

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
Klinische Medizin der Medizinischen Fakultät
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Jörg Lisson

**Langzeitstabilität nach Straight-Wire Therapie in Abhängigkeit von
der individuellen Protrusion der Unterkieferschneidezähne**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2017

vorgelegt von: Uta Herdis Müller
geboren am: 10.06.1989 in Stuttgart-Bad Cannstatt

Meinen geliebten Eltern

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
1.1	Zusammenfassung	5
1.2	Abstract	6
2	EINLEITUNG	7
2.1	Frontzahnengstand im Unterkiefer	7
2.2	Standard-Edgewise-Technik	8
2.3	Straight-Wire-Technik	9
2.4	Retentionsnotwendigkeit	11
2.5	Retentionsmöglichkeiten	12
2.5.1	Geklebter Retainer	12
2.5.2	Plattenapparatur	13
2.6	Ferröntgenseitenaufnahmen und Kephalometrie	13
2.7	Ziel der Arbeit	14
3	MATERIAL UND METHODEN	15
3.1	Patienten	15
3.2	Modellanalyse	16
3.2.1	Modellherstellung	16
3.2.2	Modellauswertung	17
3.2.2.1	Modellauswertung	17
3.3	Ferröntgenseitbild-Analyse	20
3.3.1	Kephalometrische Referenzpunkte	21
3.3.2	Dentale Referenzpunkte	22
3.3.3	Linien und Ebenen	22
3.3.4	Zeichnung aller Referenzpunkte und –linien	23
3.3.5	Messwerte	24
3.3.5.1	Sagittal	24
3.3.5.2	Vertikal	24
3.3.5.3	Dental sagittal	24
3.4	Statistische Analyse	25
3.5	Methodenfehler	26
4	ERGEBNISSE	27
4.1	Dental	28

4.2	Kephalometrisch	40
4.3	Dental – kephalometrisch	42
4.4	Methodenfehler	46
5	DISKUSSION	47
5.1	Patienten	47
5.2	Methode	47
5.3	Langzeitstabilität und Retentionsgeräte	48
5.4	Dental	51
5.5	Kephalometrisch	53
5.6	Dental – Kephilometrisch	53
5.7	Schlussfolgerung	55
6	LITERATURVERZEICHNIS	56
7	PUBLIKATION / DANKSAGUNG	61
7.1	Publikation	61
7.2	Danksagung	62
8	ANHANG	63
9	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	69

1 Zusammenfassung

1.1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Langzeitstabilität nach einer seit mindestens fünf Jahren abgeschlossenen Multibracketbehandlung (Straight-Wire, System Roth) in Abhängigkeit von der individuellen Protrusion der Unterkieferschneidezähne.

Das Ziel war es herauszufinden, ob das Auflösen des Engstandes durch Proklination mit einem späteren Engstandrezidiv in Zusammenhang steht. Dabei wurden unterschiedliche Retentionsgeräte miteinander verglichen.

Von 44 Patienten, wovon 30 Patienten einen adhäsiv befestigten verseilten Sechspunktretainer der Stärke 0,0170-inch (Gruppe RET) und 14 Patienten eine Retentionsplattenapparatur (Gruppe PA) erhalten hatten, wurden Gipsmodelle zu den Zeitpunkten T1 (vor Behandlungsbeginn), T2 (nach Multibandentfernung) und T3 (fünf Jahre nach Multibandentfernung), sowie Fernröntgenseitbilder zu den Zeitpunkten T1 und T2 ausgewertet. Folgende dentale Parameter wurden erfasst: der Irregularitätsindex nach Little zur Beschreibung des Unterkieferfrontzahnengstandes, die interkanine Distanz, sowie die vordere untere Zahnbogenlänge.

Um Zusammenhänge zwischen der Inklination und dem Frontzahnengstand der unteren Schneidezähne zu untersuchen, wurden folgende kephalometrische Werte herangezogen: Ili_ML, Ili_NB, li_NB.

Im Verlauf der Multibandbehandlung (T1 zu T2) kam es zu einer signifikanten Proklination der unteren Schneidezähne.

In der Gruppe RET kam es im Vergleich zur Gruppe PA zu einem signifikant geringeren Engstandrezidiv im Zeitraum zwischen T2 und T3.

Für die Gruppe PA konnte ein Zusammenhang zwischen der Frontzahnproklination während der Behandlung (T1 zu T2) und der Entwicklung eines Engstandrezidivs von T2 zu T3 nachgewiesen werden.

1.2 Abstract

This study investigates the long-term stability after at least five years completed orthodontic treatment with straight-wire appliances (system Roth) dependent on the individual protrusion of the lower incisors.

The aim of this study was to find out, whether protrusion of the lower incisors (from T1 to T2) correlates with the development of crowding relapse after the treatment (T2 to T3) and in what way this can be influenced by different types of retainers.

44 patients were separated into two groups: group RET (N=30), which got a fixed 0,0170-inch multistrand wire, bonded to all lower six anterior teeth, and group PA (N=14), which got a removable Hawley retainer for the lower jaw. For all 44 patients dental casts were made and evaluated at T1 (pretreatment), T2 (debonding) and T3 (five years post debonding). In addition cephalometric radiographs which were taken at T1 and T2 were evaluated.

Following dental variables were recorded: the irregularity index by Little to describe lower anterior crowding, intercanine width and arch length of the lower jaw.

To describe correlations between lower incisor inclination and lower anterior crowding the following cephalometric variables were recorded: Ili_ML, Ili_NB and li_NB.

During orthodontic treatment (T1 to T2) there was a significant protrusion of the lower incisors.

Compared to group PA, group RET showed significantly less crowding relapse at T2 to T3. A correlation among lower incisor protrusion during orthodontic treatment (T1 to T2) and the developing of crowding relapse (T2 to T3) for group PA could be demonstrated.

2 Einleitung

2.1 Frontzahnengstand im Unterkiefer

In der Kieferorthopädie ist der Zahnengstand eine der häufigsten Zahnstellungsanomalien (26). Das Leitsymptom des Zahnengstands ist der Platzmangel, der sich vor allem – bedingt durch eine Disproportion zwischen Platzangebot und Platzbedarf im Zahnbogen – auf die Zahnstellung der Frontzähne auswirkt (26).

Aufgrund unterschiedlicher Ätiologien kann der Zahnengstand in drei Klassen eingeteilt werden:

- Der angeborene primäre Engstand kommt durch ein Missverhältnis zwischen Zahngröße und Kiefergröße zustande (26, 39).
- Der erworbene sekundäre Engstand entwickelt sich aus einem verfrühten Verlust der Milchzähne in den Stützzonen, welche eine Mesialisierung der Molaren zur Folge hat. Durch diese Tendenz nach mesial entwickelt sich ein Platzverlust für den anterioren Zahnbestand (26, 39).
- Der tertiäre Engstand bildet sich nach Abschluss der Dentition und des Kieferwachstums am Ende des zweiten Lebensjahrzehnts. Er wird auch Adoleszentenengstand genannt und hat verschiedene mögliche Ursachen: die Mesialwanderung der Seitenzähne, Resorptionsvorgänge in der Supramentalfurche des Unterkiefers und ein Wachstumsschub des Unterkiefers. Weiterhin könnte ein Rezidiv nach kieferorthopädischer Behandlung ursächlich sein. Hierbei richten sich durch kieferorthopädische Therapie proklinierte Zähne wieder auf. Diskutiert wird auch der Weisheitszahndurchbruch, welcher allerdings als Ursache für den Engstand sehr umstritten ist (26, 33, 39, 82).

Für den Patienten stehen verschiedene Möglichkeiten bei der Behandlung eines Frontzahnengstandes zur Verfügung:

- Transversale und sagittale Expansion der Zahnbögen
- Reduktion der Zahnbreiten durch proximale Schmelzreduktion
- Therapeutische Reduktion der Zahnzahl

Zur Durchführung dieser Therapien können festsitzende oder herausnehmbare Apparaturen genutzt werden, die im Folgenden näher beschreiben werden (26, 39).

2.2 Standard-Edgewise-Technik

In der ursprünglichen Edgewise-Technik von 1926 nach Angle werden Brackets mit einheitlichen Bracketschlitz auf den Zähnen positioniert (5). Bracketbasis und Bracketschlitz sind in einem Winkel von 90° zueinander angebracht, unabhängig vom Typ des Zahnes. Die Informationen bezüglich der gewünschten Zahnbewegung werden in diesem Fall mittels Biegungen erster, zweiter und dritter Ordnung in den Bogen integriert (16, 65).

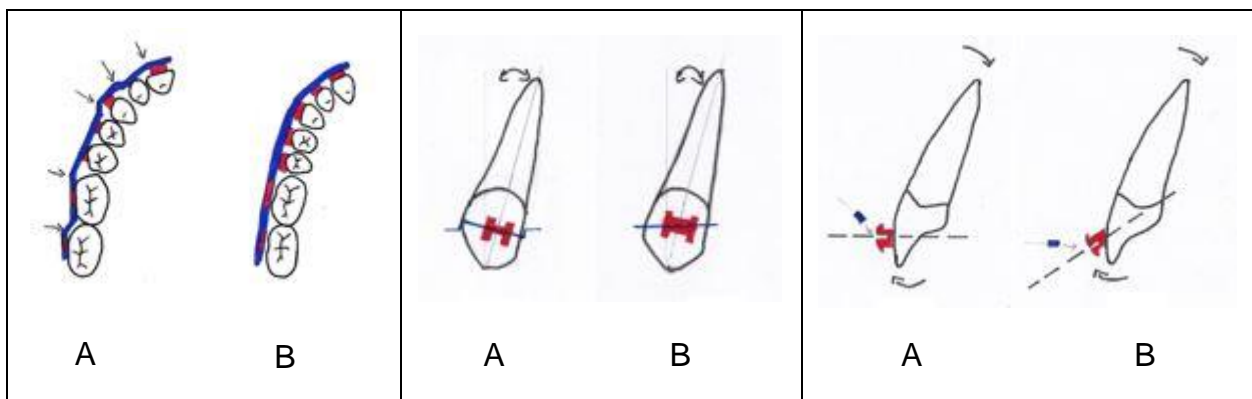


Abb. 1: Vergleichende Darstellung zwischen Standard-Edgewise-Brackets (A) und Straight-Wire-Brackets (B) bezüglich In/Out, Angulation und Torque.

2.3 Straight-Wire-Technik

Das Straight-Wire-System von Andrews wurde 1970 als Weiterentwicklung der Standard-Edgewise-Technik bekannt (4).

Zahlreiche von Andrews durchgeführte Untersuchungen an Idealgebissen verdeutlichten sechs Kennzeichen einer richtigen Okklusion. Andrews bezeichnete diese als „6 Schlüssel“ (3):

- 1.) Molarenrelation: Der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren greift in die Fossa zwischen dem mesialen und mittleren Höcker des unteren ersten Molaren. Der distobukkale Höcker des oberen Sechsjahrmolaren okkludiert mit dem mesiobukkalen Höcker des unteren Zwölfjahrmolaren. Der mesiopalatinale Höcker des oberen Sechsjahrmolaren steht in Kontakt mit der zentralen Grube des unteren Sechsjahrmolaren.
- 2.) Kronenangulation, mesiodistale Angulation: Der Zahn mit Wurzel ist in seiner Längsachse nach distal geneigt.
- 3.) Kronenneigung, labio-lingualer Torque: Die oberen Schneidezähne haben einen labialen Kronentorque. Die oberen Eckzähne, Prämolaren und Molaren haben einen relativ konstanten palatinalen Kronentorque, wobei er bei den Molaren etwas stärker ausgeprägt ist. Im Unterkiefer ist ein von den Eckzähnen über die Prämolaren bis hin zu den Molaren ansteigender lingualer Kronentorque festzustellen.
- 4.) Keine Rotationen der Zähne.
- 5.) Enge Kontaktpunkte.
- 6.) Flache, beziehungsweise nur geringfügig ausgeprägte Spee-Kurve.

