischen Umfrage mit 23 Anwendern den zweithäufigst verwendeten Aktivierungsrhythmus dar. Die semi-rapide GNE kann eine Alternative für sehr empfindliche Patienten bedeuten. Durch das seltenere Aktivieren verringern sich die Schmerzen, über welche die meisten Patienten während und kurz nach der Aktivierung berichten, da bei diesem Aktivierungsrhythmus die doppelte Zeit für den Abbau der auftretenden Spannungen in den parodontalen, alveolären und skelettalen Strukturen zur Verfügung steht. Erwartungsgemäß ergibt sich auch aus der Umfrage, dass sich bei gleichem Dehnungsumfang durch diesen Aktivierungsrhythmus die Aktivierungsdauer auf das Doppelte verlängert. Dieser Rhythmus wird auf Empfehlung der Literatur auch bei einer nicht-chirurgischen Erwachsenen-Behandlung angewandt [Handelman 2000, Iseri 2004]. Die Kiefererweiterung wird dann mehr durch das Aufbiegen der Alveolarfortsätze und das Kippen der Ankerzähne als durch das Öffnen der Gaumennaht erreicht [Handelman 2000, Timms 1980].

Ein extrem schneller Aktivierungsrhythmus von sechsmal täglich, wie er in der Umfrage nur zweimal angegeben wurde, wird von *Chatellier* [Chatellier 1963 nach Sander 2006] als eine ultra-rapide Gaumennahterweiterung beschrieben und auch von *Wertz* empfohlen [Wertz 1970]. Die Ulmer Poliklinik für Kieferorthopädie zeigt ebenfalls gute Ergebnisse mit der Methode einer täglichen Aktivierung um 1 bis 1,25 mm. Diese Klinik führt derzeit noch weitergehende, multizentrische Untersuchungen durch, um die Vor- und Nachteile dieser Aktivierungsmethode zu ermitteln [Sander 2006]. Diese Methode beruht auf den Erkenntnissen, dass nicht die Größe der Kraft in direktem Zusammenhang mit auftretenden Wurzelresorptionen steht, sondern diese Wurzelresorptionen eher mit der Belastungsdauer einhergehen [Reitan 1964, Faltin 1998]. Bei diesem Aktivierungsrhythmus bestehen Bedenken hinsichtlich der praktischen Umsetzung und Integration in den Alltag der Patienten und deren „Aktivierungsassistenten“. Von Vorteil könnte jedoch die sehr kurze Aktivierungsdauer sein, denn in der Praxis zeigt sich häufiger, dass die Aktivierungen bei der Gaumennahterweiterung gegen Ende des Aktivierungszeitraums eher vergessen werden als zu Beginn der Therapie. Diese Vorgehensweise ist jedoch aufgrund der klinischen Erfahrungen nur bei relativ schmerzunempfindlichen Patienten durchführbar.

Timms empfiehlt aufgrund all dieser Überlegungen unterschiedliche Aktivierungsrhythmen für die jeweiligen Altersgruppen. Bei bis zu 15-Jährigen könnte zweimal täglich eine viertel

Umdrehung aktiviert werden, bei bis zu 20-Jährigen lediglich zweimal täglich eine achte Umdrehung. Über 20-Jährige seien am schmerzfreiesten mit einem alternierend abnehmenden Rhythmus zu behandeln. Ab dem 25. Lebensjahr empfiehlt er eine chirurgische Unterstützung der Gaumennahtöffnung [Timms 1981]. Alternativ könnten die Behandler entsprechend der individuellen Schmerzwahrnehmung den Aktivierungsrhythmus dem individuellen Bedürfnis der Patienten anpassen. Wie aus den Behandlungsprotokollen der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main ersichtlich, wird dies bei Bedarf bereits so praktiziert.

Die in der Literatur meist empfohlene Retentionsdauer von drei bis vier Monaten wird auch von knapp zwei Dritteln der Antwortenden der hessischen Umfrage eingehalten.

Durch das Auffüllen des Distractionsspaltes der Gaumennaht während dieser Zeit mit neuem Knochenmaterial soll das eintretende Rezidiv minimiert werden. Röntgenologisch ist drei Monate nach der Gaumennahterweiterung kein Spalt mehr zu erkennen. *Timms* erachtet die Retentionsdauer von drei Monaten mithilfe der Erweiterungsapparatur ebenfalls als zwingend notwendig. Danach empfiehlt er, die Retention mit anderen Geräten fortzuführen, da er in eigenen Untersuchungen belegen konnte, dass merkliche Rezidive der Oberkieferdehnung bis zu drei Jahre lang zu erwarten sind [Timms 1981]. Histologisch wurden von anderen Autoren [Ekström 1977] erst nach sechs Monaten normale Verhältnisse der Gewebe in der Gaumensutur gefunden. Eine beachtliche Anzahl von 21 Kieferorthopäden zieht in der vorliegenden Umfrage möglicherweise daher eine noch längere Retentionszeit von mehr als einem halben Jahr vor.

Auch eigene Erfahrungen zeigen, dass eine Retention eher länger als kürzer durchgeführt werden sollte. Bei Patienten, die bis zu einem Jahr retiniert wurden, war nach langsamem Absetzen der Retentionsapparatur zwar eine anhaltende Verschmälerung des Oberkiefers festzustellen, ein Rezidiv des vormals bestehenden Kreuzbisses wurde allerdings bisher nicht beobachtet. Eine lange Retention kann zudem leicht in den geplanten Behandlungsablauf integriert werden, denn Patienten, die eine Gaumennahterweiterung im permanenten Gebiss erhalten, werden meistens mit weiterführenden Behandlungstechniken (z.B. Multi-Bracket-Apparaturen) behandelt. Hierbei können Hilfsmittel wie ein Transpalatinalbogen, eine Quadhelix oder ein auf Expansion eingestellter höher dimensionierter Stahl-Vollbogen eine Retention der transversalen Dehnung fortführen. Aus den verschiedenen complianceabhängigen und complianceunabhängigen Retentions-Apparaturen ergeben sich naturgemäß auch unterschiedliche Retentionszeiten. Hierdurch schwanken die Retentionszeiten der nachuntersuchten Patienten zwischen drei Monaten und mehreren Jahren. Zu einem Rezidiv des Kreuzbisses kam es in keinem Fall. Dies läßt Grund zu der

Annahme, dass der verbreiterte Oberkiefer nicht an der Gaumennaht wieder schmaler wird, sondern lediglich der Anteil der lateralen Zahnkipptungen rezidiert.

5.1.4 Technische Komplikationen

Die Tatsache, dass die Verwendung der gelöteten Hyrax-Apparatur in Hessen unter den Gaumennahterweiterungs-Anwendern bei 65% liegt, ermöglicht eine gute Übersicht über die technischen Komplikationen mit diesem Apparatur-Typ. Zudem wurden von allen durchgeführten Gaumennahterweiterungen 65% mit einer gelöteten Apparatur erreicht. Bei einzelnen Fragen erhalten wir daher gut verwertbare Ergebnisse für diesen Apparatur-Typ. Dass Lockerungen der Gaumennahterweiterungs-Apparaturen häufiger zu beobachten sind, stellt an sich keine ernste Komplikation dar, sofern sich der Patient zeitnah zur Wiedereingliederung vorstellt. Aufgrund einer unterschiedlichen Einschubrichtung der Zahnachsen und nicht immer exakt anzupassender vier Bänder im Apparaturverbund und einen dadurch bedingten größeren Zementspalt kommt es zum schnelleren Lösen der Bänder-Hyrax-Apparatur als bei einzeln angepassten und zementierten Bändern. Allein *Timms* und *Sandikcioglu et al* beschreiben das mögliche Lösen der Gaumennahterweiterungs-Apparatur [Timms 1981, Sandikcioglu 1997]. Es erscheint möglich, dass die neueren Kunststoff-Verbundklebstoffe hier zu einer verbesserten Haftkraft beitragen könnten.

Bei dem Versuch, einen Zusammenhang zwischen der Verwendung einer bestimmten Gaumennahterweiterungs-Apparatur und den aufgetretenen Komplikationen aufzuzeigen, stößt der erhaltene Datenpool aufgrund von Mehrfachnennungen der verwendeten Apparaturen an seine Grenzen. Stellt man die angegebenen technischen Komplikationen dennoch in Relation zur Anwendungshäufigkeit der verschiedenen Apparaturtypen, so lassen sich leichte Häufungen einzelner Komplikationen bei bestimmten Apparatetypen erkennen. Eine klare Korrelation ist aufgrund der geringen Anzahl von Antworten zu bestimmten Apparaturen jedoch nicht erkennbar.

Die Lockerung der verwendeten Apparatur wurde bei den okklusal geklebten und gegossenen Apparaturen doppelt so häufig wie bei der gelöteten Hyrax-Apparatur genannt. Die Möglichkeit der Lockerung einer gegossenen Gaumennahterweiterungs-Apparatur wurde von zwei Dritteln, bei der geklebten Apparatur von allen diesen Apparaturtyp verwendenden Kieferorthopäden angegeben. Das im Verhältnis zu den bändergetragenen Apparaturen schlechtere Ergebnis der geklebten und gegossenen Apparatur könnte in der geringeren Retentionsfläche zu suchen sein, da dieser Apparaturtyp nicht in die Interdentalräume reicht. Ein weiterer Grund für das Lösen dieser Apparaturen kann der verwendete Haftvermittler

(z.B. Zement oder Polymethacrylat) und dessen Verarbeitung sein. Verschiedene Verbundstoffe reagieren empfindlich auf ein feuchtes Milieu. In der Kieferorthopädie kann in den seltensten Fällen auch nur eine relative Mundtrockenheit hergestellt werden, weshalb häufig feuchtigkeitstolerante Glasionomer-Zemente verwendet werden. Da bei der gegossenen Apparatur die einzige Retention über die Verklebung mit dem Glasionomer-Zement erfolgt und die Belastungen dieser zudem sehr schweren Apparatur enorm sind, ist das häufige Lösen dieser Apparaturen von den Ankerzähnen nicht überraschend. Für die Befestigung okklusal geklebter Gaumennahterweiterungs-Apparaturen sind diese Zemente ungeeignet. Kunststoffkleber müssen hingegen sehr maßvoll eingesetzt werden, da sonst das Lösen der Apparatur extrem erschwert und dem Patienten starke Druckschmerzen zugefügt werden können. Ein zu sparsames Verkleben hingegen führt erfahrungsgemäß gehäuft zum ungewollten Lösen der Apparatur.

Laut unserer Umfrage ging die gelötete Bänder-Hyrax-Apparatur am häufigsten zu Bruch. Die gelaserten und die gegossenen Apparaturen scheinen danach die stabilsten Apparaturtypen zu sein. Der diesbezügliche Unterschied einer gegossenen zu einer gelöteten Apparatur ist durch eine größere Steifigkeit der gegossenen Apparatur erklärbar. Durch geringere Verwindungskräfte innerhalb der Apparatur tritt bei den Lötstellen dieser Apparatur eine geringere Bruchneigung auf. Die geringere Bruchneigung der gelaserten Apparatur und die größere Bioverträglichkeit ist durch das Vermeiden unterschiedlicher (und für die Lötung niedrig schmelzender) Metalle bedingt [Kappert 2005]. Die innige Verbindung einer Metalllegierung führt zu sehr stabilen Verbundstellen. Über Brüche von Gaumennahterweiterungs-Apparaturen berichten nur wenige Autoren [Timms 1981, Sandikcioglu 1997]. *Timms* zeigte das Brechen einer Apparatur im Bereich der Schraube. Dies könnte jedoch an dem damals verwendeten Schraubentyp liegen, der im Vergleich zum heutigen relativ grazil gestaltet war. Defekte oder gebrochene Schrauben haben nicht unbedingt etwas mit dem spezifischen Apparaturtyp zu tun. Schwachstellen der Schrauben können werkstoff-, herstellungs-, statik- oder designbedingt sein. Die beschriebene Komplikation führt meist zum Austausch der Apparatur

Die Stellschwierigkeiten, die einer der Behandler angab, können aus eigener Erfahrung häufiger als in der Umfrage angegeben auftreten. Sie können jedoch durch nochmaliges Demonstrieren und Üben mit den die Aktivierung durchführenden Begleitpersonen schnell beseitigt werden. Ein spezieller Stellschlüssel mit langem Handgriff sowie eine flache, stabile Patientenlagerung erleichtert hier die Durchführung der Aktivierung.

Eine bändergetragene GNE-Apparatur erzeugt nach *Alpern und Asanza* mehr Bissöffnung als eine okklusal geklebte Apparatur. Die Autoren führen dies auf die körperlichere Führung der Ankerzähne und einen gewissen intrusiven Charakter der geklebten Apparatur zurück

[Alpern 1987, Asanza 1997]. Diese in früher Literatur oft diskutierte Nebenwirkung wurde von keinem der befragten Kieferorthopäden als unerwünschte Nebenwirkung genannt.