Im Gegensatz zur Edgewise-Technik sind die Informationen der Zahnbewegungen – In/Out, Angulation und Torque – bereits in das Bracket programmiert, sodass ein gerader Bogen in die Bracketschlitze eingebracht werden kann (4, 10, 16, 49, 63). Abhängig von der Art und der Größe des Zahnes wird jedem Zahn ein spezielles Bracket zugewiesen (4).

Eine Biegung erster Ordnung, auch als In/Out-Biegung bezeichnet, bezieht sich auf die horizontale Zahnstellung im Kiefer. Verschiedene Basisstärken der Brackets geben die Informationen der idealen Zahnposition an den Bogen weiter (4, 26).

Biegungen zweiter Ordnung sind ebenfalls in den Brackets vorhanden. Diese beziehen sich auf die mesio-distale Kronen- und Wurzeleinstellung und sind durch die Angulation im Bracketschlitz einprogrammiert (4).

Biegungen dritter Ordnung, der Torque, werden in der Edgewise-Technik durch die Verwindungen einzelner Bogenabschnitte gegeneinander erreicht (65). Im Straight-Wire-System ist diese Information, die zur labio-lingualen Zahnkipfung notwendig ist, durch eine nach inzisal oder apikal geneigte Bracketschlitzebene festgelegt, wobei die Mitte des Bracketschlitzes auf gleicher Höhe wie die Mitte der klinischen Zahnkrone liegt (4).

Hieraus resultiert, dass die Bracketschlitzes beim Straight-Wire-System horizontal in einer Ebene liegen und somit ein gerader Bogen zum Einsatz kommen kann. Einzig in Form, Legierung und Querschnitt differieren die Straight-Wire-Bögen. Das System Roth geht ebenfalls auf Andrews zurück. Es beruht vor allem auf dem Prinzip der Überkorrektur bei vornehmlicher Verwendung der Extraktionsbrackets von Andrews. Die Besonderheit der Extraktionsbrackets liegt in ihren Antirotations- und Antikippeigenschaften, die normale Straight-Wire-Brackets nicht haben. Das Ziel des System Roth ist eine überkompensierte Zahnstellung, wobei diese Überkompensation bereits in die Bänder und Brackets integriert ist, damit sich die Zähne später nach der Multibandtherapie, bei Verwendung eines Positioners, korrekt anordnen können (25, 65). Die Standard-Bracketschlitzweite des System Roth beträgt 0,022“.

2.4 Retentionsnotwendigkeit

Ein Rezidiv beschreibt die Tendenz von Zähnen, die mit Hilfe kieferorthopädischer Apparaturen innerhalb des Knochens bewegt wurden, sich wieder in die Ausgangsposition zurückzubewegen (2, 34, 64).

Seit vielen Jahrzehnten wird versucht das Problem des Rezidivs zu ergründen, zu verstehen und zu beheben (2, 19, 34, 42, 47). Bisher wurden viele Faktoren diskutiert, die zu einem Rezidiv führen sollen. Darunter beispielsweise die Veränderung von Zahnbogen und Zahnbogenbreite, funktionelle Ursachen wie Habits und Dysfunktionen, genetische Faktoren, zu wenig Anpassungszeit für Knochen und Gewebe als auch behandlungsspezifische Komponenten. Es wurden viele Behauptungen aufgestellt, doch Tatsache ist, dass die genaue Ätiologie immer noch unklar ist (38, 46, 48).

Moyers beschrieb 1973 die Retention als: „Die Zeit, die notwendig ist, um die erreichte Zahnposition nach einer kieferorthopädischen Behandlung zu erhalten“ (50).

Durch eine kieferorthopädische Behandlung mittels Multiband werden Zähne aus ihrer ursprünglichen Position in eine gewollte Zielposition bewegt. Der Kieferknochen ist maßgeblich an diesem Prozess durch Ab- und Umbauprozesse beteiligt, ebenso wie die angrenzenden Weichgewebe, besonders die gingivalen und parodontalen Fasern (29, 35, 54–57, 61, 71, 77). Da alle beteiligten Gewebe eine gewisse Zeit benötigen um sich an diese neue Position zu adaptieren, ist es empfehlenswert diesen Prozess mit einem Retentionsgerät, festsitzend oder herausnehmbar, zu unterstützen (46, 57, 62).

Nach Reitan bleiben die noch nicht angepassten suprakrestalen parodontalen Fasern bis 232 Tage nach der aktiven kieferorthopädischen Behandlung gespannt und verzerrt, wodurch während dieser Zeit eine starke Rezidivtendenz besteht (55, 56).

2.5 Retentionsmöglichkeiten

Da in dieser Studie ausschließlich Patienten mit geklebten Retainern und Retentionsplattenapparaturen untersucht wurden, werden im Folgenden nur diese Retentionsarten näher beschrieben.

2.5.1 Geklebter Retainer

Unter einem Retainer versteht man einen Draht unterschiedlicher Stärke, wobei die ersten Varianten rund, plan oder rechteckig waren. Festsitzende Retainer gewannen erst in den 80er Jahren, vor allem durch die Studien von Zachrisson an Bedeutung (81). Dies ist der Tatsache zuzuschreiben, dass durch das Aufkommen der Säure-Ätz-Technik die Befestigung deutlich vereinfacht wurde und ästhetisch ansprechender war (12). Seit 1982 arbeitete man auch zunehmend mit verseiltem Draht, wobei hier Artun und Zachrisson eine entscheidende Rolle gespielt haben (6). Man unterscheidet den Zweipunktretainer (Cuspid-Retainer), der allen Frontzähnen lingual anliegt und nur an den Eckzähnen mittels Komposit befestigt wird, vom Sechspunktretainer. Dieser liegt allen sechs Frontzähnen lingual an und wird an jedem einzelnen Frontzahn mit Komposit befestigt. In dem von Ihlow und Kubein-Meesenburg veröffentlichten Handbuch zur klinischen Anwendung des Retentionskatalogs wird als Standardretainer der Zweipunktretainer angegeben (30). Der Sechspunktretainer soll eine Ausnahme darstellen und vor allem bei erwachsenen Patienten angewandt werden. Viele Untersuchungen bezüglich des Materials, der Stärke, des Befestigungskunststoffes und anderer Variablen wurden durchgeführt, doch die Vielfältigkeit der Retainer-Systeme führte dazu, dass bisher kein Goldstandard festgelegt werden konnte (1, 9, 58).

Hinsichtlich der Rezidivprävention werden Retainer gegenüber Retentionsplattenapparaturen häufig bevorzugt (37, 38). Dies kann unter anderem der geringeren Compliance-Notwendigkeit zugeschrieben werden (7, 38, 68). Ein weiterer Vorteil stellt die Unsichtbarkeit dieses Retentionsmittels dar. Der Nachteil von geklebten Retainern ist die erhöhte Techniksensitivität beim Einsetzen und die vermehrte Akkumulation von Plaque.

2.5.2 Plattenapparatur

Bereits 1919 beschäftigte sich Hawley intensiv mit herausnehmbaren Retentionsgeräten (27). Inspiriert wurde er 1906 durch einen Besuch bei McBride in Deutschland. Seither ist die Retentionsplattenapparatur nach Hawley Bestandteil der kieferorthopädischen Retention (27). Bezogen auf den Unterkiefer gestaltet sich die Plattenapparatur als eine Kunststoffbasis, die die lingualen Zahnflächen aller Zähne berührt und in die anterior ein Labialbogen aus Edeldraht eingearbeitet ist. Der Labialbogen umfasst die vorderen sechs Frontzähne von labial. Nach Hawley soll der Retainer sechs Monate lang konstant getragen werden (27). Lediglich zur Reinigung und zum Essen sollte er entfernt werden. Nach dieser Periode soll die Plattenapparatur ein Jahr lang nur noch nachts getragen werden. Im Anschluss ist ein regelmäßiges Tragen der Plattenapparatur nicht mehr notwendig. Lediglich zur Kontrolle sollte die Plattenapparatur gelegentlich eingesetzt werden, um etwaige Zahnbewegungen zu erkennen. Die Vorteile von Retentionsplattenapparaturen sind die gute Hygienefähigkeit sowie die bessere Stabilisierung der transversalen Kieferrelation. Die Nachteile dieser Retentionsform sind die Compliance-Abhängigkeit sowie der geringere Tragekomfort für den Patienten.

2.6 Fernröntgenseitaufnahmen und Kephalometrie

Durch die Übernahme der Fernröntgenaufnahmetechnik aus der Kardiologie haben Hofrath in Deutschland und Broadbent in den USA unabhängig voneinander im Jahre 1931 die Basis des Fernröntgenseitbilds (FRS) am Schädel geschaffen (11, 28).

Standardisierte Methoden halfen ein nahezu größenrichtiges und verzerrungsarmes Röntgenseitbild anzufertigen, das in der Norma lateralis die wichtigsten kieferorthopädischen Strukturen darstellen kann: Viszerokranium und Schädelbasis, Dentition und Kieferbasen sowie das Profil der Weichgewebe (15). Das FRS ist ein äußerst wichtiges diagnostisches Hilfsmittel für Aussagen über sagittale und vertikale Zahn- und Kieferstellungsanomalien. Aussagen über transversale Anomalien können nicht getroffen werden, da die abzubildenden Strukturen nicht dargestellt werden können.

Hierdurch kann im Rahmen von Vergleichen sequentieller Aufnahmen auch der Behandlungsfortschritt dokumentiert und gewertet werden, da der Patient reproduzierbar im sogenannten Kephalostat positioniert wird. Hofrath bezeichnete es als ein vorurteilsfreies und wissenschaftliches Beweismittel (28).

Es wurden Zahlreiche Verfahren zur Analyse und Auswertung eines FRS entwickelt, beispielsweise 1948 von Downs, 1953 von Steiner und 1957 von Ricketts, wobei auch heutzutage noch keine universalgültige Auswertungsmethode besteht (15, 17, 18, 60, 61, 73–75).

Durch ein FRS können Aussagen getroffen werden über:

- Gesichtsschädelaufbau
- Relation der Kieferbasen zueinander (sagittal/vertikal)
- Relation der Schneidezahnachsen zueinander, zur Kiefer- oder Schädelbasis
- Wachstumstendenz und –richtung
- Weichteilmorphologie
- Beurteilung der dentalen und skelettalen Effekte nach einer kieferorthopädischen Therapie

2.7 Ziel der Arbeit

In dieser Studie sollte die Veränderung einer erfolgreich korrigierten Unterkieferfrontzahnstellung nach kieferorthopädischer Therapie mittels Straight-Wire-Apparatur in Abhängigkeit von der Ausgangssituation untersucht werden.

Ziel war es herauszufinden, ob das Ausmaß der therapeutisch induzierten Proklination von Unterkiefer-Schneidezähnen, im Rahmen der Auflösung eines Frontzahnengstandes, mit einem späteren Engstandrezidiv korreliert. Weiterhin sollte eine mögliche Korrelation zwischen Ausmaß eines Rezidivs und dem verwendeten Retentionsgerätetyp überprüft werden.

3 Material und Methoden

3.1 Patienten

Die untersuchten Patienten wurden nach Bestimmung der Einschlusskriterien aus den verfügbaren Daten der Klinik für Kieferorthopädie der Universitätsklinik des Saarlandes retrospektiv ausgewählt. Berücksichtigt wurden so alle Patienten, die folgende Kriterien erfüllten:

- Vollständige Gipsmodelle
 - o Vor Behandlungsbeginn (T1)
 - o Nach Multibandentfernung (T2)
- FRS vor Behandlungsbeginn (T1)
- FRS zum Zeitpunkt der Multibandentfernung, bzw. maximal 9 Monate vor der Multibandentfernung (T2)
- Eine seit mindestens fünf Jahren abgeschlossene Straight-Wire Therapie
- Entweder einen festsitzenden Sechspunktretainer oder eine Retentionsplattenapparatur für den Unterkiefer

Ausschlusskriterien waren:

- kraniofaziale Syndrome
- prothetische Versorgungen im Frontzahnbereich
- persistierende Habits und Dyskinesien
- fehlende Unterkieferschneidezähne

Die Durchführung dieser Studie wurde durch die Ethikkommission der Ärztekammer des Saarlandes genehmigt (Studie 84/14). Es wurden insgesamt 229 Patienten schriftlich zur Nachuntersuchung eingeladen. 44 Patienten haben durch Unterzeichnung einer Einwilligung- und Datenschutzerklärung zugestimmt an der Studie teilzunehmen. Folgende Daten wurden erhoben:

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- Herstellungsdaten der Gipsmodelle und FRS von T1 und T2
- Datum der Multibandentfernung
- Verwendung von Retainern oder Plattenapparaturen

- Kontaktdaten

Die Patienten wurden nach Art des Retentionsgerätes in zwei Gruppen eingeteilt:

Gruppe RET (N=30):

Patienten mit einem adhäsiv befestigten lingualen Sechspunktretainer aus verseiltem Draht der Stärke 0,0170-inch, im Folgenden »Retainer« genannt.

Gruppe PA (N=14):

Patienten mit einer Retentionsplattenapparatur für den Unterkiefer.

3.2 Modellanalyse

Für jeden Patienten wurden Unterkiefer-Gipsmodelle vor Behandlungsbeginn (T1), nach Multibandentfernung (T2) und fünf Jahre nach Multibandentfernung (T3) analysiert. Die Gipsmodelle vor Behandlungsbeginn und nach Multibandentfernung waren bereits vorhanden.

3.2.1 Modellherstellung

Zur Herstellung des Modells T3 wurden zunächst Ober- und Unterkiefer der Patienten mit Alginate (algistar classic von Müller-Omicron) abgeformt und schließlich das dritte Gipsmodell (T3) im Studienverlauf aus Superhartgips Typ IV nach DIN EN ISO 6873 hergestellt. 27 Modelle wurden aus Fujirock (GC EUROPE N.V.), 13 Modelle aus Quadro-rock Plus (Picodent), zwei Modelle aus SheraHardRock (SHERA) und zwei Modelle aus SheraMaximum (SHERA) hergestellt. Anschließend wurden die Modelle dreidimensional nach Tränkmann getrimmt (79).

3.2.2 Modellauswertung

Die in Tab. 1 angegebenen Parameter wurden für alle Gipsmodelle zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 erhoben. Alle Modelle wurden dreimal in einem Abstand von mindestens zwei Wochen von derselben Person vermessen. Anschließend wurde mit den Mittelwerten gearbeitet. Folgende Hilfsmittel kamen zum Einsatz:

- Digitaler Messschieber (HSL 246-15, Hammacher GmbH) mit einer Genauigkeit von 1/100 mm
- Messplatte nach Schmuth (66)

3.2.2.1 Modellauswertung

Parameter	Abk.	Definition - klinische Bedeutung
Irregularitäts-Index nach Little	IRI	Im Unterkieferfrontzahnbereich wird die lineare Distanz zwischen den anatomischen Kontaktpunkten eines jeden Zahnes zu dem seines Nachbarn gemessen. Von Eckzahn zu Eckzahn ergeben sich somit 5 Messwerte, die addiert werden; die Summe definiert die Frontzahnirregularität.
Interkanine Distanz	IcD	Abstand Eckzahnspitze zu Eckzahnspitze; Zahnbogenbreitenanalyse.
Anteriore Zahnbogenbreite	aZBB	Bleibendes Gebiss: Distanz zwischen den distalen Kontaktpunkten der ersten unteren Prämolaren. Milch-/Wechselgebiss: Distanz zwischen den distobukkalen Höckerspitzen der ersten unteren Milchmolaren.
vordere untere Zahnbogenlänge nach Korkhaus (36)	LU	Distanz zwischen der am weitesten anterior stehenden Labialfläche eines unteren Schneidezahnes senkrecht zur Geraden durch die Messpunkte der aZBB; erfasst sagittale Zahnstellungsanomalien im unteren Frontzahnbereich.

Tab. 1: Erhobene Parameter der Modellauswertung

Zur Bestimmung des Irregularitätsindex nach Little (IRI) wurde das Unterkiefermodell auf eine horizontale Fläche gestellt (40). Im Unterkieferfrontzahnbereich wurde die lineare Distanz zwischen den einzelnen anatomischen Kontaktpunkten eines jeden Zahnes zu dem seines Nachbarn gemessen. Die Summe der Kontaktpunktabweichungen A, B, C, D und E ergibt den IRI (Abb. 2). Je größer der Wert des IRI ist, desto größer ist die Frontzahnirregularität.

Zur Bestimmung der interkaninen Distanz (IcD) bei abradierten Höckerspitzen wurden die ursprünglichen Höckerspitzen geschätzt. Bei den Modellen mit noch vorhandenen Eckzähnen der ersten Dentition (N=3) wurden diese wie Eckzähne der zweiten Dentition behandelt und ausgewertet. Bei Wechselgebissmodellen zu T2, die keine Eckzähne aufwiesen, wurde zur Bestimmung des Irregularitätsindex nach Little die gleiche Kontaktpunktabweichung in Millimetern gewählt wie sie zu T1 zwischen 32/73 und 42/83 vorhanden war (N=2). Bei drei Patienten war kein Modell vom Tag der Multibandentfernung vorhanden, weswegen das Modell davor (maximal sieben Monate) bzw. danach (zwei Monate) verwendet wurde.

Zur Bestimmung der vorderen unteren Zahnbogenlänge (LU) wurde eine Gerade durch den distalen Kontaktpunkt der ersten Prämolaren im Unterkiefer gezogen und auf diese das Lot durch die am weitesten anterior stehende Labialfläche eines unteren Schneidezahnes gefällt. Im Falle noch vorhandener erster Milchmolaren, wurde eine Gerade durch die distobukkale Höckerspitzen gezogen. Bei Modellen ohne erste Prämolaren bzw. erste Milchmolaren in einem Quadranten wurde die Breite des gegenüberliegenden Prämolaren/Milchmolaren auf die kontralaterale Seite projiziert und somit der Referenzpunkt näherungsweise ermittelt (N=2).

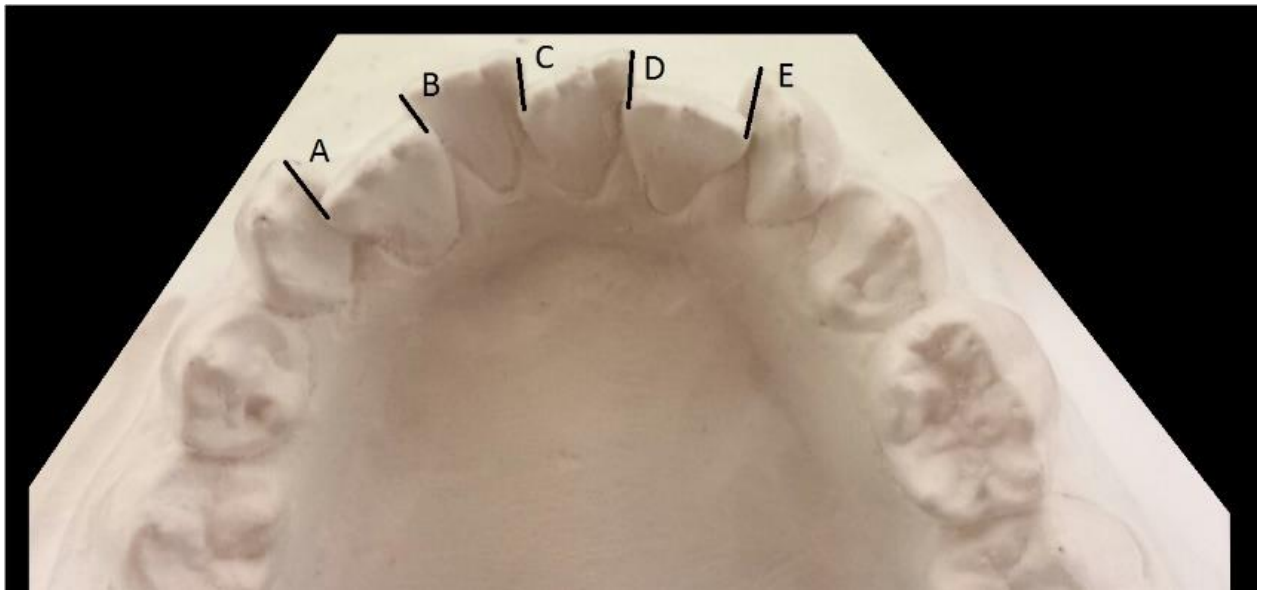


Abb. 2: Die Σ ABCDE bildet den Irregularitätsindex nach Little

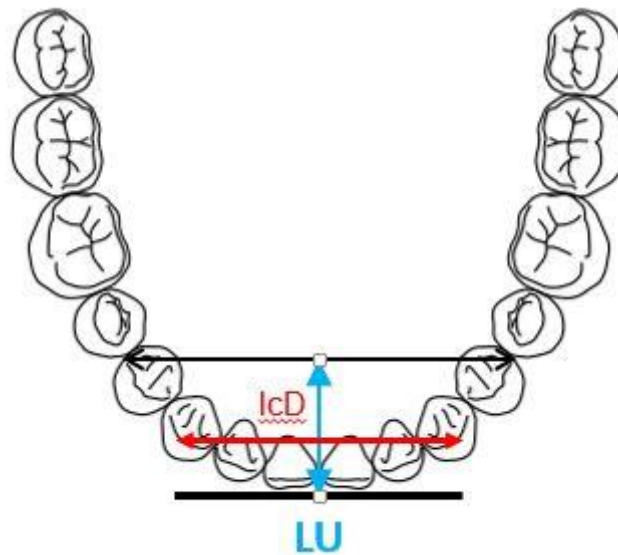


Abb. 3: Schematische Darstellung der Messungen im Unterkiefer; blau: vordere untere Zahnbogenlänge (LU); rot: interkanine Distanz (IcD).

3.3 Fernröntgenseitbild-Analyse

Von allen 44 Patienten wurde das FRS vor Behandlungsbeginn (T1) und das FRS nach Multibandentfernung (T2) digital mit der Software OnyxCeph® nach dem Homburger System im Abstand von vier Wochen zweimal von derselben Person ausgewertet. Alle noch nicht digitalisierten FRS wurden zu diesem Zweck eingescannt. 24 FRS wurden am Tag der Multibandentfernung angefertigt. Bei 20 FRS erfolgte die Anfertigung im Verlauf der Behandlung, bzw. maximal 9 Monate vor der Multibandentfernung. Da eine dreidimensionale Struktur nur zweidimensional wiedergegeben werden kann, muss der Abbildungsmaßstab der Röntgenaufnahme bekannt sein um metrische Analysen durchführen zu können. Hierfür wird ein Maßstab bekannter Länge am Gerät positioniert und die Aufnahme schließlich mithilfe der Software kalibriert (51). Somit sind nicht nur Winkel-, sondern auch Streckenmessungen möglich.