Insgesamt zeigt sich, dass technische Komplikationen von der verwendeten Apparatur abhängig sein können. Zur genaueren Klärung der Umstände und möglichen Relevanz sind detailliertere Untersuchungen mit einer größeren Datenbasis hinsichtlich der einzelnen Komplikationen und Apparaturen notwendig.

Nebenwirkungen

Neben den technischen Komplikationen können auch unerwünschte Nebenwirkungen vom verwendeten Apparatetyp anhängig sein. Daher gibt es einige Arbeitsgruppen, die sich mit dem Vergleich der klinischen Ergebnisse verschiedener Apparatertypen befassen. Von der Gruppe *Asanza et al* [Asanza 1997] wurden sowohl bei der bändergetragenen GNE-Apparatur, als auch bei der geklebten Apparatur Kippungen in gleichem Maße festgestellt. Eine andere Arbeitsgruppe beobachtete seltener Wurzelresorptionen beim okklusal geklebten Apparatertyp. Sie erklärten dies durch geringere okklusale Traumata, da die schienenartigen Aufbisse eine einfachere Überstellung des Kreuzbisses ermöglichen und so traumatisch okklusale Interferenzen ausgeschlossen werden. Hierdurch beobachteten sie auch bei lateralen Zwangsbissen eine Spontankorrektur noch während der Retentionszeit [Alpern 1987].

Intraorale und extraorale Nebenwirkungen scheinen sowohl von dem verwendeten Apparatetyp, als auch von der Indikationsstellung, der Patientenauswahl, dem Aktivierungsrhythmus und den daraus entstehenden Kräften, der skelettalen Rigidität sowie von anatomischen Voraussetzungen der behandelten Patienten abhängig zu sein.

5.1.5 Extraorale Nebenwirkungen

Von sieben Praxen wurden extraorale Nebenwirkungen während der Gaumennahterweiterung beobachtet. Die Praxen, die uns weiteren Einblick in die aufgetretenen Befunde ermöglichten, gaben betroffene Patienten im Alter von 8, 9 und 10 Jahren an. Die in der Literatur beschriebene Wirkungsweise der GNE bei Patienten dieses Alters kann eine Erklärung für die aufgetretenen extraoralen Nebenwirkungen geben. Die einwirkenden Kräfte der Gaumennahterweiterung, die in Zusammenhang mit der Rigidität der belasteten skelettalen Strukturen und dem Aktivierungsprofil stehen, haben nicht nur Einfluss auf die dentalen und alveolären Strukturen, sondern können auch extraorale Nebenwirkungen verursachen. Durch den im Literaturteil aufgezeigten Wirkungsmechanismus der Gaumennahterweiterung [Bishara 1987] erscheint die

Nebenwirkung einer Nasenveränderung, sei es eine kleine Höckerausbildung, eine Nasenverbreiterung oder ein Hämatom an der Nasenwurzel möglich. Durch die skelettale Wirkung der Gaumennahterweiterung im Sinne der Spreizung der *Prozessi palatini* des Os maxillare an der *Sutura palatina mediana* und der *Sutura intermaxillaris* werden angrenzende Strukturen beeinflusst. Der von verschiedenen Autoren beschriebene Drehpunkt aller beteiligten Schädelknochen bei der Gaumennahterweiterung liegt je nach skelettaler Entwicklung an der *Sutura frontomaxillaris*, d.h. genau der Stelle, an der die beschriebenen Nasenveränderungen beobachtet wurden [Wertz 1970, Braun 2000]. Nasenveränderungen können durch die Bewegung der knöchernen Strukturen und den zwischen ihnen auftretenden Spannungen während der Gaumennahterweiterung bedingt werden [Wertz 1970]. An der Nase kann dies im Falle einer Gefäßruptur oder anderen Gewebekompressionen zu vorübergehenden Deformationen durch Exudatsinfiltrationen führen. Eine knöcherne Veränderung kann wegen der beschriebenen raschen Rückbildung während der Retentionszeit ausgeschlossen werden. Die von *Wertz* beobachteten Bewegungen und Spannungen an verschiedenen Suturen werden je nach Ort des Geschehens auch sichtbare oder unsichtbare Hämatome oder Schwellungen verursachen. Entsprechend ist davon auszugehen, dass jeder Patient, der eine Gaumennahterweiterung erhält, zeitweise sichtbare oder unsichtbare Hämatome aufweist.

Die extraoralen Nebenwirkungen sind aber wahrscheinlich besonders abhängig von den individuellen anatomischen Besonderheiten, wie zum Beispiel dem Verlauf von Gefäßen in stark beanspruchten Arealen. Diese Beanspruchung kann entsprechend bei einzelnen Patienten zu Gefäßrupturen führen. So fand schon *Ziebe* [Ziebe 1930] Gefäßzerreißen im Tierversuch einer Gaumennahterweiterung. Eine Kraftereinwirkung an der mit wenig Bindegewebe und dünner Haut bedeckten Nasenwurzel lässt Traumata des Bindegewebes oder der Gefäße äußerlich leicht erkennbar werden. Bereits in den Fünfziger Jahren wurde der Einfluss der damals noch Gaumennahtsprengung genannten Behandlungsmethode auf die knöcherne Nase beschrieben [Derichsweiler 1954a, Stockfisch 1956].

Im Rahmen der Befragung der hessischen Kollegen gab es auch Rückmeldungen der Kieferorthopäden, welche die Nasenveränderungen zu Beginn der Umfrage bei ihren Patientinnen beobachtet hatten. Sie berichteten, dass die Nebenwirkungen an der Nase durch die Gaumennahterweiterung im Laufe der Retentionszeit bei beiden Patientinnen ad integrum ausgeheilt seien. Durch Regenerationsvorgänge und Reparaturprozesse ist der menschliche Körper offensichtlich in der Lage, kleine Traumata in kurzer Zeit auszuheilen, so dass bisher kein Behandlungsfall bekannt ist, bei dem Nasenveränderungen über längere Zeit persistierten. Zudem hält das Nasenwachstum so lange an, dass die von zwei Autoren in einer Langzeitstudie gemessenen Nasenverbreiterungen von zwei Millimetern [Berger 1999] als nicht konstant angesehen werden können. Bei derartigen Nachuntersuchungen

kann kaum eruiert werden, wie das Wachstum ohne Behandlung verlaufen wäre, da alle Patienten unterschiedliche genetische Voraussetzungen mitbringen und daher nur grobe Vergleiche möglich sind.

Im Zusammenhang mit der Umfrage berichtete ein Hochschullehrer auch über das Auftreten eines Brillenhämatoms während der konventionellen Gaumennahterweiterung [Dibbets mündlich 2001]. Sicherlich stellt dies eine extreme Variante dar, dennoch zeigt es die mögliche Wirkung der Behandlung und die Notwendigkeit einer sorgfältigen Indikationsstellung für die Gaumennahterweiterung. Ein anderes extraorales Phänomen wurde von *Bishara* [Bishara 1987] beschrieben. Er beobachtete bei seinen Patienten ischämische Bereiche im Gesicht, besonders an Stellen mit Spannungsschmerzen während der Gaumennahterweiterung. Dies betraf auch die Nasenwurzel. Schon nach den Untersuchungen von *Zieglmayer* [Zieglmayer 1956] wurden die Spannungsverhältnisse und möglichen Auswirkungen auf den gesamten Schädelbereich deutlich. Aber auch *Holberg* [Holberg 2005] bestätigt diese Ergebnisse anhand einer Finite-Elemente-Modell-Studie und warnt vor Komplikationen an der Schädelbasis.

Die Arbeitsgruppe von Korbmacher erhielt von 1,1% der Kollegen die Angaben von beobachtetem Nasenbluten während der Gaumennahterweiterung [Korbmacher 2005]. Diese Nebenwirkung wurde in der hessischen Umfrage nur einmal unter „Sonstige Komplikationen“ angegeben. Sie ist vermutlich auf die gleichen Ursachen wie die bereits diskutierten Hämatome zurückzuführen und bedarf besonderer Beachtung bei der Planung einer Gaumennahterweiterung bei einem Patienten mit erblicher oder medikamentös induzierter Blutgerinnungsstörung.

In jedem Fall sollten diese zwar reversiblen, aber selbst für den Laien recht auffälligen Nebenwirkungen in die Aufklärung der Patienten und deren Begleitpersonen aufgenommen werden. Dieses sollte nur umschreibend geschehen, um den Patienten nicht unnötig zu verunsichern. Für den kieferorthopädischen Facharzt ist es allerdings unumgänglich, sich über den Wirkungsmechanismus der Gaumennahterweiterung und deren möglichen Nebenwirkungen zu informieren, um bei Auftreten derartiger extraoraler Nebenwirkungen geeignete Gegenmaßnahmen ergreifen oder bei reversiblen Komplikationen aufklären zu können. Seit der vorliegenden Umfrage konnten weitere Patienten mit leichten Hämatomen oder Höckerbildung an der Nasenwurzel beobachtet werden. Mit dem durch die Umfrage gewonnenen Wissen wurden die Patienteneltern informiert und die vollständige Rückbildung der äußerlichen Veränderung durch Fotos dokumentiert.

5.1.6 Intraorale Nebenwirkungen

Im Abschnitt „Nebenwirkungen und Komplikationen“ des Fragebogens gaben drei Kieferorthopäden Zahnkippen, Wurzelresorptionen oder Fenestrations als beobachtete Nebenwirkungen an, beantworteten jedoch die Eingangsfrage zu den beobachteten Komplikationen nicht. Es kann möglich sein, dass diese drei Behandler ihr Kreuz bei der ersten Frage zu generell beobachteten Komplikationen irrtümlich vergaßen oder dass sie die angegebenen Beobachtungen lediglich nicht im zurückliegenden Jahr, sondern schon früher gemacht hatten. Hierfür spricht der Umstand, dass ein anderer Kieferorthopäde die Anwendung der Gaumennahterweiterungs-Methode zwar verneinte, aber dennoch Angaben über beobachtete Komplikationen machte.

Schmerzen

Schmerzen sind mit 40% die am häufigsten genannte Nebenwirkung. Ob die angegebenen Schmerzen hierbei besonders starke Schmerzen darstellten, die besondere Maßnahmen, z.B. Änderungen des Aktivierungsrhythmus forderten, bleibt hier unbeantwortet. Schmerzen während der Gaumennahterweiterung sind laut Literatur jedoch eine zu erwartende Nebenwirkung. In einer Umfrage zu empfundenen Schmerzen während der Gaumennahterweiterung wurden diese von 98% der jungen Patienten bejaht. Hierbei wurde die Phase der ersten zehn Aktivierungen als die schmerzintensivste empfunden. Die Kinder, die einen Aktivierungsrhythmus von zweimal täglich einhalten sollten, hatten in der Phase der ersten zehn Umdrehungen eher schmerzstillende Medikamente eingenommen als diejenigen mit einem Aktivierungsrhythmus von nur einmal täglich [Needleman 2000].

Zwei Anwender gaben Schmerzen während der Gaumennahterweiterung an, ohne ein Kreuz bei der Frage der allgemeinen Beobachtung von Komplikationen vergeben zu haben. Es ist davon auszugehen, dass diese Behandler Schmerzen nicht als Komplikation empfanden, da Schmerzen bei dieser Behandlungsmethode ein in den ersten Tagen häufig beobachtetes Phänomen darstellen. Diese Interpretation wird auch dadurch bestätigt, dass ein Anwender die von Patienten berichteten Schmerzen unter der Rubrik „Sonstiges“ eintrug.

Klagt der Patient jedoch über besonders lang anhaltende Schmerzen, sollte der Behandler an die Möglichkeit einer sich nicht öffnenden Naht denken und Therapiealternativen abwägen. Laut Literaturempfehlungen sollte die Gaumennahterweiterung nicht länger als eine Woche bei anhaltenden Schmerzen nach der Aktivierung durchgeführt werden [Timms 1981, Ziebe 1930].

In der Literatur wird außerdem ein alters-, geschlechts-, sozial- und kraftabhängiges Empfinden von Schmerzen diskutiert, ohne zu einem einheitlichen Ergebnis zu kommen. *Bergius et al.* stellten in ihrer Literaturstudie über Schmerzen während der kieferorthopädischen Behandlung fest, dass trotz häufig berichteter Schmerzen (91%) während der Behandlung selten (13-16%) auf lindernde Analgetika zurückgegriffen wird [Bergius 2000]. Sie erklärten dies durch die hohe Motivation der betroffenen Patienten, die zudem meist eine Ankündigung der zu erwartenden Schmerzen erhalten und somit eine höhere Schmerzakzeptanz entwickeln.