Bei vier Patienten war die Messskala nicht im FRS vorhanden, da diese bei der Anfertigung des Röntgenbildes nicht am Kephhalostat in Position gebracht worden war. Diese FRS wurden ausgewertet, indem die Skalierung von vorher angefertigten FRS derselben Person verwendet wurde.

Alle in Tab. 2 bis Tab. 7 beschriebenen Referenzpunkte und Messwerte wurden jeweils für T1 und T2 bestimmt.

3.3.1 Kephalemtrische Referenzpunkte

Referenzpunkt	Abk.	Definition
Nasion	N	Der anteriorste Punkt der Sutura nasofrontalis. Falls die Sutura nach vorne offen und V-förmig war, wurde der posteriorste Punkt dieses V's gewählt.
Sellamitte	S	Mittelpunkt der knöchernen Sella turcica.
Basion	Ba	Posteriorster und kaudalster Punkt des Clivus.
Artikulare	Ar	Schnittpunkt der dorsalen Kontur des aufsteigenden Unterkieferastes mit der unteren Schädelbasis.
vertikaler Tangentenpunkt	T1	Von Artikulare ausgehender Tangenten-Berührungspunkt an der dorsalsten Kontur des aufsteigenden Unterkieferastes.
Menton	Me	Kaudalster Punkt der Unterkiefersymphyse; hat den größten Abstand zur Sella-Nasion-Linie.
horizontaler Tangentenpunkt	T2	Von Menton ausgehender Tangenten-Berührungspunkt an der kaudalsten Kontur der Unterkieferbasis.
Pogonion	Pog	Anteriorster Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene.
B-Punkt	B	In der Median-Sagittal-Ebene gelegener dorsalster Punkt der vorderen Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes.
Spina nasalis anterior	Spa	Anteriorster Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior.
A-Punkt	A	In der Median-Sagittal-Ebene gelegener dorsalster Punkt der vorderen Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes.
Spina nasalis posterior	Spp	Dorsalster Punkt des knöchernen Nasenbodens.

Tab. 2: Kephalemtrische Referenzpunkte

3.3.2 Dentale Referenzpunkte

Referenzpunkt	Abk.	Definition
Apikale des oberen Eisers	Aps	Wurzelspitze des oberen mittleren Schneidezahnes, der am weitesten labial steht.
Inzision superius	Is	Die am weitesten labial stehende Schneidekante eines oberen mittleren Schneidezahnes.
Inzision inferius	li	Die am weitesten labial stehende Schneidekante eines unteren mittleren Schneidezahnes.
Apikale des unteren Eisers	Api	Wurzelspitze des unteren mittleren Schneidezahnes, der am weitesten labial steht.
hinterer Punkt des Okklusionsplanums	hPOcP	Der distalste Berührungspunkt der letzten in Okklusion stehenden Molaren.

Tab. 3: Dentale Referenzpunkte

3.3.3 Linien und Ebenen

Linie, Ebene	Abk.	Definition, klinische Bedeutung
Nasion-Sella-Linie	NSL	Verbindungsline N-S; Neigungsbestimmung der anterioren Schädelbasis.
Mandibular-Linie	ML	Verbindungsline Me-T2; Neigungsbestimmung der Unterkieferbasis.
Nasal-Linie	NL	Verbindungsline Spa-Spp; Neigungsbestimmung der Oberkieferbasis.
Ramus-Linie	RL	Verbindungsline Ar-T1.
Linie Nasion-A-Punkt	NA	Verbindungsline N-A; Neigungsbestimmung der Oberkiefer-Schneidezähne.
Linie Nasion-B-Punkt	NB	Verbindungsline N-B; Neigungsbestimmung der Unterkiefer-Schneidezähne.
Inzisallinie des Unterkiefers	Ili	Verbindungsline li-Api; Neigungsbestimmung der Unterkiefer-Schneidezähne.
Okklusionsebene	OcP	Verbindungsline durch den halbierten Abstand zwischen Is und li, sowie hPOcP.

Tab. 4: Linien und Ebenen

3.3.4 Zeichnung aller Referenzpunkte und -linien

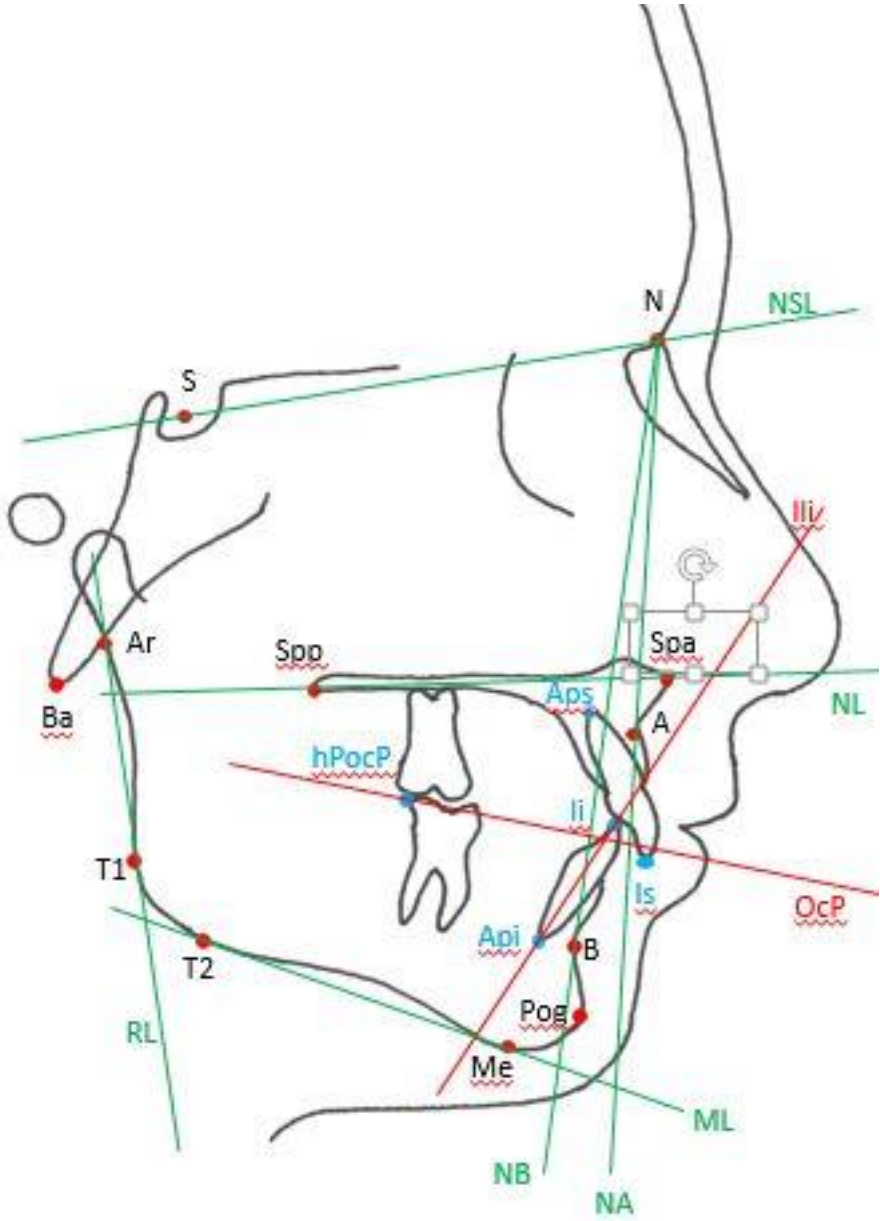


Abb. 4: Referenzpunkte und -linien im FRS

3.3.5 Messwerte

3.3.5.1 Sagittal

Parameter	Klinische Bedeutung
NSBa [°]	Abknickung der Schädelbasis.
SNA [°]	Sagittale Position der Maxilla zur anterioren Schädelbasis.
SNB [°]	Sagittale Position der Mandibula zur anterioren Schädelbasis.
SNPog [°]	Sagittale Position des Kinns zur anterioren Schädelbasis.
Pog-NB [mm]	Ausprägung des knöchernen Kinns.
ANB [°]	Sagittale Position der Maxilla zur Mandibula.
WITS-Wert [mm]	Strecke, durch fallen der Senkrechten von A-Punkt und B-Punkt auf die Okklusionsebene; Bestimmung der skelettalen Kieferrelation, unabhängig von der Schädelphysiognomie.

Tab. 5: Messwerte sagittal

3.3.5.2 Vertikal

Parameter	Klinische Bedeutung
ML/NL [°]	Winkel zwischen Unterkieferbasis und Oberkieferbasis; offener/tiefer Biss.

Tab. 6: Messwerte vertikal

3.3.5.3 Dental sagittal

Parameter	Klinische Bedeutung
Ili_ML [°]	Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Inklinationsbestimmung.
Ili_NB [°]	Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; Inklinationsbestimmung.
Ii_NB [mm]	Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; Inklinationsbestimmung.

Tab. 7: Messwerte dental sagittal

3.4 Statistische Analyse

Das Datenmaterial wurde mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft® Excel 2013 verarbeitet. Mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS® (SPSS Inc., Chicago, USA) Version 23 für Windows erfolgte die statistische Auswertung aller Daten. Zur Überprüfung auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden zweier unabhängiger Gruppen (RET vs. PA) wurde ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Der t-Test für abhängige Stichproben wurde verwendet, um Mittelwertunterschiede von zwei abhängigen Stichproben zu testen (z.B. Zeitpunkt T2 vs. T3). Eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung wurde gerechnet, um die drei Zeitpunkte (T1, T2, T3) miteinander zu vergleichen. Bei einem zu geringen Stichprobenumfang wurde der exakte Test nach Fisher angewandt. Der Pearson'sche Korrelationskoeffizient r_P soll den linearen Zusammenhang zwischen zwei metrischen Variablen aufzeigen.

Da nicht alle Zielvariablen normalverteilt und außerdem die Stichprobenumfänge in den beiden Gruppen stark unterschiedlich sind, wurden die Ergebnisse zur Absicherung mit den entsprechenden nicht-parametrischen Tests gerechnet. Zur Anwendung kamen der Mann-Whitney-U-Test, der Wilcoxon-Test und der Korrelationskoeffizient nach Spearman r_{Sp} .

Die Signifikanzniveaus für alle Tests wurden folgendermaßen festgelegt:

$p \geq 0,05$ (n.s.)	nicht signifikant
$p < 0,05$ (*)	gering signifikant
$p < 0,01$ (**)	signifikant
$p < 0,001$ (***)	hoch signifikant

Die Korrelation wurde folgendermaßen beurteilt:

$r < 0,35$	schwache Korrelation
$r = 0,35 - 0,80$	mittlere Korrelation
$r > 0,80$	starke Korrelation

Es fand keine geschlechtsspezifische Untersuchung statt.

3.5 Methodenfehler

Um den Methodenfehler zu ermitteln, wurden 35 FRS ein zweites Mal ausgewertet. Die Größenbestimmung des Mess- und Methodenfehlers erfolgte mit Hilfe der Dahlberg-Formel (14).

$$MF = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

(d = Differenz zwischen 2 Messungen; n = Anzahl der Messungen)

Formel 1: Methodenfehler, Formel nach Dahlberg

4 Ergebnisse

Zum Zeitpunkt T1 der Modellherstellung waren die Patienten durchschnittlich $12,36 \pm 6,58$, zum Zeitpunkt T2 $16,18 \pm 6,46$ und zum Zeitpunkt T3 $24,58 \pm 6,77$ Jahre alt. Zum Zeitpunkt T1 der FRS-Anfertigung waren die Patienten durchschnittlich $12,45 \pm 6,54$ und zu T2 $16,01 \pm 6,47$ Jahre alt. Die Multibandtherapie dauerte durchschnittlich $3,83 \pm 1,8$ Jahre.

Die Tabellen der Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), von Median, Minimum und Maximum für den IRI, die IcD und die LU zu den unterschiedlichen Zeitpunkten sind für alle Patienten (Tab. 24, Tab. 25, Tab. 26) und nach Gruppen verteilt (Tab. 27 bis Tab. 32) im Anhang aufgeführt. Die Tabellen der Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), von Minimum und Maximum zum Zeitpunkt T1 und T2 sind für folgende Parameter im Anhang aufgeführt: Ili_ML, Ili_NB, li_NB (Tab. 33, Tab. 34).

4.1 Dental

Korrelation zwischen der vorderen unteren Zahnbogenlänge (LU) zu T1 und dem Irregularitätsindex (IRI) zu T1

Zum Zeitpunkt T1 liegt eine gering signifikante, mittelstarke Korrelation zwischen der LU und dem IRI vor, die einen negativen Zusammenhang beschreibt (Tab. 8, Abb. 5). Das bedeutet, je größer der IRI bei T1 ist, desto kleiner ist die LU bei T1.

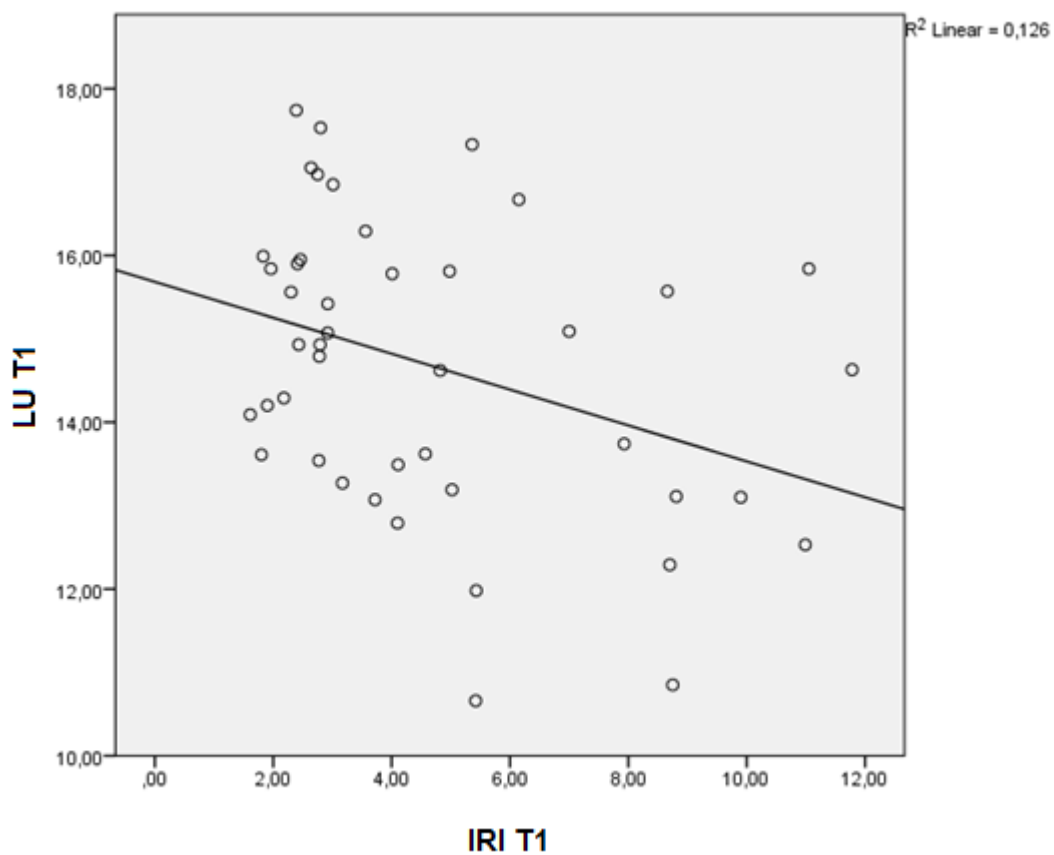


Abb. 5: Korrelation zwischen der LU zu T1 und dem IRI zu T1. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; Angaben in [mm].

Korrelation zwischen der vorderen unteren Zahnbogenlänge (LU) zu T2 und dem Irregularitätsindex (IRI) zu T1

Es kann keine signifikante Korrelation zwischen der LU zum Zeitpunkt T2 und dem IRI zum Zeitpunkt T1 (Tab. 8, Abb. 6) und somit kein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Frontzahnengstandes im Unterkiefer zu T1 und der LU zu T2 nachgewiesen werden.

	N	r _P	Sig.	r _{Sp}	Sig.
LU T1 - IRI T1	44	-0,356	*	-0,372	*
LU T2 - IRI T1	44	0,186	n.s.	0,28	n.s.

Tab. 8: Korrelation zwischen der LU der Zeitpunkte T1, T2 und dem IRI der Zeitpunkte T1. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P: Korrelationskoeffizient nach Pearson; r_{Sp}: Korrelationskoeffizient nach Spearman; p \geq 0,05 (n.s.); p<0,05 (*); p<0,01 (**); p<0,001 (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

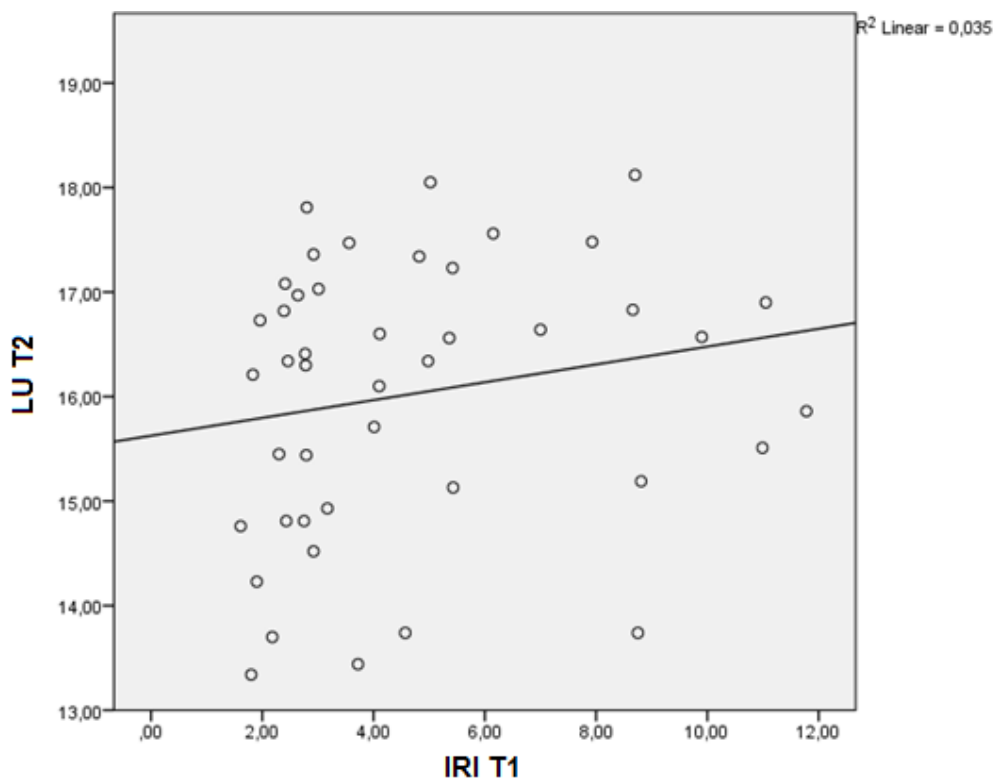


Abb. 6: Korrelation zwischen der LU zu T2 und dem IRI zu T1. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; Angaben in [mm].

Korrelation zwischen der vorderen unteren Zahnbogenlänge (LU) zu T3 und dem Irregularitätsindex (IRI) zu T1 (für Gruppe RET und PA)

Weder für die Gruppe RET noch für die Gruppe PA, lässt sich eine signifikante Korrelation zwischen der LU zum Zeitpunkt T3 und dem IRI zum Zeitpunkt T1 nachweisen (Tab. 9, Abb. 7).

	N	r_P	Sig.	r_{Sp}	Sig.
LU T3-IRI T1 RET	30	0,187	n.s.	0,237	n.s.
LU T3-IRI T1 PA	14	-0,153	n.s.	-0,046	n.s.

Tab. 9: Korrelation zwischen der LU zu T3 und dem IRI zu T1, für Gruppe RET und Gruppe PA. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P : Korrelationskoeffizient nach Pearson; r_{Sp} : Korrelationskoeffizient nach Spearman; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

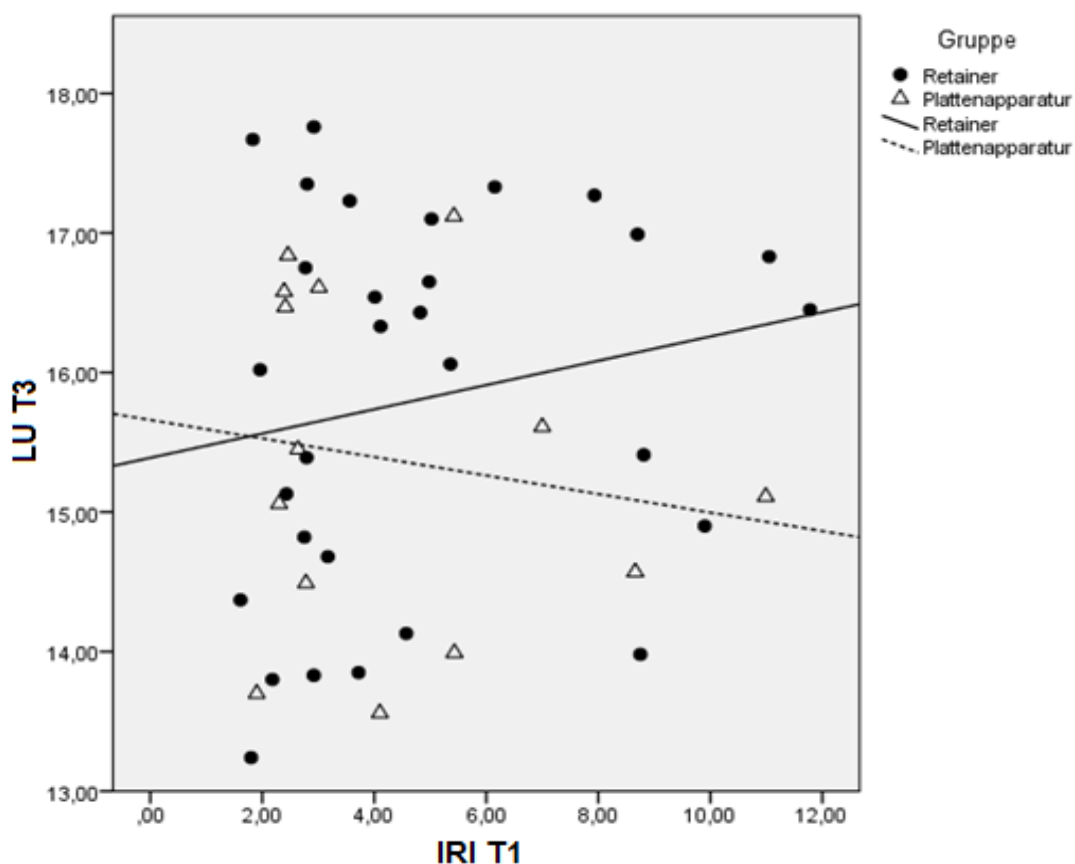


Abb. 7: Korrelation zwischen der LU zu T3 und dem IRI zu T1. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; Angaben in [mm].