Nicht geöffnete Naht

Die am zweithäufigsten genannte Komplikation der sich nicht öffnenden Gaumennaht (19%) und dem dadurch erkennbaren Versagen der Behandlung wurde lange mit dem altersabhängigen Verknöchern der Gaumennaht in Verbindung gebracht. Das Alter steht heute laut Literatur aber nicht in Zusammenhang mit der Interdigitation der Fissura palatina, sondern es sind vielmehr andere skelettale Parameter, wie beispielsweise die allgemeine Rigidität der beteiligten Schädelanteile für das Scheitern der GNE ursächlich [Wehrbein 2001a, Knaup 2004]. Zudem ist in verschiedenen Altersabschnitten die skelettale Situation von Patient zu Patient unterschiedlich. Die am zweithäufigsten genannte intraorale Komplikation der sich nicht öffnenden Naht kann auch anhand unserer Umfrageergebnisse nicht auf das Alter der betroffenen Patienten zurückgeführt werden. Die Röntgenaufnahme eines noch sichtbaren Spaltes der Gaumennaht wird daher keine verlässliche Auskunft über die Durchführbarkeit der Gaumennahterweiterung geben können. Ein Zeichen für eine sich nicht öffnende Naht können anhaltende Schmerzen nach der Aktivierung der Schraube darstellen [Timms 1981]. Der Patient sollte daher über dieses Phänomen aufgeklärt werden. Während engmaschiger Kontrollen in der Aktivierungszeit sollte der Behandler Berichte über derartige Beschwerden ernst nehmen und gegebenenfalls die Therapie umstellen.

Rezidive

Allgemein wird dem erreichten Ergebnis der Gaumennahterweiterung eine gute Stabilität nachgesagt. Auch in unserer Umfrage gaben nur drei Anwender eine ausgeprägte Rezidivneigung dieser Behandlungsmethode an, obwohl die vorliegende Umfrage keine vorgegebene Antwortmöglichkeit bezüglich dieses Phänomens enthielt. Nachdem in der deutschlandweiten Umfrage explizit nach einer hohen Rezidivträchtigkeit gefragt wurde, gab ein Drittel der Antwortenden diese an [Korbmacher 2005]. Einige Autoren berichten über Rezidive von einem Drittel bis zur Hälfte des Ausmaßes der Oberkieferdehnung [Krebs 1964, Timms 1981]. Daher hat sich die Praktik durchgesetzt, den Oberkiefer weiter als tatsächlich notwendig zu dehnen. Die Begründung hierfür wird mit der vorsorglichen Überkompensation

für ein zu erwartendes Rezidiv gegeben. Dies wird auch von Mew angeraten, der eine Überkompensation von mindestens 2-4 mm bei der semi-rapiden Oberkieferdehnung empfiehlt [Mew 1983]. In der Literatur wird daher im Allgemeinen dazu geraten, die Erweiterung des Oberkiefers bei der GNE bis zum Kontakt der palatinalen Höcker der oberen Sechsjahr-Molaren mit den bukkalen Höckern der unteren Sechsjahr-Molaren vorzunehmen [Bishara 1987, Handelman 2000, Timms 1981, Velazquez 1996, Wertz 1970]. Hierdurch wird dem Rezidiv der Zahnkippen und der aufgebogenen Alveolarfortsätze Rechnung getragen, damit eine regelrechte Okklusion in der Transversalen erreicht werden kann [Bishara 1987, Handelman 2000, Timms 1981, Wertz 1970].

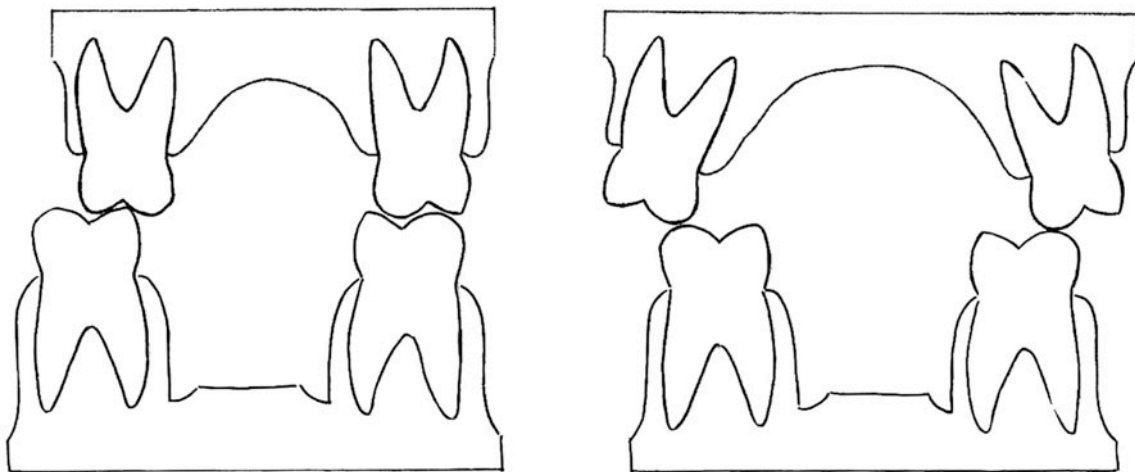


Abb. 53: Empfohlene Überkompensation der Dehnung bei der Gaumennahterweiterung

Eine Reihe von Autoren beschreiben daher eine gute Stabilität nach 9-12 mm Erweiterung der Oberkieferseitenzähne [Berger 1998, Fotovatjah 1998, Haas 1980, Ladner 1995, Timms 1981, Vanarsdall 1999]. Die sowohl in der hessischen als auch in der deutschlandweiten Umfrage angegebenen Rezidive könnten möglicherweise durch ein Unterlassen der angeratenen Überkompensation erklärt werden. Da in der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main diese Überkompensation der Transversalen seit Jahren realisiert wird, konnte bei den nachuntersuchten Patienten kein Rückfall des lateralen Kreuzbisses festgestellt werden. Die Größe des gemessenen Rezidivs innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes lag durchschnittlich zwischen -1,6 mm und -2,9 mm. Dies entspricht in etwa der empfohlenen Überdehnung des Oberkiefers. Eine Korrelation der verursachten Kippungen und der Größe des erfolgten Rezidivs konnte in der vorliegenden Nachuntersuchung nicht festgestellt werden. Dies liegt am begrenzten Datenpool, der noch dadurch verkleinert wurde, dass einige der nachuntersuchten Patienten auch nach der GNE eine weitere Kieferdehnung erfuhren und daher die Datenauswahl in diesem Punkt nicht vergleichbar war.

Die beobachteten Rezidive der Gaumennahterweiterungen im Laufe der weiterführenden Behandlung, die in der Literatur ähnlich beschrieben werden und zu den unterschiedlichsten Maßnahmen seitens der Behandlungsdurchführung oder des Behandlungsziels führen, könnten neben der oft erwähnten Aufrichtung der zuvor gekippten Ankerzähne und der mangelnden Überkompensation auch myofunktionelle Ursache haben: Die Autoren *Halazonetis et al* [Halazonetis 1994] untersuchten den Wangendruck auf die oberen ersten Molaren vor, während und nach der aktiven Phase der Gaumennahterweiterung sowie während der Retentionszeit und fanden einen mehr als doppelt so starken Wangendruck während und nach der aktiven Gaumennahterweiterung, der auch in der Retentionszeit nicht nachließ. Pro Millimeter Expansion steigerte sich der Druck nach ihren Messungen um $0,6\text{g}/\text{cm}^2$. *Fotovatja et al* beschrieben in ihrer Studie demnach zwar deutliche Rezidive der erreichten Oberkieferweite, nicht jedoch des lateralen Kreuzbisses [Fotovatja 1998].

Druckstellen, Nekrosen

Druckstellen, wie zum Beispiel an der Gaumenschleimhaut oder dem Zungenrücken, können auch eine Quelle von Schmerzen während der Gaumennahterweiterung sein. Sie sind ausschließlich gerätebedingt und heilen bei Entfernung der Apparatur oder Abdecken von scharfen Kanten oder Schrauben ad integrum aus. Da ein Zehntel der Kieferorthopäden über diese Komplikation berichtete, sollte eine sorgfältige Planung des Gerätedesigns erfolgen, um eine durch Druckstellen bedingte Entfernung der Apparatur und somit eine Behandlungsverzögerung zu vermeiden. In keinem Fall verursachte diese intraorale Komplikation einen bleibenden Schaden am beteiligten Gewebe. Eine möglicherweise verschlechterte Compliance des Patienten durch die schmerzhaft Erfahrung könnte allerdings für ein erneutes Einsetzen einer anderen Apparatur hinderlich sein.

In mehreren Arbeiten wird über Nekrosen durch Dekubiti während der Gaumennahterweiterung mittels Apparaturen nach Haas, die den gesamten Gaumen mit Acryl bedecken, oder Ulzerationen anderer GNE-Apparaturen berichtet [Stockfisch 1956, Alpern 1987, Lehman 1984]. In solchen Fällen sollte die Behandlung sofort unter- oder abgebrochen werden, um eine Ausbreitung der Nekrose zu vermeiden. Heute wird aufgrund dieser möglichen Nebenwirkung bei diesem Gerätetyp meist auf die Ausdehnung der Apparatur auf die Gaumenanteile verzichtet. Von einem Kollegen, der sich an der vorliegenden Umfrage beteiligte, wurde je ein Foto der Dekubiti an Zunge und Gaumen zur Verfügung gestellt. Der Zungendekubitus stellt sich als reizlose Impression der Apparaturumrisse auf dem Zungenrücken dar. Die gezeigten Gaumendekubiti sind durch weit geöffnete Schrauben an den lateralen Gaumenanteilen entstanden. Wird die Schraube der Gaumennahterweiterungs-Apparatur, wie auf den Fotos ersichtlich, hoch in den Gaumen

gelegt, kann sie sich während der Öffnung mit ihren lateralen Anteilen in den Gaumen einlagern und Dekubiti verursachen. Ein Gerätedesign mit auf Kauflächenniveau eingebauter Schraube kann zwar vorübergehende Einschränkungen des Sprach- und Hygienekomforts für den Patienten zur Folge haben, verhindert aber erfolgreich die beschriebenen Gaumen-Dekubiti.

Schleimhautinfektionen und Gingivitiden, die in unserer Umfrage nur von zwei Anwendern dokumentiert, aber nicht als Nebenwirkung angesehen wurden, sind vermutlich auf die verminderte Reinigungsmöglichkeit der Geräte zurückzuführen. So ist eine ausschließlich bandgetragene Apparatur aus Metall nicht nur wegen der geringeren Ausdehnung, sondern auch wegen der Materialbeschaffenheit besser zu reinigen. Eine okklusal geklebte Apparatur weist schon durch die porösere Materialbeschaffenheit des Polymethacrylates und eine größere Ausdehnung der Apparatur wegen der geforderten erhöhten Steifigkeit eine schlechtere Reinigungsmöglichkeit auf. Durch das Design der Apparatur ist es dem Patienten fast unmöglich, die Gaumenseite der Apparatur und die angrenzenden Zähne und Schleimhautanteile zu reinigen. Hierdurch kommt es ohne entsprechende generelle orale Keimreduzierung zu den beschriebenen Schleimhautreizungen. Diese auch in unserem Krankengut beobachteten epithelialen Veränderungen heilten bisher alle ad integrum aus.

Dennoch wird diese intraorale Nebenwirkung von *Timms* ausführlich diskutiert [Timms 1981]. Er sieht in einer eingeschränkten Hygienefähigkeit zwar zunächst keinen Nachteil, lässt aber dennoch die häusliche Mundpflege durch antibakterielle Spülungen unterstützen, da er bereits in drei Fällen eine akut nekrotisierend ulzerierende Gingivitis (ANUG) und in je einem Fall eine folliculäre Tonsillitis bzw. eine Candida-Infektion diagnostizierte. In seinem Patientengut machen diese Infektionen nur einen Anteil von 0,5% aus, da aber eine ANUG zu bleibendem Gewebsschaden führen kann, sollte seiner Meinung nach ein besonderes Augenmerk auf diesbezügliche Auffälligkeiten gelegt werden, um frühzeitig intervenieren zu können. Eine präventiv verordnete chlorhexidinhaltige tägliche Spülung zur Reduzierung der oralen Keimzahl ist daher anzuraten.