Korrelation zwischen der vorderen unteren Zahnbogenlänge (LU) zu T1 und dem Irregularitätsindex (IRI) zu T3 (für Gruppe RET und PA)

Für die Gruppe RET lässt sich keine Korrelation zwischen der LU zu T1 und dem IRI zu T3 nachweisen.

Für die Gruppe PA ergibt sich eine negative Korrelation mittlerer Stärke, die nicht signifikant ist (Tab. 10, Abb. 8). Das heißt je größer die LU zum Zeitpunkt T1 ist, desto kleiner wird der IRI zum Zeitpunkt T3.

LU T1 - IRI T3	N	r_P	Sig.	r_{Sp}	Sig.
RET	30	-0,09	n.s.	-0,03	n.s.
PA	14	-0,35	n.s.	-0,46	n.s.

Tab. 10: Korrelation zwischen der LU zu T1 und dem IRI zu T3, für Gruppe RET und Gruppe PA. LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P : Korrelationskoeffizient der Pearson; r_{Sp} : Korrelationskoeffizient nach Spearman; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

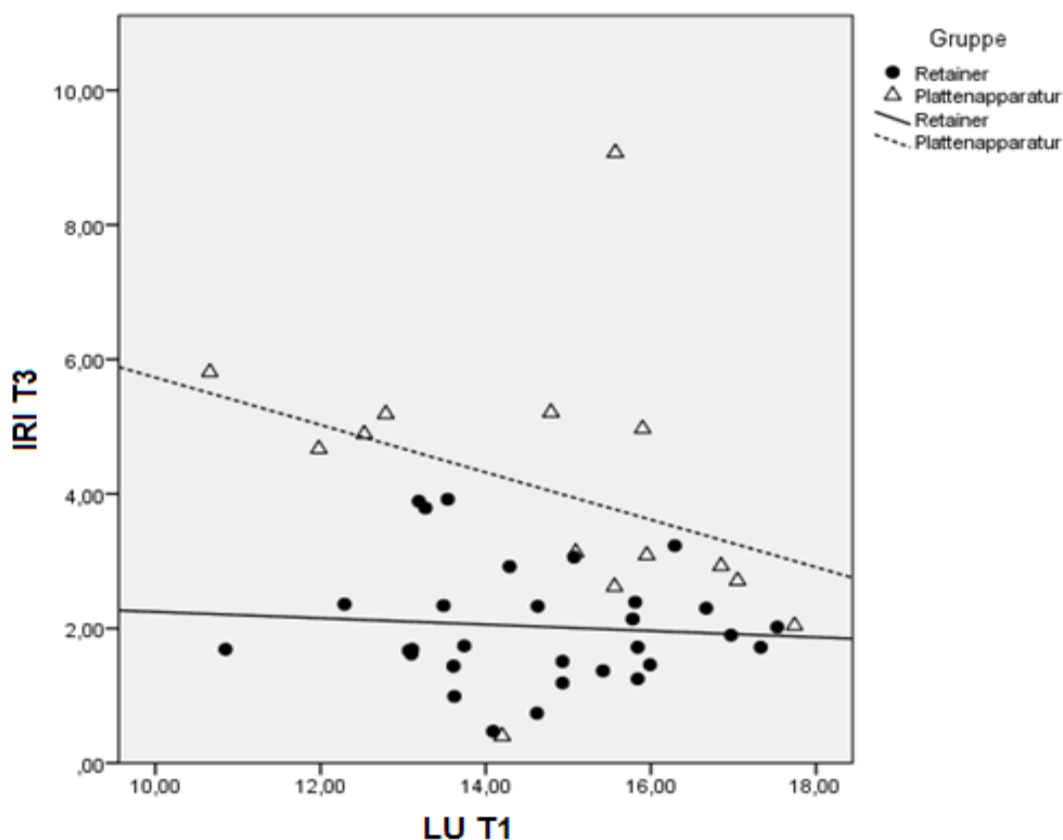


Abb. 8: Korrelation zwischen der LU zu T1 und dem IRI zu T3; für Gruppe RET und Gruppe PA; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; Angaben in [mm].

Veränderung des Irregularitätsindex (IRI) über die drei Messzeitpunkte

Mit einem p-Wert $< 0,001$ liegt eine hochsignifikante Veränderung des IRI über die Zeitpunkte T1 über T2 zu T3 vor. Durch das paarweise Vergleichen der einzelnen Zeitpunkte, konnte gezeigt werden, dass der IRI von T1 zu T2 hochsignifikant kleiner, von T2 zu T3 signifikant größer und von T1 zu T3 hochsignifikant kleiner wird (Tab. 11, Abb. 9).

	N	mittlere Differenz	SD	Sig.
IRI T1 - IRI T2	44	2,847	3,11	***
IRI T2 - IRI T3	44	-0,823	1,58	**
IRI T1 - IRI T3	44	2,024	3,09	***

Tab. 11: Paarweise Vergleiche der einzelnen Zeitpunkte des IRI. IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; SD: Standardabweichung; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***); Zahlenangaben in [mm].

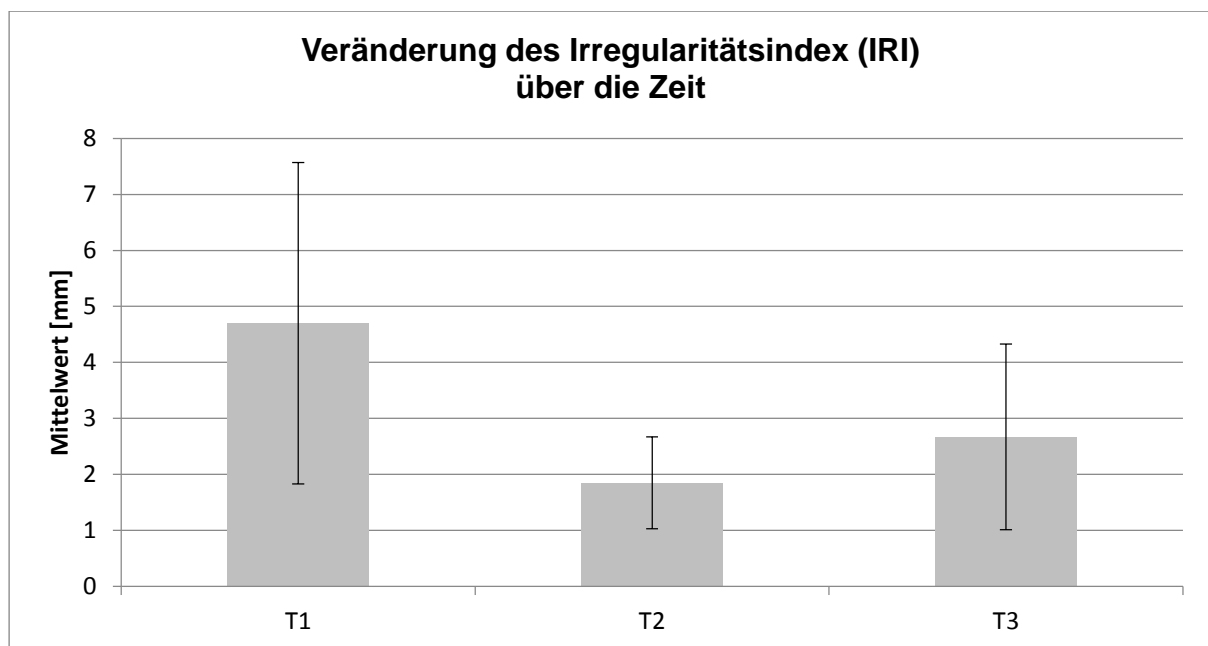


Abb. 9: Veränderung des IRI über die Zeit. IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2 nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

Veränderung des Irregularitätsindex (IRI) von T2 zu T3 (für Gruppe RET und PA)

Für die Gruppe RET lässt sich eine geringere Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 nachweisen als für die Gruppe PA. In der Gruppe RET beträgt die mittlere Vergrößerung 0,29 mm, wogegen der Wert in der Gruppe PA mit 1,97 mm mehr als sechsmal so groß ist (Tab. 12, Abb. 10). Diese parametrischen Ergebnisse sind gering signifikant und werden durch nicht-parametrische Tests bestätigt (p-Wert = 0,014)

Veränderung des Irregularitätsindex (IRI) von T1 zu T3 (für Gruppe RET und PA)

Für die Gruppe RET lässt sich eine größere Verkleinerung des IRI von T1 zu T3 nachweisen als für die Gruppe PA. In der Gruppe RET beträgt die mittlere Verkleinerung 2,81 mm. In der Gruppe PA beträgt sie nur 0,34 mm (Tab. 12, Abb. 10). Diese parametrischen Ergebnisse sind gering signifikant und werden durch nicht-parametrische Tests bestätigt (p-Wert = 0,003).

	RET (N=30)		PA (N=14)		Sig.
	M	SD	M	SD	
Vergrößerung IRI T2 - IRI T3	0,29	0,86	1,97	2,13	*
Verkleinerung IRI T1 - IRI T3	2,81	3,13	0,34	2,29	*

Tab. 12: Veränderung des IRI von T2 zu T3 und von T1 zu T3, für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung; p \geq 0,05 (n.s.); p<0,05 (*); p<0,01(**); p<0,001 (***); Zahlenangaben in [mm].