Parodontale Gewebsschädigungen

Neben den beschriebenen Infektionen durch eine eingeschränkte Hygienefähigkeit könnten auch einwirkende Kräfte das Parodont in Mitleidenschaft ziehen. Die Vermutung, dass eine laterale Belastung der Ankerzähne und deren dadurch veränderte Position, wie zum Beispiel eine Bukkalkippung, zu Veränderungen der parodontalen Verhältnisse führt, liegt nahe. Nach einer Studie, welche die parodontalen Verhältnisse nach geklebter GNE und nach Oberkieferdehnung mit Quadhelix-Apparatur untersuchte, konnten jedoch meist keine

signifikanten Unterschiede zur unbehandelten Kontrollgruppe festgestellt werden. Dennoch gab es einzelne Patienten mit massiv verschlechterten PA-Befunden. Diese traten ausschließlich bei mit der Gaumennahterweiterung behandelten Patienten auf [Greenbaum 1982]. Ebenso konnten *Bassarelli et al* keine klinische Kronenverlängerung bei transversal gedehnten Erwachsenen im Vergleich mit einer nicht gedehnten, aber auch kieferorthopädisch behandelten Kontrollgruppe feststellen. Selbst bei Extraktionsgrenzfällen, die durch extreme Kieferdehnung behandelt wurden, wiesen die Autoren keine nachteilig veränderten parodontalen Werte nach [Bassarelli 2001, Bassarelli 2005]. *Handelman et al.* wiesen in ihrer Untersuchung bukkale Rezessionen an Ankerzähnen nach, die bei den weiblichen Patienten im Durchschnitt bei 0,6 mm und bei den männlichen Patienten bei 0,3 mm lagen. Die Autoren stufen diese Nebenwirkungen jedoch als so gering ein, dass diese bei einer sehr guten Stabilität des Behandlungsergebnisses toleriert wurden [Handelman 2000]. Andere Autoren beobachteten Rezessionen und Zahnlockerungen erst Jahre nach erfolgter GNE [Vanarsdall 1999]. Daher kommen *Diedrich et al* zu dem Schluss, dass bei jeder Verwendung von orthodontischen Bändern große Sorgfalt bei der Applikation und der Hygiene betrieben werden muss, um dauerhafte parodontale Schädigungen zu vermeiden. In früheren Untersuchungen wurden nach Multiband-Behandlungen Attachmentverluste an Sechsjahr-Molaren nachgewiesen [Diedrich 2001]. Demnach sollte hierauf besonders bei bändergetragenen GNE-Apparaturen Rücksicht genommen werden. In der vorliegenden Umfrage wurde von keinem Behandler eine Nebenwirkung auf die parodontalen Strukturen angegeben.

Karies

Zur Vermeidung des Auftretens von Karies infolge einer okklusal geklebten Gaumennahterweiterungs-Apparatur sollte auf absolute Kariesfreiheit und möglichst auch Füllungsfreiheit der zu beklebenden Zähne sowie auf eine ausgezeichnete Mundhygiene des Patienten geachtet werden. Unterstützend kann die tägliche Spülung mit Bakterien mindernden Chlorhexidin-Präparaten hilfreich sein [Timms 1981]. Bei einer kürzest möglichen Tragezeit der Apparatur und einer dichten Verklebung wird das Risiko für das Entstehen von Karies weiter vermindert. Obwohl die okklusal geklebte Apparatur von allen Anwendern am zweithäufigsten eingesetzt wird, wurde von keinem Anwender in unserer Umfrage die Nebenwirkung der Karies angegeben. Man kann daraus schließen, dass die diesen Apparaturtyp anwendenden Kieferorthopäden eine sehr konsequente Patientenauswahl treffen und engmaschige Kontrollintervalle durchführen, so dass beim möglichen Lösen der Apparatur entsprechend interveniert werden kann. Konsequenterweise wurde in der Poliklinik in Frankfurt nach dem einmaligen Kariesbefall aller Ankerzähne eines

Patienten unter einer geklebten Apparatur die ausschließliche Verwendung von bandgetragenen Apparaturen veranlasst.

Resorptionen

Aufgrund der bereits frühen Beobachtung von Wurzelresorptionen durch die Gaumennahterweiterung zu Beginn des letzten Jahrhunderts [Oppenheim, 1912] gibt es viele Autoren, die sich mit den Ursachen dieser Nebenwirkung befassen. *Vardimon et al* untersuchten in einer tierexperimentellen Studie die Ursachen und Reparaturvorgänge von Wurzelresorptionen nach GNE. Diese Studie zeigt, dass die maßgeblichen Faktoren für die beobachteten externen Wurzelresorptionen der Impuls der einwirkenden Kraft, die Dichte des Hartgewebes sowie die relative Verengung des Desmodontalspaltes sind. Ein kleineres Ausmaß der Wurzelresorptionen konnten die Autoren dadurch erzielen, dass der Kraftansatz über enossale Implantate direkt auf die Alveolarfortsätze anstatt auf die Ankerzähne übertragen wurde. Hiermit vermieden sie die Kompression des Desmodontalspaltes [Vardimon 1991]. Die Wurzelresorptionen nach einer Gaumennahterweiterung werden meist im mesio- und distobukkalen Wurzeldrittel der Ankerzähne beschrieben [Odenrick 1982]. Die daraufhin beobachteten Reparaturvorgänge finden sich histologisch in Form von Sekundärdentin sowie Pulpensteinen und Exostosen [Timms 1971, Barber 1981, Langford 1982, Vardimon 1991]. *Barber et al.* stellten geringere Resorptionen an den Ankerzähnen fest, die der lateralen Belastung am kürzesten ausgesetzt waren. Je länger die Ankerzähne jedoch in überkorrigierter Position retiniert wurden, desto ausgeprägter fielen die Resorptionen aus. Trotzdem konnten die histologisch nachgewiesenen Resorptionen in keinem Fall röntgenologisch diagnostiziert werden [Barber 1981]. *Langford* konnte dagegen keinen Zusammenhang des Resorptionsausmaßes der Belastungs- oder Retentionsdauer, der Expansionsgröße oder des Patientenalters nachweisen [Langford 1982].

Aktuelle Literatur untersucht die auftretenden Kräfte bei einer sehr schnellen GNE, die innerhalb von drei bis vier Tagen vollzogen wird [Sander 2006]. Die Annahme, dass sich durch kürzere, aber dafür stärkere Kraftereinwirkung auf die knöchernen und dentalen Strukturen die Gefahr für Wurzelresorptionen vermindern lässt, stützt sich auf die Grundlagenforschung von *Reitan* und *Faltin*. Sie fanden heraus, dass weniger die Größe der einwirkenden Kraft, als die Dauer der Kraft- oder Momenteinwirkung verantwortlich für Resorptionen sind. Dieses Phänomen wird mit der kürzeren Unterbrechung der Blutversorgung für das Parodont in Verbindung gebracht [Reitan 1964, Faltin 1998]. Die Methode der sehr schnellen Gaumennahterweiterung ist also aufgrund der Aussicht auf geringere Wurzelresorptionen von großem Interesse. Allerdings empfehlen sich weitere klinische Studien zur genaueren Überprüfung dieser Annahme. Dann könnte dieser

Aktivierungsrhythmus bei einzelnen, weniger schmerzempfindlichen Patienten in der Praxis eingeführt werden.

Die Tatsache, dass Wurzelresorptionen röntgenologisch oft gar nicht oder erst bei Überschreiten eines gewissen Ausmaßes feststellbar sind, macht eine frühzeitige Diagnose unmöglich. Untersuchungen zum Thema Wurzelresorptionen werden daher ausschließlich an bereits extrahierten Zähnen vorgenommen. In einer solchen Untersuchung stellten *Barber et al.* fest, dass keine der Zähne, an denen sie elektronenmikroskopisch Resorptionen nachweisen konnten, zuvor klinisch-radiologische Befunde gezeigt hatten [Barber 1981]. Dies erklärt wahrscheinlich, warum nur drei der befragten Kieferorthopäden Wurzelresorptionen beobachtet und als Nebenwirkung angegeben hatten. Bis zu 2 mm starke Wurzelverkürzungen stellen laut *Zachrisson* [Zachrisson 1975] im Allgemeinen keine Begrenzung der Lebensdauer der Zähne dar. Wenn aber parodontale Erkrankungen zu einer zuvor erfolgten Wurzelresorption hinzukommen, können diese Wurzelverkürzungen schneller zum Zahnverlust führen und stellen daher eine irreversible und deshalb ernstzunehmende Nebenwirkung dar. Es ist anzunehmen, dass für massive Resorptionen eine vereinzelte genetische Disposition verantwortlich zu machen ist. Oft kann der Behandler auf dem Panorama-Röntgenbild diese Disposition, die auf eine besondere Wurzelanatomie zurückzuführen ist, erahnen [Schuster 2001, Weiland 1999]. An den oberen Molaren ist dies wegen der aufnahmebedingten unscharfen Darstellung der Wurzelformation oft schwer zu beurteilen.

Wie die Wurzelresorptionen sind bukkale Wurzelfenestrationsen ein klinisch selten beobachtetes Phänomen. Diese Nebenwirkung wurde in der hessischen Umfrage lediglich von einem Anwender beobachtet. Wie er dieses Phänomen diagnostizierte, bleibt in der Umfrage unbeantwortet. Da mit den konventionellen diagnostischen Maßnahmen wie Röntgen oder Parodontal-Diagnostik bukkale Knocheneinschmelzungen nicht erkannt werden können, ist ein höherer Anteil der Fenestrierungen wahrscheinlich. Da auch hier eine Diagnose meist nur mittels spezieller Aufnahmetechniken möglich ist, palpieren die Autoren *Alpern et al* [Alpern 1987] während ihrer Gaumennahterweiterungs-Behandlung die bukkalen Alveolarfortsätze nach Prominenzen von Wurzeln ab, um auf eventuelle Fenestrationsen zu schließen. Diese Vorgehensweise ist leicht in den Behandlungsablauf zu integrieren und stellt eine praxisnahe Diagnosemöglichkeit dar, die eine frühzeitige Therapieänderung ermöglicht.

Zahnkippen, Extrusionen, Zahnlockerungen

Zahnkippen stellen mit 18% die am dritthäufigsten genannte Nebenwirkung in der hessischen Umfrage dar. In der hessischen Umfrage sind keine Korrelationen der beobachteten Kippungen mit anderen patienten- oder apparatebezogenen Parametern feststellbar. Allerdings gaben 64,5% der an der deutschlandweiten Umfrage beteiligten Anwender an, Bukkalkippungen der Ankerzähne beobachtet zu haben. Dies ist ein fast dreimal so hoher Anteil wie in der hessischen Umfrage. Mögliche Gründe für die unterschiedlichen Umfrageergebnisse könnten die abweichend formulierten Fragen in den einzelnen Fragebögen sein. In der vorliegenden Umfrage wurde explizit nach extremen Zahnkippen gefragt, die Umfrage aus Hamburg gab lediglich die Antwort für Bukkalkippungen der Ankerzähne vor. Zudem werden in der Praxis die Kippungen nicht quantitativ, sondern eher nach Augenschein bestimmt. Diese Tatsache ermöglicht unterschiedliche Interpretationen der als stark oder als weniger stark empfundenen Kippung. Seit Beginn der Gaumennahterweiterungstherapie werden Kippungen der Ankerzähne beobachtet, die zwar bis zu einem gewissen Maß toleriert werden, aber auch als unerwünschte Nebenwirkungen gelten. Die beobachteten Winkelveränderungen werden sowohl durch die Zahnkippen als auch durch die Aufbiegung der Alveolarfortsätze verursacht [Wertz 1970, Hicks 1978, Asanza 1997, Handelman 2000]. Auch ein unterschiedlicher Zeitpunkt für die Kippungsbewertung innerhalb des Behandlungsablaufes kann eine Erklärung für eine unterschiedliche Bewertung von Kippungen sein, da direkt nach der Aktivierungsphase die Kippungen stärker als nach der Retentionsphase oder bei Behandlungsabschluss sind. So beschreibt *Timms* in der Retentionsphase eine Wiederaufrichtung gekippter Zähne. Diese Wiederaufrichtung erfolgt durch Zurückkippen des Kronenanteils und weitestgehend stabiler Position des Apex in einer stabil aufgeweiteten Kieferbasis [Timms 1981, Krebs 1964]. *Handelman* hielt daher die von ihm beobachteten moderaten Molarenkippen nicht für behandlungsbedürftig [Handelman 2000]. In der Literatur sind zudem sehr unterschiedliche Angaben für die Größe der Kippung der Ankerzähne nach der Gaumennahterweiterung genannt. So schwanken die Angaben zwischen 1° und 24° und gehen manchmal auch mit Extrusionen der betroffenen Zähne einher [Hicks 1978].

Eine von der Hamburger Arbeitsgruppe erfragte Lockerung von Ankerzähnen wurde mit 20,2% positiv beantwortet [Korbmacher 2005]. Da dies ein erheblicher Prozentsatz ist, ist es umso verwunderlicher, dass diese Nebenwirkung von keinem der in unserer Umfrage Antwortenden unter „sonstige Komplikationen“ angegeben wurde. Dies könnte bedeuten, dass eine vorübergehende Lockerung von Ankerzähnen während der

Gaumennahterweiterung erwartet wird und somit nicht als Nebenwirkung gewertet wurde, da nicht explizit durch eine Antwortvorgabe danach gefragt wurde.

Elongationen der Nicht-Ankerzähne, die von keinem Kieferorthopäden in unserer Umfrage beobachtet wurden, wären durch die Intrusion der Ankerzähne über den Zungendruck auf die Gaumennahterweiterungs-Apparatur denkbar. Diese würden jedoch nach Entfernung der Apparatur rasch rezidivieren und hätten so keine klinische Bedeutung. Zu verhindern wäre dieses Phänomen durch die Verwendung einer alle Seitenzähne umfassenden Apparatur, wie z.B. der okklusal geklebten oder gegossenen Apparatur.

Für das Auftreten der Komplikationen und Nebenwirkungen können demnach verschiedene Parameter ursächlich sein. So liegt die Annahme nahe, dass die auftretenden technischen Komplikationen von dem Apparatur-Typ abhängen. Das Alter und somit die skelettale Reife der Patienten können die skelettalen Reaktionen beeinflussen. Hierbei kann auch der verwendete Aktivierungsrhythmus ursächlich für auftretende Nebenwirkungen sein. Für Wurzelresorptionen und starke Kippungen der Ankerzähne könnten neben dem Aktivierungsrhythmus auch genetische Dispositionen verantwortlich sein. Da diese Umfrage ausschließlich eine qualitative Übersicht der klinischen Komplikationen bei der Durchführungen der Gaumennahterweiterung anstrebte, kann sie aufgrund des Datenumfanges und der Fragesystematik keine abschließende Überprüfung dieser Überlegungen ermöglichen.

5.2 Diskussion der Ergebnisse aus Archiv-Auswertung

5.2.1 Patientenauswahl

Die Auswahl der Patienten mit lateralem Kreuzbiss fand aufgrund der Tatsache statt, dass heute die häufigste Anwendung der Gaumennahterweiterung die Behandlung des lateralen Kreuzbisses darstellt und dieser allein in einer Gruppe von rund 2400 Schulanfängern mit 8,3% recht häufig vorkommt [Schopf 2003]. Da das Auswahlkriterium „lateraler Kreuzbiss“ allein schon zur Auswahl der untersuchten Patienten führte, war eine homogene Untersuchungsgruppe nur teilweise zu erzielen. Bei den meisten Patienten lagen daher neben dem lateralen Kreuzbiss weitere Zahn- oder Kieferfehlstellungen mit unterschiedlichen Behandlungsbedürfnissen sowie sehr unterschiedliche Altersstufen zu Behandlungsbeginn vor. Dies begrenzt die Interpretierbarkeit der Behandlungsergebnisse durch die

Kieferdehnung wegen der unterschiedlichen weiterführenden Therapiebedürfnisse und der Gesamtbehandlungslänge.

5.2.2 Ausgewertetes Material

Durch einheitliche Behandlungsprotokolle der GNE waren die Ergebnisse der Gaumennahterweiterungsgruppe gut vergleichbar.

5.2.3 Geschlechter- und Altersverteilung

Eine geschlechterspezifische Unterscheidung der Ergebnisse wurde nicht vorgenommen, da in beiden Gruppen die Behandlungen der weiblichen Patienten im Schnitt ein bis zwei Jahre früher begonnen wurden. Diese Altersdifferenz deckt sich mit den Angaben für einen geschlechterbedingt ähnlichen Entwicklungszustand [Kahl-Nieke 2005].

Von übergeordnetem Interesse ist das Alter zu Behandlungsbeginn der Kreuzbissüberstellung, da im Hinblick auf auftretende Kippungen das Alter der Patienten auch aufgrund einer unterschiedlichen Knochenrigidität von Interesse sein kann [Knaup 2004, Wehrbein 2001a, Melsen 1975]. Betrachtet man die Altersverteilung der Patienten, die wegen eines Kreuzbisses behandelt wurden, fällt auf, dass keiner der Patienten, die durch langsame Kieferdehnung mittels herausnehmbarer Platten-Apparaturen behandelt wurden, älter als zehn Jahre alt war. Eine konventionelle Gaumennahterweiterung wurde jedoch bis zum vierzehnten Lebensjahr durchgeführt. Die Beobachtung, dass eine GNE z.B. auch noch erfolgreich bis zum 25. Lebensjahr durchgeführt werden kann, deckt sich mit den Empfehlungen der Literatur [Timms 1981, Göz 2000, Handelman 2000, Gray 1975, Bishara 1987, Baccetti 2001, Alpern 1987, McNamara 2003]. Unter den nachuntersuchten Gaumennahterweiterungs-Patienten befand sich auch ein Sechsjähriger. Auch dieser frühe Einsatz dieser Behandlungstechnik deckt sich mit Empfehlungen aus der Literatur [Rosa 2003, Cozzani 2003a, Cozzani 2003b, Da Silva 1991, Scherkowski 2003]. Ein deutlich verminderter Einsatz der Gaumennahterweiterung zwischen dem zehnten und zwölften Lebensjahr, wie auch im vorliegenden Patientengut zu sehen, kann durch die wechselnde Dentition in dieser Zeit und dadurch fehlende Möglichkeit zur Verankerung einer entsprechenden Apparatur erklärt werden.

5.2.4 Behandlungszeiten

Der Vergleich der Behandlungszeiten zeigt, dass die schnelle Gaumennahterweiterung im Schnitt nach einem Jahr abgeschlossen ist. Diese Zeit beinhaltet auch die Retentionsphase. Die langsame Kieferdehnung mittels herausnehmbarer Geräte benötigte bei den nachuntersuchten Patienten im Schnitt doppelt so lang. Die Dauer der unterschiedlichen Behandlungstechniken ist bereits in der Bezeichnung der jeweiligen Behandlungsart beschrieben: „schnelle“ und „langsame“ Kieferdehnung. Dass allerdings bei halb so langer Behandlungszeit die erreichte Dehnung bei der Gaumennahterweiterung doppelt so groß ist, zeigt die gute Effizienz dieser Behandlungsmethode.

5.2.5 Größe der transversalen Erweiterung

Die transversale Erweiterung der GNE-Patienten lag im Mittel bei 8 mm, die der Platten-Patienten bei 4,3 mm. Dies liegt sicher nicht nur an der unterschiedlichen Effizienz der Behandlungsmethoden, sondern auch an der Auswahl der Patienten und deren initialem transversalen Breitendefizit des zu behandelnden Oberkiefers. Das heißt, dass die Gaumennahterweiterungs-Patienten in der Regel schon mehr Dehnungsbedarf hatten und daher für sie die schnellere Behandlungsmethode gewählt wurde. Hierfür spricht, dass die Methode der Gaumennahterweiterung erst ab einem transversalen Defizit von mehr als 4 bis 6 Millimetern empfohlen wird [Derichsweiler 1954a]. Die Platten-Patienten hingegen brauchten weniger Dehnung und waren daher für die langsame Kieferdehnung geeignet.

5.3 Diskussion der Kippungsbestimmungen

5.3.1 Beurteilung von Zahnkippungen nach Augenschein

Eine empirische Überprüfung anhand der Sechsjahr-Molaren ergab nur bei 6 von 23 Patienten eindeutig erkennbare Kippungen. Das Ergebnis der Nachuntersuchung spiegelt somit die Ergebnisse der Umfrage wider. Allerdings könnte eine Überprüfung der Kippungen weiter anterior liegender Ankerzähne vermutlich häufiger zu Kippungsbestätigungen führen, da aufgrund des Dehnungsmechanismus der Gaumennahterweiterung im anterioren Bereich eine stärkere Aufweitung des Oberkiefers und damit auch eine stärkere Kippung der Ankerzähne zu erwarten ist. Vor diesem Hintergrund erscheint es erstaunlich, dass bei der hessischen Umfrage nur 18% der Anwender Kippungen beobachteten. Die Vermutung liegt nahe, dass aufgrund der häufig in der Literatur beschriebenen Kippungen [Asanza 1997,

Bassarelli 2005, Bishara 1987, Handelman 2000, Hicks 1978, McNamara 2003, Rinderer 1965, Sari 2003] diese als Nebenwirkung toleriert und nicht als Problem angesehen werden. Durch eine Überexpansion des Oberkiefers kann in der Retentionsphase zudem eine Wiederaufrichtung der gekippten Zähne erfolgen [Timms 1981].

Die Einschätzung von Kippungen an Zähnen durch Augenschein zeigt im Mittel eine gute Übereinstimmung mit den durchgeführten manuellen Winkelmessungen. In einzelnen Fällen treten jedoch größere Abweichungen auf, die durch subjektive Über- oder Unterschätzung von Winkeländerungen aufgrund von Fehlinterpretationen vor dem Hintergrund der Modell-Gesamtansicht zu erklären sind. Die zunächst als rein subjektiv erachtete Methode der Augenscheineinschätzung zur Kippungsbestimmung stellt insgesamt für den erfahrenen Kieferorthopäden eine praktikable Vorgehensweise dar und weist eine akzeptable Reliabilität auf. Ein mit der Methode der Gaumennahterweiterung noch nicht so vertrauter Kollege könnte sich zunächst an der direkten Winkelmessung von Ankerzähnen orientieren und so seine Erfahrungen ausbauen. Es wird empfohlen, bei klinisch kritischen Fallbetrachtungen mögliche Kippungen durch eine Bestimmung des Kippungswinkels zu quantifizieren.

5.3.2 Ergebnisse der quantitativen Kippungsbestimmung

Für die Messung der Zahnkipfung an Modellen mit einem Winkelmesser muss eine Umsetzung des dreidimensionalen Modells in eine standardisierte zweidimensionale Modellansicht erfolgen. Dies kann durch Kopieren der Trimmflächen, Abzeichnen der Modellsilhouette oder Fotografieren der vorbereiteten Modellansichten erreicht werden. Erst jetzt können das Einzeichnen der Höckertangenten und das manuelle Vermessen der Kippwinkel zur Okklusionsebene mit einem Winkelmesser erfolgen. Dies ist für den allgemeinen Praxisbetrieb sehr zeitaufwändig. Eine digitale Kameraausrüstung kann hier die Umsetzung dieser Methode erleichtern. In den Zeiten zunehmender Digitalisierung, die auch in den kieferorthopädischen Praxen in Form von Modellanalyseprogrammen u.ä. Einzug hält, wäre in Zukunft auch eine digital unterstützte Winkelmessung von Zahnkipfungen denkbar. Trotz der Möglichkeit, Kippungen der Ankerzähne quantitativ gut und stabil durch direkte Winkelmessungen nach *McNamara* [McNamara 2003] zu erfassen, birgt dieses Verfahren gewisse Ungenauigkeiten. Durch die zweidimensionale Erfassung der Molarenneigung durch Winkelmessung der Okklusionstangente der Höcker sind zum Beispiel erfolgte Rotationen nicht zu eruieren. Diese möglichen Bewegungen der Zähne in dritter Dimension könnten die Winkelmessungen beeinflussen. Daher könnte die 1965 von *Rinderer* vorgestellte Methode zu exakteren Ergebnissen führen, da auf die Okklusalfächen der zu untersuchenden Zähne aufgebrauchte Stiftkappen diese dritte Dimension erfassen [Rinderer 1965]. Der Vergleich der

Neigung der Stifte vor und nach der Dehnung zeigt die projektionsunabhängige Kippung der Ankerzähne. Zu Ungenauigkeiten kann aber auch hierbei eine zwischenzeitlich erfolgte Füllungstherapie an den verwendeten Zähnen führen. Eine andere exakte Methode der lateralen Kippungsbestimmung stellen die wegen der heute geforderten Strahlenhygiene nicht mehr am Menschen durchführbaren seriellen Röntgenaufnahmen in posterior-anteriorer Projektion dar.

5.3.3 Kippungsbestimmung mittels Streckenänderungen

Der hohe Aufwand des Verfahrens nach McNamara führte zur Überlegung einer Winkelbestimmung über Streckenänderungen an bereits vorhandenen diagnostischen Modellen. Die Idee, über Streckenänderungen die Kippungswinkel der Zähne zu bestimmen, kann jedoch aus folgendem Grund nicht empfohlen werden: Die Berechnung des Kippungswinkels erfolgt aus der Streckenänderung und der mittleren Zahnhöhe, die beide sehr genau bestimmt werden müssen. Bei den vorliegenden archivierten Modellen, die, wie bereits beschrieben, Ungenauigkeiten in der Darstellung der anatomischen Strukturen aufwiesen, konnte lediglich eine Messgenauigkeit von 0,6 mm erreicht werden, während die Zahnhöhe auf rund 0,5 mm genau geschätzt werden konnte. Messfehler dieses Ausmaßes führen bei der Betrachtung der Streckenänderungen zu einer Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Kippungswinkels von 10 Grad im günstigsten vorliegenden Fall. Eine Umsetzung der Streckendifferenzen in Winkeländerungen kann daher zu so großen Schwankungen führen, dass eine Anwendung dieser Methode wenig praktikabel erscheint.