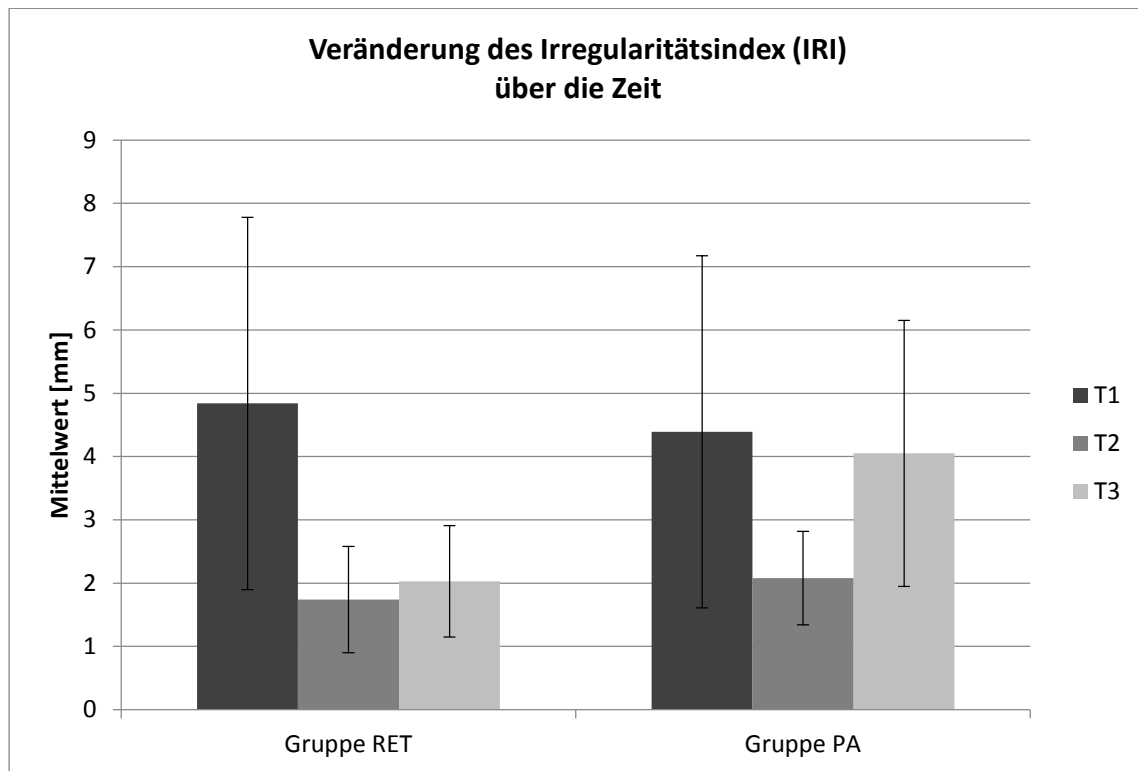


Abb. 10: Veränderung des IRI von T1 über T2 zu T3 für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

Rezidiv des Irregularitätsindex (IRI) – Gruppe RET vs. Gruppe PA

Definition Rezidiv des IRI: Es liegt dann ein Rezidiv des IRI vor, wenn sich der Wert von T2 zu T3 wieder in Richtung des Ursprungswertes T1 verändert.

Insgesamt sind 29 Personen (66%) von einem Rezidiv des IRI betroffen. Bei 15 Personen (44%) konnte kein Rezidiv des IRI festgestellt werden. In der Gruppe RET sind 60% (N=18), in der Gruppe PA 79% (N=11) von einem Rezidiv des IRI betroffen. Allerdings ist der Unterschied in den Prozentzahlen nicht signifikant (p -Wert = 0,314).

Liegt ein Rezidiv des IRI vor, dann ist die durchschnittliche signifikante Vergrößerung des IRI in der Gruppe RET mit 0,72 mm geringer, als in der Gruppe PA, die eine Vergrößerung von 2,69 mm aufweist (Tab. 13, Abb. 11). Das Ergebnis wird durch den nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Test bestätigt (p -Wert = 0,002).

	RET (N=18)		PA (N=11)		Sig.
	M	SD	M	SD	
Vergrößerung IRI T2 - IRI T3	0,72	0,84	2,69	1,78	**

Tab. 13: Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 für die Gruppen RET und PA, wenn ein Rezidiv des IRI vorliegt. IRI: Irregularitätsindex; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben in [mm].

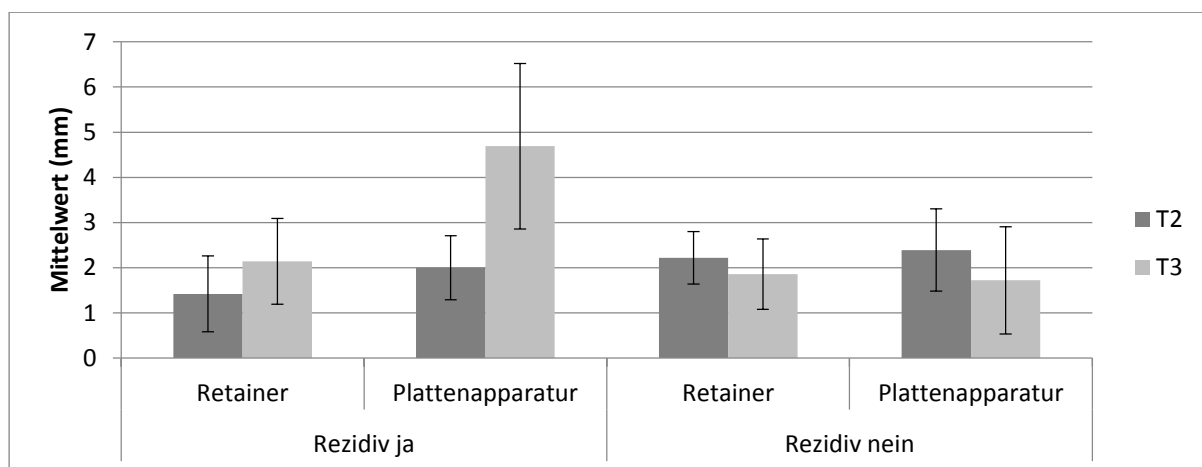


Abb. 11: Veränderung des IRI von T2 zu T3 in Abhängigkeit davon, ob ein Rezidiv des IRI vorliegt oder nicht; für Gruppe RET und PA. IRI: Irregularitätsindex; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

Veränderung des Irregularitätsindex (IRI) von T1 zu T3 in Abhängigkeit von einem Rezidiv

Liegt ein Rezidiv des IRI vor, beträgt die Verkleinerung des IRI im Mittel 1,91 mm. Wird kein Rezidiv des IRI beobachtet, dann ist die Verkleinerung des IRI nur geringfügig größer (2,24 mm) (Tab. 14). Diese parametrischen Ergebnisse sind nicht signifikant. Der Mann-Whitney-U-Test bestätigt dieses Ergebnis (p-Wert = 0,45).

	N	M	SD	Sig.
Rezidiv	29	1,91	3,2	n.s.
Kein Rezidiv	15	2,24	2,95	n.s.

Tab. 14: Veränderung des IRI von T1 zu T3 in Abhängigkeit davon, ob ein Rezidiv vorliegt oder nicht. N: Stichprobenumfang; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben in [mm].

Veränderung der interkaninen Distanz (IcD) von T1 zu T2

Der Mittelwert der IcD zum Zeitpunkt T1 ist gering größer als zum Zeitpunkt T2 (Tab. 24, Tab. 25). Im Mittel sinkt der Abstand zwischen den Eckzahnspitzen um 0,6 mm. Das parametrische Ergebnis ist nicht signifikant (Tab. 15), während der nicht-parametrische Wilcoxon-Test ein gering signifikantes Ergebnis liefert (p-Wert = 0,025).

	N	M	SD	Sig.
IcD T1 – IcD T2	44	0,6	2,05	n.s.

Tab. 15: Veränderung der IcD von T1 zu T2. IcD: interkanine Distanz; T1: vor Behandlungsbeginn; T2 nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben in [mm].

Zusammenhang zwischen einem Rezidiv der interkaninen Distanz (IcD) und einem Rezidiv des Irregularitätsindex (IRI)

Definition Rezidiv der IcD: Es liegt dann ein Rezidiv der IcD vor, wenn sich der Wert von T2 zu T3 wieder in Richtung des Ursprungswertes T1 verändert.

57% (N=25) sind von einem Rezidiv der IcD betroffen, während 43% (N=19) kein Rezidiv der IcD aufweisen.

Gesamte Stichprobe: Liegt ein Rezidiv der IcD vor, dann lässt sich für 76% auch ein Rezidiv des IRI feststellen. Liegt kein Rezidiv der IcD vor, sind nur 52,6% von einem Rezidiv des IRI betroffen. Dieser Unterschied ist nicht signifikant (Tab. 16)

Das Risiko für ein Rezidiv des IRI bei einem Rezidiv der IcD beträgt 19:6 (=3,17), während das Risiko für ein Rezidiv des IRI ohne Vorliegen eines Rezidiv der IcD 10:9 (=1,11) ist. Das Kreuzproduktverhältnis (Odds Ratio) errechnet sich zu 2,85. Das bedeutet, dass das Risiko für ein Rezidiv des IRI bei einem vorliegenden Rezidiv der IcD fast 3mal so hoch ist, wie das Risiko für ein Rezidiv des IRI, wenn kein Rezidiv der IcD vorliegt.

Gruppe RET: 70,6% der Personen mit einem Rezidiv der IcD sind ebenfalls von einem Rezidiv des IRI betroffen. Wenn kein Rezidiv der IcD vorliegt, weisen 46,2% ein Rezidiv des IRI auf. Dieser Unterschied ist nicht signifikant (Tab. 16, Abb. 12).

Gruppe PA: 87,5% der Personen mit einem Rezidiv der IcD sind ebenfalls von einem Rezidiv des IRI betroffen. Wenn kein Rezidiv der IcD vorliegt, weisen 66,7% ein Rezidiv des IRI auf. Dieser Unterschied ist nicht signifikant (Tab. 16, Abb. 12).

	Rezidiv der IcD mit Rezidiv des IRI		Rezidiv des IRI ohne Rezidiv der IcD		Sig.	OR
	N	%	N	%		
Gesamte Stichprobe	19	76	10	52,6	n.s.	2,85
Gruppe RET	12	70,6	6	46,2	n.s.	2,8
Gruppe PA	7	87,5	4	66,7	n.s.	3,5

Tab. 16: Zusammenhang zwischen einem Rezidiv des IRI mit/ohne einem Rezidiv der IcD. IRI: Irregularitätsindex; IcD: interkanine Distanz; N: Stichprobenumfang; OR: Odds Ratio; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***); Zahlenangaben einheitslos.

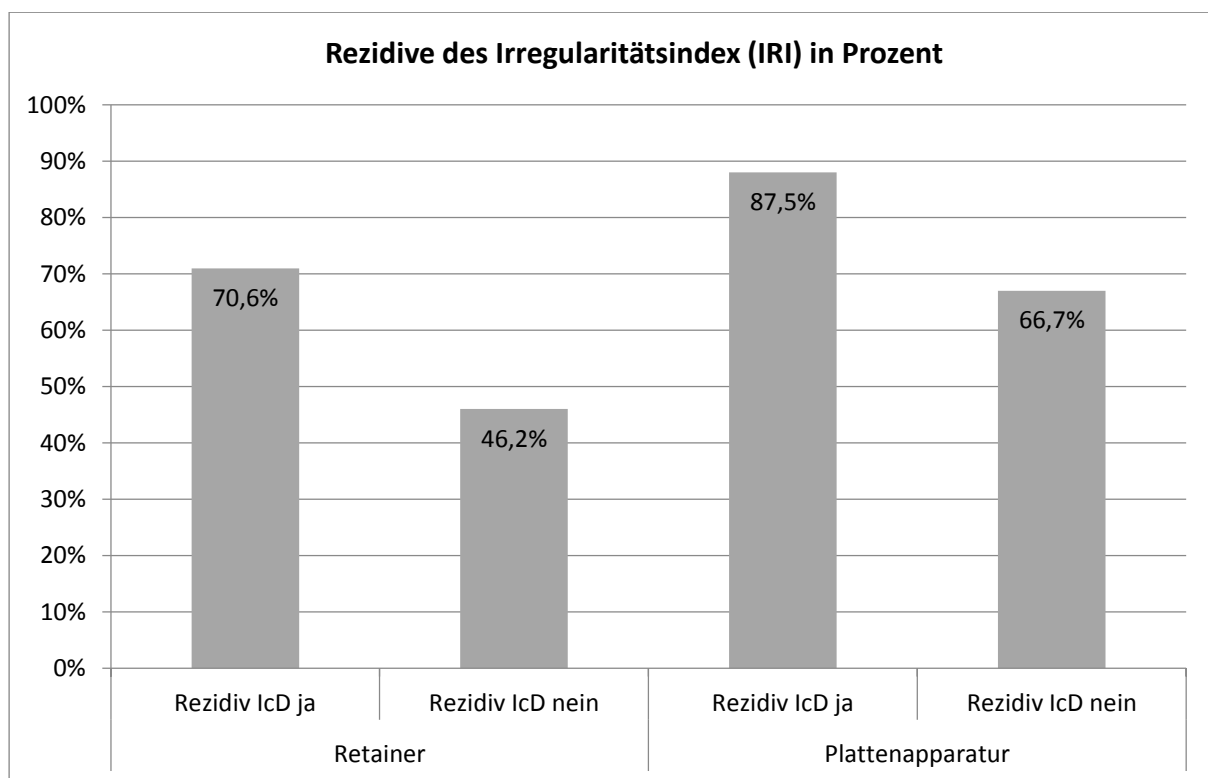


Abb. 12: Rezidiv des IRI (in Prozent) mit und ohne Rezidiv der IcD für die Gruppen RET und PA. IRI: Irregularitätsindex; IcD: interkanine Distanz.