5.3.4 Korrelationen der Kippungen mit verschiedenen Parametern

Kippungen stehen nach vorliegender Untersuchung nicht im Zusammenhang mit der Größe der transversalen Erweiterung oder der Behandlungsdauer. Vergleicht man die erreichte Oberkieferdehnung mit den gemessenen Kippungen, so ist keine signifikante Korrelation erkennbar ($\rho \approx -0,14$). Die Sechsjahr-Molaren der am weitesten gedehnten jugendlichen Oberkiefer neigen nicht unbedingt zu größeren Kippungen als die der Patienten mit dem geringsten Dehnungsergebnis. Diese Beobachtung wird auch bei *Timms* beschrieben, der keine Korrelation zwischen der basalen Dehnung und der Erweiterung auf dentaler Ebene nachweisen konnte [Timms 1980]. Auch die Dauer der Behandlung scheint keinen Einfluss auf beobachtete Kippungen zu haben. Nach den bisherigen Ergebnissen durch die ultrarapide GNE von *Sander et al* wären geringere Ausmaße der Kippungen bei kürzeren Behandlungszeiten zu erwarten gewesen. Die Autoren *Asanza et al* fanden auch beim Vergleich der Gaumennahterweiterung durch geklebte oder bändergetragene Apparaturen

keine signifikanten Unterschiede der Kippung der Ankerzähne [Asanza 1997]. Eine Schlussfolgerung aus dieser Erkenntnis ist, dass starke Kippungen andere Ursachen haben können, wie zum Beispiel eine individuelle Rigidität der knöchernen Strukturen oder individuelle parodontale Verhältnisse.

Eine geringe positive Korrelation der Kippungen fand sich jedoch mit zunehmendem Alter der jugendlichen Patienten ($\rho \approx 0,36$). Dieses Phänomen kann auf die in der Literatur beschriebene höhere Rigidität der skelettalen und alveolären Strukturen zurückgeführt werden. Da aufgrund der erhöhten Rigidität der skelettalen Strukturen laut *Wertz* der Rotationspunkt der Gaumennahtöffnung immer weiter nach kaudal wandert, sind mit zunehmendem Alter mehr Kippungen der Ankerzähne zu erwarten [Wertz 1970].

Nach vorliegender Untersuchung ist auch eine Korrelation von $\rho \approx -0,36$ der erfolgten Kippungen zur Ausgangsschrägstellung der Ankerzähne zu erkennen. Da diese wiederum mit dem Alter zu Behandlungsbeginn korreliert ($\rho \approx -0,37$), kann dieses Phänomen zu einer schlüssigen Erklärung beitragen. Je älter also ein Patient in der vorliegenden Untersuchung war, umso steiler war die Stellung der Ankerzähne zu Beginn und umso stärker kippten die Zähne durch die GNE-Behandlung. Eine steilere Ausgangsstellung der Molaren mit zunehmendem Alter könnte durch die anhaltende Knochenapposition an Kiefer- und Alveolarfortsatzbereichen und gleichzeitig stabil bleibenden Zahnbogenbreiten erklärt werden. Hierdurch käme es zu einer Art Aufrichtung der Zähne. Die oben beschriebene Rigidität des reiferen Knochens führte dann während einer transversalen Dehnung zur stärkeren Kippung der Ankerzähne durch die nach lateral auftretenden Kräfte während der Behandlung. Wird die Transversale jedoch durch eine entsprechend größere Dehnung überkompensiert, können sich die Zähne, wie bei *Timms* [Timms 1981] beschrieben, wiederaufrichten, ohne dass die benötigte Erweiterung an sich rezidiert (siehe auch Abb. 53). Selbst ausgeprägte Kippungen der Ankerzähne stellen daher eine meist reversible Nebenwirkung der Gaumennahterweiterung dar [Timms 1981].

5.4 Schlussfolgerungen

Die beschriebenen Komplikationen und Nebenwirkungen der Gaumennahterweiterung stellen aufgrund des seltenen Vorkommens irreversibler Befunde keine Kontraindikation für die seit Jahrzehnten gut erprobte und häufig untersuchte Behandlungsmethode dar. Die Vorteile dieser Behandlungsmethode, wie eine relative Complianceunabhängigkeit, die schnelle Wirkungsweise, die Anwendungsmöglichkeit in verschiedenen Altersgruppen und Kombinierbarkeit mit anderen Behandlungsmitteln, unterstreichen die vielfältigen positiven

Effekte der hauptsächlich skelettalen Behandlungsmethode. Diese Effekte sind positive Auswirkungen auf die Atmung, echter Raumgewinn im anterioren Zahnbogen und problemlose Beseitigung von Zwangsbissen. *Derichsweiler* sah die Gaumennahterweiterung als effizientes Mittel in der „sozialen Kieferorthopädie“. Er meinte damit die Möglichkeit, durch ein einziges Gerät eine große Dehnung des Oberkiefers zu erreichen, wohingegen 2-3 Platten zur langsamen Kieferdehnung benötigt werden [Derichsweiler 1954a]. Nicht nur vor dem Hintergrund der gesundheitspolitischen Veränderungen sollte dieser Aspekt einer effektiven und dabei kostengünstigen Möglichkeit zur Kieferdehnung weiter in Betracht gezogen werden.

Bei geeigneter Patientenauswahl und umsichtiger Anwendung stellt die GNE eine sichere Methode der Kiefererweiterung mit diversen positiven Begleiteffekten dar. So sollte man vor der Entscheidung zur Extraktion von Zähnen diese Therapiealternative in Betracht ziehen. Die selten auftretenden Komplikationen und Nebenwirkungen können zwar, wie diese Untersuchung deutlich macht, irritierende Züge – wie die Höckerbildung der Nase – annehmen, sie sind jedoch in den meisten Fällen reversibler Natur.

Die in dieser Arbeit quantitativ und qualitativ recherchierten Komplikationen sind durch eine strenge Indikationsstellung, qualitativ hochwertige Apparaturen, einen beaufsichtigten Aktivierungsrhythmus und ausreichende Retention zu minimieren. Daher sollten durch Röntgenkontrollen vor der Behandlung besondere Wurzelkonfigurationen aufgedeckt und so für Wurzelresorptionen anfällige Patienten erkannt und Therapiealternativen gesucht werden. Bei der Patientenaufklärung sollte nicht nur auf die positiven Effekte der Gaumennahterweiterung, sondern auch auf die Möglichkeit von Komplikationen, insbesondere auf mögliche vorübergehende extraorale Veränderungen, wie Nasenverbreiterung oder entstehende Höcker hingewiesen werden. Auch die bleibenden intraoralen Komplikationen, wie Wurzelresorptionen oder Karies sollten diskutiert werden.

Die Bestimmung nach Augenschein stellt eine für den erfahrenen Kieferorthopäden recht sichere Methode zur Evaluation ausgeprägter Kippungen dar. Sie ist zudem leicht in den Praxisalltag zu integrieren. Eine quantitative Bestimmung von Kippungen ist jedoch nur durch das Vermessen der Zahnachsenwinkel möglich. Der Mehraufwand dieser exakteren Methode könnte in Zukunft durch die computergestützte Modellanalyse verringert und damit auch für den Praxisalltag praktikabel gestaltet werden.

Neuere Behandlungskonzepte wie die skelettal verankerte Apparatur, die weniger Kippungen verspricht oder auch die ultra-rapide und semi-rapide Gaumennahterweiterung mit dem Ziel

verringertes Wurzelresorptionen bedürfen weiterführender Untersuchungen. Dies setzt sowohl weitere Grundlagenforschungen als auch weitere Studien, die sich mit den praktischen Erfahrungen mit der Gaumennahterweiterung auseinandersetzen, voraus. Da anhand der Auswertung des Fragebogens festzustellen ist, dass bestimmte Komplikationen mit der Verwendung bestimmter Apparatetypen gehäuft auftreten, wäre eine Untersuchung, die den Fokus ausschließlich auf die Vor- und Nachteile bestimmter Gerätetypen legt, ein weiterer wertvoller Beitrag für das Erstellen eines einheitlicheren Behandlungsschemas der Gaumennahterweiterung.

6. Zusammenfassung

Nach dem Auftreten unerwarteter Nebenwirkungen bei einer Gaumennahterweiterung (GNE) wurde mit Hilfe einer Umfrage bei allen hessischen Kieferorthopäden und Polikliniken ein möglichst breiter Überblick über auftretende Komplikationen und Nebenwirkungen angestrebt und diese quantitativ erfasst. Von den beobachteten Nebenwirkungen wurde das Phänomen der Kippung von Ankerzähnen näher betrachtet. Ihr Ausmaß wurde anhand von retrospektiv untersuchten Patientenfällen bestimmt, wobei drei verschiedene Verfahren zur Kippungsbestimmung auf ihre Durchführbarkeit und Genauigkeit hin überprüft wurden.

Im Rahmen der Umfrageergebnisse zeigte sich, dass in Hessen sehr unterschiedliche Behandlungsprotokolle und Apparaturtypen zum Einsatz kommen. Unter den 95 die GNE anwendenden Kieferorthopäden wird meist eine konventionelle GNE, das heißt ohne chirurgische Unterstützung, durchgeführt. In dem der Umfrage vorangegangenen Jahr waren dies ca. 1420 Anwendungen. Die Altersgrenze, ab welcher die chirurgischen GNE empfohlen werden, schwankt zwischen dem 10. und 60. Lebensjahr. Die in Hessen am häufigsten verwendete Apparatur ist mit 61 Anwendern die an Ankerbänder gelötete Hyrax-Apparatur. Die alternative Verwendung verschiedener Geräte ist nach Angaben vieler Kollegen vom Zahnstatus bzw. Alter des Patienten abhängig. So ist die in 19 Fällen alternativ eingesetzte okklusal geklebte Apparatur die am zweithäufigsten verwendete. Gelaserte oder gegossene Apparaturen werden nur von wenigen Anwendern eingesetzt. Der Aktivierungsrhythmus wurde zwischen einmal und sechsmal täglich oder auch alternierend angegeben. Daraus ergaben sich je nach transversalem Erweiterungsbedarf aktive Behandlungszeiten von einer bis zu zwölf Wochen und eine durchschnittliche Oberkiefererweiterung von acht Millimetern. Zwischen dem Aktivierungsrhythmus und der Behandlungsdauer bestand nur eine leichte Korrelation. Die meisten Kollegen gaben an, zwischen acht und zwölf Wochen zu retinieren, wobei die Spanne zwischen keiner Retention und mehr als einem halben Jahr lag.

Die vorliegende Umfrage und Untersuchung zeigt, dass verschiedene Komplikationen oder Nebenwirkungen bei dieser Behandlungsmethode auftreten können. Technische Komplikationen beziehen sich auf Komplikationen mit der Apparatur wie Lockerungen oder Brüche der Apparatur, Defekte der Schraube und auf Aktivierungsprobleme. Sie können meist kurzfristig behoben werden und begründen bei adäquater Handhabung keine Einschränkung dieser Behandlungsmethode. Einige medizinische Nebenwirkungen, wie die Diastemabildung und eine vorübergehende Bissöffnung, sind zu erwarten, stellen aber kein Problem dar und wurden daher nicht als Komplikation gewertet. Andere medizinische

Nebenwirkungen, wie Druckstellen, Gingivitis, extreme Kippungen oder Nasenveränderungen, treten nur selten auf und sind meist reversibel. Lediglich Karies und Wurzelresorptionen können die Zahnhartsubstanz dauerhaft in Mitleidenschaft ziehen, bleiben aber laut Literatur meist auf ein klinisch nicht relevantes Maß begrenzt. Nur ein einziger Fall ist uns bekannt, bei dem unter einer lange gelockerten geklebten GNE-Apparatur alle Zähne von Karies zerstört wurden. Die von 19% der Anwender beobachtete nicht geöffnete Gaumennaht ist für starke Schmerzen während der Aktivierungszeit und wahrscheinlich auch für die von einem Kieferorthopäden angegebenen Fenestrationen verantwortlich zu machen. Die ursprünglich beobachteten extraoralen Veränderungen zweier Patientinnen mit verbreiterten Nasen, Nasenhöckern, leichten Schwellungen der Nasenwurzel und einem kleinen Hämatom wurden insgesamt von 18% der Befragten angegeben. Nasenbluten wurde einmal und andere Asymmetrien des Gesichts wurden zweimal angegeben. Diese den Patienten möglicherweise beunruhigenden Veränderungen waren in allen beobachteten Fällen reversibel und konnten anhand der Literaturstudie auf die skelettale Wirkung der GNE an der Nasenwurzel und dem Mittelgesicht zurückgeführt werden. Genauere quantitative Einschätzungen waren aufgrund des Datenumfanges und wegen Mehrfachnennungen nicht möglich. Dennoch zeigen diese Ergebnisse, dass bei der GNE durchaus mit vorübergehenden extraoralen Veränderungen gerechnet werden muss.

Die Kippung von Ankerzähnen wurde in der Umfrage von 18% der Anwender als Nebenwirkung angegeben. Sie steht nach den Ergebnissen der vorliegenden retrospektiven Untersuchung von Archivmaterial nicht im Zusammenhang mit der Dauer der Behandlung oder der Größe der transversalen Dehnung. Lediglich mit dem Alter der 23 nachuntersuchten Patienten ließ sich ein minimaler Zusammenhang der Kippungen zwischen - 2 und 17 Grad erkennen. Da bei drei Behandlungsfällen Kippungen von 10 Grad oder deutlich mehr bestimmt wurden, sollte eine praktikable Methode zur Kippungsbestimmung aufgezeigt werden. Es wurden drei Methoden vorgestellt und auf Übereinstimmungen überprüft. Die Kippungseinschätzung nach Augenschein stellt eine akzeptable Methode für einen erfahrenen Behandler dar. Genauere Ergebnisse, die eine quantitative Einschätzung ermöglichen, sind nur durch eine instrumentelle Vermessung der Kippungswinkel möglich. Eine dritte Methode, von gemessenen Streckendifferenzen über eine mittlere Zahnhöhe auf die Kippungen zu schließen, ist wegen einer erheblichen Ungenauigkeit in der Winkelbestimmung nicht empfehlenswert.

Trotz der beschriebenen Komplikationen bleiben die Vorteile der Gaumennahterweiterung offensichtlich und sie gilt zu Recht als effektives und zuverlässiges Behandlungsmittel. Ihrem Einsatz sollte jedoch eine fundierte Indikationsstellung und umfassende Aufklärung vorausgehen.

6. Summary

A survey including all orthodontists of the state of Hesse was generated to get a general idea about the possible types and frequency of hazards and side effects using Rapid Maxillary Expansion (RME). Two orthodontists had observed unexpected side effects with this treatment method. Within these side effects the lateral tipping of the anchor teeth was observed more closely. The degree of tilting was ascertained through retrospectively examining cases of RME-treated patients. Three different measuring methods to detect tipping of anchor teeth were tested with regard to their handling and accuracy.

The survey showed that the orthodontists of Hesse had used a great variety of appliances and treatment journals. Within 95 orthodontists using RME, most often the conventional RME, i.e. without surgical intervention, was carried out. During the year corresponding to the survey 1420 RME were applied in Hesse. The patient's age at which the orthodontists recommend surgical intervention ranged from 10 to 60 years. With 61 users, the Hyrax-screw soldered to four anchor-bands is the most frequently used appliance. Alternatively, some colleagues used different appliance-types, depending on the patient's age or dental status. Hence, 19 users preferred the occlusally bonded acrylic appliance generally or at times. Herewith it is the second most frequently used. Welded or casted appliances are preferred by only few orthodontists. The frequency of activation varied between once to six times a day. Few prescribed a diversified rhythm of activation. Depending on the transversal need of expansion, this resulted in a length of activation from one to twelve weeks and an upper jaw expansion of eight millimetres on average. We found a minor correlation between the frequency of activation and the duration of treatment. Most colleagues retained the RME from eight to twelve weeks, but statements ranged between no retention at all and half a year of retention.

The present survey shows that a variety of hazards and side effects can appear during the treatment with RME. Technical hazards refer to complications with the appliance itself, such as loosening or breakage, screw defects and problems with activation. These complications are easy to handle and do not limit its usage. Some side effects, such as a diastema and a temporary bite opening are to be expected with RME and were not counted as complications. Other side effects like decubitae, severe gingivitis, extreme lateral tipping of teeth or alveolar process or altering of nose shape are rare phenomena and do not persist. Only caries and root resorptions are likely to irreversibly harm the teeth. According to literature the frequency of occurrence of these side effects is not of clinical relevance. We only know about one

patient who suffered severe tooth damage through caries caused by an occlusally imperfectly fixed acrylic-splint appliance. A failure of suture opening, observed by 19% of the users, causes severe pain during the activation period and is likely to cause fenestrations as mentioned by one orthodontist in the present survey. The formerly described extraoral changes in nose width, nose bumps, slight swelling and mild hematoma were mentioned by 18% orthodontists answering the survey. Nose bleeding was observed once and different facial asymmetries were seen twice. All of these extraoral side effects were temporary and could be explained by the skeletal effect of RME on nose and midface. Due to the number of data it was not possible to give a quantitatively precise estimation about complications from this study. However, our results show that when treating with RME, temporary extra oral changes might occur.

During RME, tipping of anchor teeth was observed by 18% of the users. After retrospectively examining the cases of 23 patients, we found that the lateral tilting does not correspond with the length of treatment time or the amount of expansion. Only the patient's age showed a minor correlation with the tipping of -2 to 17 degrees. Due to significant tilting of 10 degrees or more in a few cases we tried to find a practicable method to quantify this tipping more precisely. Three methods were compared. Qualifying tilted teeth by visual examination is an acceptable method for an experienced user. More precise results, ensuring a quantitative estimation, are only possible through directly measuring the angle changes of the tilting angles on a sectional view of the prepared casts. A third method allowing a conclusion from changes of transversal distances between anatomically defined points to a change of tilting angles is not recommended due to considerable inexactness of the measured angles.

In spite of the recorded side effects the advantages of RME are obvious. Therefore, RME can be called a dependable and effective treatment method. But before treating with RME, a well founded indication and comprehensive information of the patient should be assured.

7. Literaturverzeichnis

Alpern MC, Yurosko JJ

Rapid palatal expansion in adults. With and without surgery
Angle Orthod 1987; 245-263

Angell EC

Treatment of irregularities of the permanent or adult teeth.
Dent Cosmos 1860; 1: 540-544, 599-601

Asanza S, Cisneros GJ, Nieberg LG

Comparison of Hyrax and bonded expansion appliances
Angle Orthod 1997; 67: 15-22

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA

Thin-plate spline analysis of treatment effects of rapid maxillary expansion and face mask therapy in early Class III malocclusions
Eur J Orthod 1999; 21: 275-281

Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA

Treatment timing for rapid maxillary expansion
Angle Orthod 2001; 71, 5: 343-350

Barber AF, Sims MR

Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: A scanning electron microscope study
Am J Orthod 1981; 79: 630-652

Basciftci FA, Mutlu N, Karaman AI, Malkoc S, Küçükolbasi H

Does the timing and method of rapid maxillary expansion have an effect on the changes in nasal dimensions?
Angle Orthod 2002; 72, 2: 118-123

Basdra EK

Letter to the Editor: B. Knaup et al.: Age-related changes in the midpalatal suture – A histomorphometric study
Fortschr Kieferorthop 2005; 66, 3: 250

Bassarelli T, Melsen B

Expansion: How much can the peridontium tolerate?
Clin Orthod Res 2001; 4, 4: 235-241

Bassarelli T, Dalstra M, Melsen B

Changes in clinical crown height as a result of transverse expansion of the maxilla in adults
Eur J Orthod 2005; 27, 2: 121-128

- Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, Borgula V, Kaczynski R**
Stability of orthopedic and surgically assisted rapid palatal expansion over time
Am J Orthod Dentofac Orthop 1998; 114: 638-645
- Berger JL, Pangrazio-Kulbersh V, Thomas BW, Kaczynski R**
Photographic analysis of facial changes associated with maxillary expansion
Am J Orthod Dentofac Orthop 1999; 116, 5: 563-571
- Bergius M, Kiliaridis S, Berggren U**
Schmerz in der Kieferorthopädie. Überblick und Diskussion der Literatur
Fortschr Kieferorthop 2000; 61: 125-137
- Bicakci AA, Agar U, Sokucu O**
Nasal airway changes due to rapid maxillary expansion timing
Angle Orthod 2005; 75: 1-6
- Biedermann W**
A hygienic appliance for rapid maxillary expansion
J Pract Orthod 1968; 2: 67-70
- Bishara SE, Staley RN**
Maxillary Expansion: Clinical implications
Am J Orthod Dentofac Orthop 1987; 91: 3-14
- Braun S, Bottrel JA, Lee K-G, Lunazzi JJ, Legan HL**
The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion
Am J Orthod Dentofac Orthop 2000; 118, 3: 257-261
- Capellozza FL, De Almeida AM, Ursi WJ**
Rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients
J Clin Orthod 1994; 28: 34-39
- Ceylan I, Oktay H, Demirci M**
The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss
Angle Orthod 1996; 66, 4: 301-306
- Chaconas SJ, Caputo AA**
Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances
Am J Orthod 1982; 82: 492-501
- Chang JY, McNamara JA, Herberger TA**
A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion
Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 112, 3: 330-337
- Chapman H**
The age of orthodontic treatment
The C.V. Mosby Company 1927: 416-447

Chatellier J, Chateau M

Premières observations des disjonctions mediopalatines ultra rapide sous anesthesie locale

Rev Stomatol 1963; 64: 145-149

Cozzani P, Mirengi S, Guiducci A, Manfrini M, Rosa M, Siciliani G

Forcierte Gaumennahterweiterung im Wechselgebiss: Auswirkungen auf die bleibenden Schneidezähne

IOK 2003 a; 35, 2: 107-112

Cozzani M, Rosa M, Cozzani P, Siciliani G

Deciduous dentition-anchored rapid maxillary expansion in crossbite and non-crossbite mixed dentition patients: Reaction of the permanent first molar.

Prog Orthod 2003 b; 4: 15-22

Cross DL, McDonald JP

Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and nasal structures:

A postero-anterior cephalometric study

Eur J Orthod 2000; 22: 519-528

Da Silva Filho OG, Villas Boas MC, Capelloza L

Rapid maxillary expansion in the primary and mixed dentitions: A cephalometric evaluation

Am J Orthod Dentofac Orthop 1991; 100, 2: 171-179

Derichsweiler H

Gaumennahterweiterung

Österr Zeitschr Stom 1954 a; 11: 597-600

Derichsweiler H

Die Umstellung der Mundatmung zur Nasenatmung durch die Gaumennahterweiterung

Fortschr Kieferorthop 1954 b; 15, 3: 234-243

Derichsweiler H

Gaumennahterweiterung

Carl Hanser Verlag München 1956

Dibbets J

mündlich anlässlich einer Fortbildung in der Poliklinik für Kieferorthopädie in Frankfurt am Main

2001

Diedrich P, Rudzki-Janson I, Wehrbein H, Fritz U

Effects of Orthodontic Bands on Marginal Periodontal Tissues. A Histologic Study on Two Human Specimens

J Orofac Orthop 2001; 62, 2: 146-156

Ekström C, Henrikson CO, Jenson R

Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion
Am J Orthod 1977; 71: 449-455

Fässler K

Die Wirkung der Gaumennahterweiterung auf die Nasenatmung bei Patienten im
Alter von 8-14 Jahren
Dissertation Universität München, 2000

Faltin RM, Arane-Chavez VE, Sander FG

Wurzelresorptionen an oberen ersten Prämolaren nach Applikation kontinuierlicher
intrudierender Kräfte
Fortschr Kieferorthop 1998; 59: 208-219

Fotovatjah M, Barresi D, Nanda R

Die Stabilität der forcierten Gaumennahterweiterung
IOK 1998; 30, 3: 675-682

Gardner GE, Kronman JH

Cranioskeletal displacements caused by rapid palatal expansion in the rhesus
monkey
Am J Orthod 1971; 59, 2: 146-155

Gerlach KL, Zahl C

Transversale Dehnung des Oberkiefers mit einem Palatinaldistraktor
Fortschr Kieferorthop 2003; 64: 443-449

Gianelly AA

Rapid palatal expansion in the absence of crossbites: Added value?
Am J Orthod Dentofac Orthop 2003; 124, 4: 362-365

Goddard DL

Separation of the superior maxilla at the symphysis
Dent Cosmos 1893; 33: 880-884

Göz G

Rasche Gaumennahterweiterung
aus: Kieferorthopädie Band II, Praxis der Zahnheilkunde
4. Auflage, Urban & Fischer, München und Jena 2000

Gray LP

Results of 310 cases of rapid maxillary expansion selected for medical reasons
J Laryngol Otol 1975; 89, 6: 601-614

Greenbaum KR, Zachrisson BU

The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues
Am J Orthod 1982; 81, 1: 12-21

Grimm H

Vorläufige Beurteilung der körperlichen Entwicklung einer mit der Gaumennahterweiterung behandelten Kindergruppe
Fortschr Kieferorthop 1961; 22, 3: 365-368

Haas AJ

Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture
Angle Orthod 1961; 31: 73-90

Haas AJ

Palatal expansion: Just the beginning of dentofacial orthopedics
Am J Orthod 1970; 57, 3: 219-255

Haas AJ

Long term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion
Angle Orthod 1980; 50: 189-217

Halazonetis DJ, Katsavrias E, Spyropoulos MN

Changes in cheek pressure following rapid maxillary expansion
Eur J Orthod 1994; 16: 295-300

Hamula W, Hamula DW, Hurt A

The Hygenic Rapid Palatal Expander
J Clin Orthod 1998; 32, 9: 562-567

Handelman CS, Wang L, BeGole E

Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: Report on 47 cases using the Haas expander
Angle Orthod 2000; 70: 129-144

Harzer W, Schneider M, Gedrange T

Gaumennahterweiterung mit Knochenverankerung der Hyraxschraube - eine Pilotstudie mit Fallpräsentation
Fortschr Kieferorthop 2004; 65: 419-424

Hegmann M, Rüter AK

The grummons face mask as an early treatment modality within a class III therapy concept
J Orofac Orthop 2003; 64: 450-456

Hershey HG, Stewart BL, Warren DW

Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion
Am J Orthod 1976; 69: 274-284

Hicks EP

Slow maxillary expansion: A clinical study of the skeletal vs. dental response to low magnitude force
Am J Orthod 1978; 73: 121-141

Hippokrates

Corpus Hippocraticum
Enzyklopädie ~400v. Chr.

Holberg C

Auswirkungen der forcierten Gaumennahterweiterung auf die Schädelbasis- eine FEM-Analyse
J Orofac Orthop 2005; 66, 1: 54-66

Isaacson RJ, Ingram AH

Forces produced by rapid maxillary expansion II, Forces present during treatment
Angle Orthod 1964; 34: 261-270

Iseri H, Ozsoy S

Semirapid Maxillary Expansion – A Study of Long-Term Transverse Effects in Older Adolescents and Adults
Angle Orthod 2004; 74, 1: 71-78

Jafari A, Shetty S, Kumar M

Study of Stress Distribution and Displacement of Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces - A Three-dimensional FEM Study
Angle Orthod 2003; 73: 12-20

Kahl-Nieke B

Handröntgenaufnahmen und Bestimmung des Knochenalters
aus: Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 11/1
4. Auflage, Urban & Fischer, München und Jena 2005

Kappert HF

Kieferorthopädische Werkstoffe
aus: Praxis der Zahnheilkunde
4. Auflage, Urban & Fischer, München und Jena 2005

Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H

Age-related Changes in the Midpalatal Suture. A Histomorphometric Study
J Orofac Orthop 2004; 65, 6: 467-474

Korbmacher H, Huck L, Merkle T, Kahl-Nieke B

Das klinische Profil der Gaumennahterweiterung- Ergebnisse einer nationalen Umfrage
Fortschr Kieferorthop 2005; 6: 455-468

Krebs AA

Expansion of the midpalatal suture studied by means of metallic implants over a seven year period
Trans Eur Orthod Soc 1964; 164: 131-142

Ladner PT, Muhl ZF

Changes concurrent with orthodontic treatment when maxillary expansion is a primary goal

Am J Orthod Dentofac Orthop 1995; 108, 2: 184-193

Landsberger R

Anatomische Veränderungen im Knochengewebe des Gaumens bei kieferorthopädischer Behandlung

Corresp BI Zahnärzte 1909; 38

Langford SR

Root resorption extremes resulting from clinical RME

Am J Orthod 1982; 81, 5: 371-377

Lehman JA, Haas AJ, Haas DG

Surgical orthodontic correction of transverse maxillary deficiency: A simplified approach

Plast Reconstr Surg 1984; 73, 1: 62-68

Lima Filho RM, Lima AC, de Oliveira Ruellas AC

Spontaneous correction of Class II Malocclusion after rapid palatal expansion

Angle Orthod 2003; 73, 6: 745-752

Matteini C, Mommaerts MY

Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction: A short-term model study

Am J Orthod Dentofac Orthop 2001; 120, 5: 498-502

McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA

Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: A long-term evaluation of changes in arch dimension

Angle Orthod 2003; 73: 344-353

Melsen B

A historical study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children

Trans Eur Orthod Soc 1972: 499-507

Melsen B

Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study

Am J Orthod 1975; 68, 1: 42-54

Mew J

Relapse following maxillary expansion

Am J Orthod 1983; 83, 1: 56-62

Needleman HL, Hoang CD, Allred E

Reports of pain by children undergoing rapid palatal expansion

Pediatr Dent 2000; 22, 3: 221-226

Odenrick L, Lilja E, Lindbeck K-F

Root Surface Resorption in Two Cases of Rapid Maxillary Expansion
British J Orthod 1982; 9: 37-40

Öhler D, Skotnický F

Die Gaumennahterweiterung
Kieferorthop prakt Zahnarzt 1958; 1, 3: 783-790

Oppenheim A

Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement
Am Orthod 1912; 3: 57 + 113

Persson M, Thilander B

Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age
Am J Orthod 1977; 72, 1: 42-52

Piccini A, Biagini C, Sensini I, Gioretti R, Fiorelli G, Picchi F

Morphofunctional correlations in children with upper maxillary endognathia
Rev Laryngol Otol Rhinol 1992; 113, 1: 33-37

Reitan K

Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types
Angle Orthod 1964; 34: 244-255

Rinderer L

Unsere Erfahrungen und Stellungnahme zur Gaumennahterweiterung
Schweiz Monatsschr Zahnheilk 1965; 75; 6: 617-638

Rosa M

Die Behandlung des anterioren Engstandes in der frühen Wechselgebissperiode -
Ungewöhnliche Maßnahmen
IOK 2003; 35, 2: 97-105

Sander C, Hüffmeier S, Sander FM, Sander FG

Erste Ergebnisse zur Kraftausübung bei der Gaumennahterweiterung bei Kindern
Fortschr Kieferorthop 2006; 67: 19-26

Sandikcioglu M, Harzar S

Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition
Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 3, 3: 321-327

Sari Z, Uysal T, Usumez S

Rapid maxillary expansion. Is it better in the mixed or in the permanent dentition?
Angle Orthod 2003; 73: 654-661

Scherkowski D

Die frühe Gaumennahterweiterung – Effektivität und Rezidiv
Dissertation Universität Düsseldorf, 2003

Schopf P

Indication for and frequency of early orthodontic therapy or interceptive measures
J Orofac Orthop 2003; 64, 3: 186-200

Schuster G

Wurzelresorption – ein Problem nicht nur in der Kieferorthopädie
Deutscher Zahnärztekalender
Deutscher Zahnärzte Verlag – DEV Hauser 2001, Köln und München: 31-44

Schuster G, Borel-Scherf I, Schopf P

Häufigkeit und Komplikationen bei der Verwendung von
Gaumennahterweiterungsapparaturen – Ergebnisse einer Umfrage in Hessen
Fortschr Kieferorthop 2005; 66, 2: 148-161

Skieller V

Expansion of the midpalatal suture by removable plates analysed by the implant
method
Trans Eur Orthod Soc 1964: 143-158

Sorel O

Rapid palatal expansion for the treatment of maxillary constriction
Rev Stomatol Chir Maxillofac 2004; 105, 1: 26-36

Stockfisch H

Die Gaumennahterweiterung
aus: Ein Kieferorthopädisches Vademecum
Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1956

Taspinar F, Ücüncü H, Bishara SE

Rapid Maxillary Expansion and Conductive Hearing Loss
Angle Orthod 2003; 73, 6: 669-673

Tecco S, Festa F, Tete S

Changes in head posture after rapid maxillary expansion in mouth-breathing girls:
A controlled study
Angle Orthod 2005; 75: 167-172

www.thieme.de/specials/prometheus/images
aufgerufen am 12.05.2006

Timms DJ, Moss JP

A histological investigation into the effects of rapid maxillary expansion on the teeth
and their supporting tissues
Trans Eur Orthod Soc 1971: 263-271

Timms DJ

A study of basal movement with rapid maxillary expansion
Am J Orthod 1980; 77, 5: 500-507

Timms DJ

Rapid Maxillary Expansion
Quintessence, Chicago 1981

Timms DJ

Rapid maxillary expansion in the treatment of nocturnal enuresis
Angle Orthod 1989; 60, 3: 229-233

Timms DJ

The dawn of rapid maxillary expansion
Angle Orthod 1999; 69, 3: 247-250

Treutlein C, Swennen G, Berten JL, Schwestkapolly R

Die transpalatinale Distraction bei Patienten mit und ohne Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
Vortrag, DGKFO 2003

www.uni-leipzig.de/kfo/GNE

aufgerufen am 17.02.2006

Usumez S, Iseri H, Orhan M

Effect of rapid maxillary expansion on nocturnal enuresis
Angle Orthod 2003; 73: 532-538

Vanarsdall RL

Transverse Dimension and Long-Term Stability
Semin Orthod 1999; 5, 3: 171-180

Vardimon AD, Graber TM, Pitaru S

Ursachen und Reparaturvorgänge der externen Wurzelresorption nach Gaumennahterweiterung mit magnetischen und konventionellen Dehnapparaten
Fortschr Kieferorthop 1991; 52, 4: 193-203

Velazquez P, Benito E, Bravo LA

Rapid maxillary expansion. A study of the long-term effects
Am J Orthod Dentofac Orthop 1996; 109: 361-370

Wehrbein H, Yildizhan F

The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation
Eur J Orthod 2001 a; 23, 2: 105-114

Wehrbein H, Diedrich P

Mesio-marginal findings at tilted molars. A histological-histomorphometric study
Eur J Orthod 2001 b; 23, 6: 663-670

Weiland F

Wurzelresorptionen und Kieferorthopädie: Prätherapeutische Warnzeichen
IOK 1999; 31; 3: 225-233

Wertz RA

Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening
Am J Orthod 1970; 58: 41-66

Westwood PV, McNamara JA, Baccetti T

Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances
Am J Orthod Dentofac Orthop 2003; 123: 306-320

Wriedt S, Kunkel M, Zentner A, Wahlmann U-W

Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion. An Acoustic Rhinometric, Morphometric and Sonographic Investigation
J Orofac Orthop 2001; 62, 2: 107-115

Zachrisson BU

Iatrogenic tissue damage following orthodontic treatment
Trans Eur Orthod Soc 1975; 488-501

Ziebe

Tierexperiment zur Gaumennahterweiterung
Göttingen 1930

Ziegelmayr G

Die Indikation der Gaumennahterweiterung vom anthropologischen Standpunkt
Fortschr Kieferorthop 1956; 17: 6-11

Zöller J, Ullrich H

Die kombinierte chirurgisch-kieferorthopädische Gaumennahterweiterung im Erwachsenenalter
Fortschr Kieferorthop 1991; 52, 2: 61-65

Danksagung

Für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas, die Anregungen und wertvollen Hinweise bei der Erstellung der Studie möchte ich Herrn Professor Dr. Peter Schopf meinen herzlichen Dank aussprechen.

Mein besonderer Dank gilt Frau Oberärztin Dr. Gabriele Schuster, die mich mit Rat und Tat während der gesamten Zeit unterstützt hat und Herrn Dipl.-Ing. Holger Zipprich für die Hilfe bei der Erstellung der digitalen Modellansichten.

Für das zeitaufwändige Korrekturlesen und die Hilfe beim Layout möchte ich meinen Freunden Frau Corinna und Herrn Dr. Kyung-Tae Han ganz herzlich danken. Frau Marion Betz gilt mein freundschaftlicher Dank für die stilistische Korrektur der englischen Zusammenfassung und Herrn Dr. Ulrich Hintze für die „Lateinnachhilfe“.

Mein herzlichster Dank gilt meinen lieben Eltern, die mich immer mit viel Geduld und Ansporn unterstützt und diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Nicht zuletzt danke ich meinem Ehemann Olaf, der mir bei statistischen Fragen immer Antwort geben und mich die ganzen Jahre kontinuierlich motivieren konnte.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Iris Borel-Scherf, geb. Borel
Geburtstag	14. März 1968 in Frankfurt am Main
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet
Konfession	evangelisch

Ausbildung

1974-1978	Grundschule Eschborn
1978-1980	Gesamtschule Eschborn
1980-1985	Gesamtschule Kronberg im Taunus
1985-1986	Highschool in Cedar Rapids, Iowa, USA
1986-1988	Gesamtschule Kronberg im Taunus Abschluss: Allgemeine Hochschulreife
1988-1993	Studium der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Frankfurt am Main
Dezember 1993	Zahnärztliche Prüfung/ Staatsexamen und Approbation als Zahnärztin
Februar 2002	Facharztprüfung/ Ernennung zur Zahnärztin für Kieferorthopädie

Berufstätigkeit

05/1994 - 04/1996	Vorbereitungsassistentin Praxis Dr. H. Landenberger/ Dr. N. Burmeister, Bad Soden
05/1996 - 10/1996	angestellte Zahnärztin Praxis Dr. E. Stenger, Offenbach
10/1996 - 12/1996	Praktikum in kieferorthopädischer Praxis Dr. S. Seeger, Frankfurt am Main
01/1997 - 01/1998	Weiterbildungsassistentin für Kieferorthopädie Kieferorthopädische Praxis Dr. U. Klein, Mainz
02/1998 - 05/1999	Weiterbildungsassistentin für Kieferorthopädie Kieferorthopädische Praxis Dr. J. Brühlmann, St.Gallen/Schweiz
05/1999 - 12/1999	angestellte Zahnärztin Kieferorthopädische Praxis Dr. J. Dilger, Oppenheim
02/2000 - 01/2002	Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Frankfurt am Main
Seit 04/2002	Kieferorthopädische Tätigkeit in eigener Praxis in Oberursel

Frankfurt an Main, den 01.06.2007

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

Nebenwirkungen der forcierten Gaumennahterweiterung

Im Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Klinikums der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, Poliklinik für Kieferorthopädie, unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. P. Schopf mit Unterstützung durch Frau Oberärztin Dr. G. Schuster, ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, 01.06.2007