Korrelation zwischen der interkaninen Distanz (IcD) zu T2 und dem Irregularitätsindex (IRI) zu T3

Gesamte Stichprobe: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der IcD zu T2 und dem IRI zu T3 (Tab. 17).

Gruppe RET und Gruppe PA: Weder für Gruppe RET noch für Gruppe PA kann ein signifikanter Zusammenhang belegt werden (Tab. 17, Abb. 13).

	N	r_P	Sig.	r_{Sp}	Sig.
Gesamte Stichprobe	44	0,03	n.s.	0,17	n.s.
Gruppe RET	30	0,03	n.s.	0,08	n.s.
Gruppe PA	14	-0,17	n.s.	-0,15	n.s.

Tab. 17: Korrelation zwischen der IcD zu T2 und dem IRI zu T3. IRI: Irregularitätsindex; IcD: interkanine Distanz; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P : Korrelationskoeffizient nach Pearson; r_{Sp} : Korrelationskoeffizient nach Spearman; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

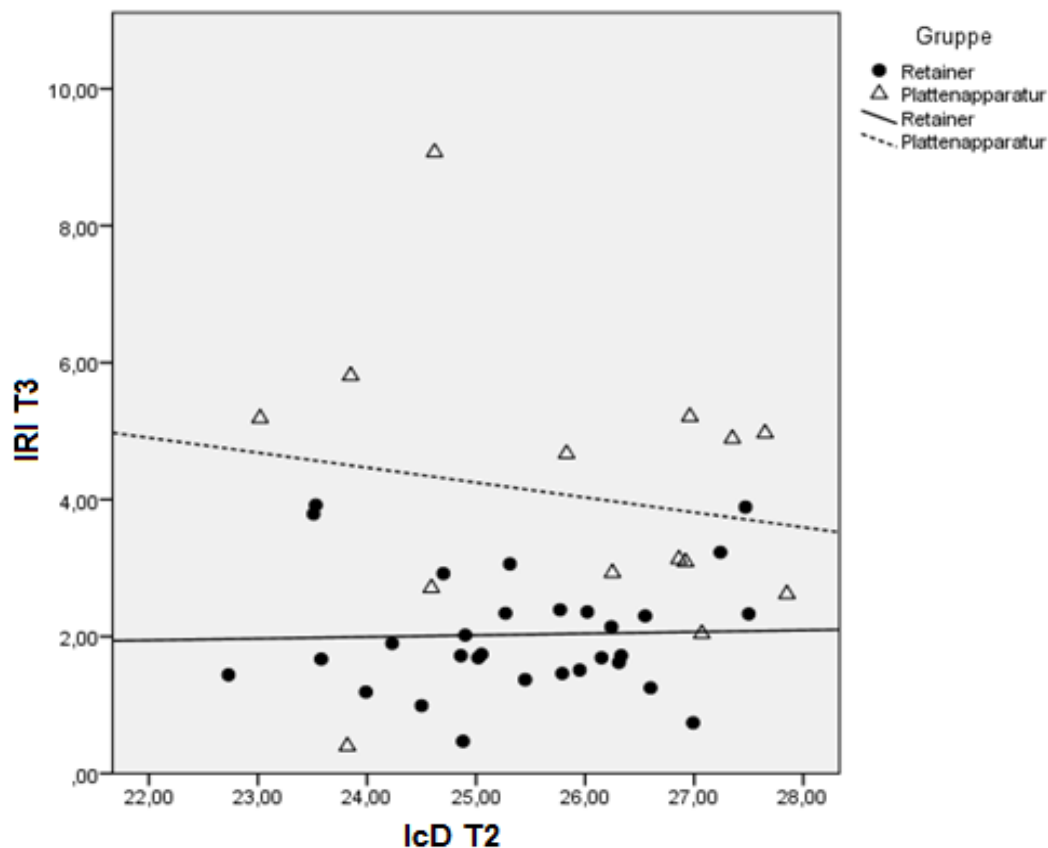


Abb. 13: Korrelation zwischen der IcD zu T2 und dem IRI zu T3 für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; IcD: interkanine Distanz; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; Angaben in [mm].

4.2 Kephalometrisch

Die Daten aus Tab. 18 geben die durchschnittlich ermittelten kephalometrischen Werte der gesamten Stichprobe (N=44) wieder.

T1	M	SD	Median	Minimum	Maximum
NSBa [°]	130,9	3,8	130,8	122,5	139
SNA [°]	81	4,02	81,55	73,2	88,7
SNB [°]	77,54	3,33	77,05	69,7	83,9
SNPog [°]	78,43	3,33	78,25	70,6	85,1
Pog_NB [mm]	1,58	1,64	1,7	-3,3	6
ANB [°]	3,46	2,77	3,7	-3,8	8,2
Wits [mm]	-1,15	3,54	-0,2	-11,1	5,3
ML_NL [°]	25,3	5,83	26,25	13,4	40,5
Ii_NB [mm]	4,28	2,15	4,25	0,2	10
Ili_NB [°]	25,8	6,26	27,05	11,4	38,4
Ili_ML [°]	95,19	8,96	94,5	75	117,5

Tab. 18: Gesamte Stichprobe (N=44) zum Zeitpunkt T1 (vor Behandlungsbeginn); M: Mittelwert; SD: Standardabweichung

Die angegebenen Richtwerte aus Tab. 19 wurden für männliche und weibliche Patienten aus der Homburger Auswertungstabelle für Zwölfjährige gemittelt und interpretieren die Mittelwerte aus Tab. 18 zum Zeitpunkt T1.

T1	Richtwert	Klinische Interpretation der Tab. 18
NSBa	129,85°	Durchschnittliche eugnathe sagittale Position der Mandibula; durchschnittlicher Schädelbasiswinkel.
SNA	81,3°	Maxilla ist durchschnittlich orthognath.
SNB	77,5°	Mandibula ist durchschnittlich orthognath.
SNPog	81,35°	Durchschnittliche sagittale Position des Kinns zur anterioren Schädelbasis; durchschnittliche Kinnprominenz.
Pog_NB	2,5mm	Tendenz zu einem geringer ausgeprägten knöchernen Kinn.
ANB	3,8°	Durchschnittlich besteht eine skelettale Klasse I.
Wits	-0,6mm	Durchschnittlich besteht eine skelettale Klasse I.
ML_NL	26,55°	Durchschnittliche Divergenz der Kieferbasen zueinander.
li_NB	5,1mm	Durchschnittliche Inklination der Unterkieferschneidezähne.
Ili_NB	23,65°	Durchschnittliche Inklination der Unterkieferschneidezähne.
Ili_ML	94,9°	Durchschnittliche Inklination der Unterkieferschneidezähne.

Tab. 19: Interpretation der erhobenen durchschnittlichen FRS-Daten. Gemittelte Richtwerte nach dem Homburger System bei einem Alter von 12 Jahren. T1: vor Behandlungsbeginn.

Veränderung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2

Die Parameter Ili_ML und Ili_NB nehmen von T1 zu T2 signifikant zu, der Parameter li_NB nimmt im selben Zeitraum hochsignifikant zu (Tab. 20).

	N	Sig.
Ili_ML T1 – Ili_ML T2	44	**
Ili_NB T1 – Ili_NB T2	44	**
li_NB T1 – li_NB T2	44	***

Tab. 20: Veränderung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; li_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; $p \geq 0,05$ (n.s.); $p < 0,05$ (*); $p < 0,01$ (**); $p < 0,001$ (***)

4.3 Dental – kephalometrisch

Korrelation der Verkleinerung des Irregularitätsindex (IRI) von T1 zu T2 und der Vergrößerung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2

Für jeden der Werte Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2 und IRI von T1 zu T2 besteht eine schwache Korrelation. Diese Korrelationen sind mit einer Ausnahme alle nicht signifikant (Tab. 21, Abb. 17, Abb. 18, Abb. 19).

Das bedeutet, je größer die Vergrößerung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2 ist (d.h. je ausgeprägter die Frontzahnproklination von T1 zu T2), desto größer ist die Verkleinerung des IRI von T1 zu T2.

Vergrößerung von T1 zu T2	N	Verkleinerung des IRI von T1 zu T2			
		r _P	Sig.	r _{Sp}	Sig.
Ili_ML	44	0,28	n.s.	0,28	n.s.
Ili_NB	44	0,26	n.s.	0,27	n.s.
li_NB	44	0,27	n.s.	0,31	*

Tab. 21: Korrelation der Veränderung des IRI von T1 zu T2 und der Veränderung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2; IRI: Irregularitätsindex; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; li_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P: Korrelationskoeffizient nach Pearson; r_{Sp}: Korrelationskoeffizient nach Spearman; p≥0,05 (n.s.); p<0,05 (*); p<0,01 (**); p<0,001 (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

Korrelation der Vergrößerung des Irregularitätsindex (IRI) von T2 zu T3 und der Vergrößerung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2

Gesamte Stichprobe: Es lassen sich schwach positive Korrelationen feststellen, die nicht signifikant geschätzt werden (Tab. 22).

Gruppe RET und Gruppe PA: Während sich für die Gruppe RET schwache, nicht signifikante Pearson-Korrelationen errechnen, liegen in der Gruppe PA positive Pearson-Korrelationen von mittlerer Stärke vor, die für Ili_NB und li_NB gering signifikant sind (Tab. 22, Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16). Das bedeutet, je größer die Frontzahnproklination von T1 zu T2 ist, desto größer ist die Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 für die Gruppe PA.

Vergrößerung von T1 zu T2	Vergrößerung IRI von T2 zu T3											
	Gesamte Stichprobe (N = 44)				Gruppe RET (N = 30)				Gruppe PA (N = 14)			
	r _P	Sig.	r _{sp}	Sig.	r _P	Sig.	r _{sp}	Sig.	r _P	Sig.	r _{sp}	Sig.
Ili_ML	0,17	n.s.	0,23	n.s.	0,20	n.s.	0,38	*	0,49	n.s.	0,45	n.s.
Ili_NB	0,21	n.s.	0,23	n.s.	0,23	n.s.	0,37	*	0,57	*	0,54	*
li_NB	0,25	n.s.	0,20	n.s.	0,20	n.s.	0,20	n.s.	0,61	*	0,65	*

Tab. 22: Korrelation zwischen der Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 und der Vergrößerung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2; IRI: Irregularitätsindex; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; li_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; N: Stichprobenumfang; r_P: Korrelationskoeffizient nach Pearson; r_{sp}: Korrelationskoeffizient nach Spearman; p≥0,05 (n.s.); p<0,05 (*); p<0,01 (**); p<0,001 (***) ; Zahlenangaben einheitslos.

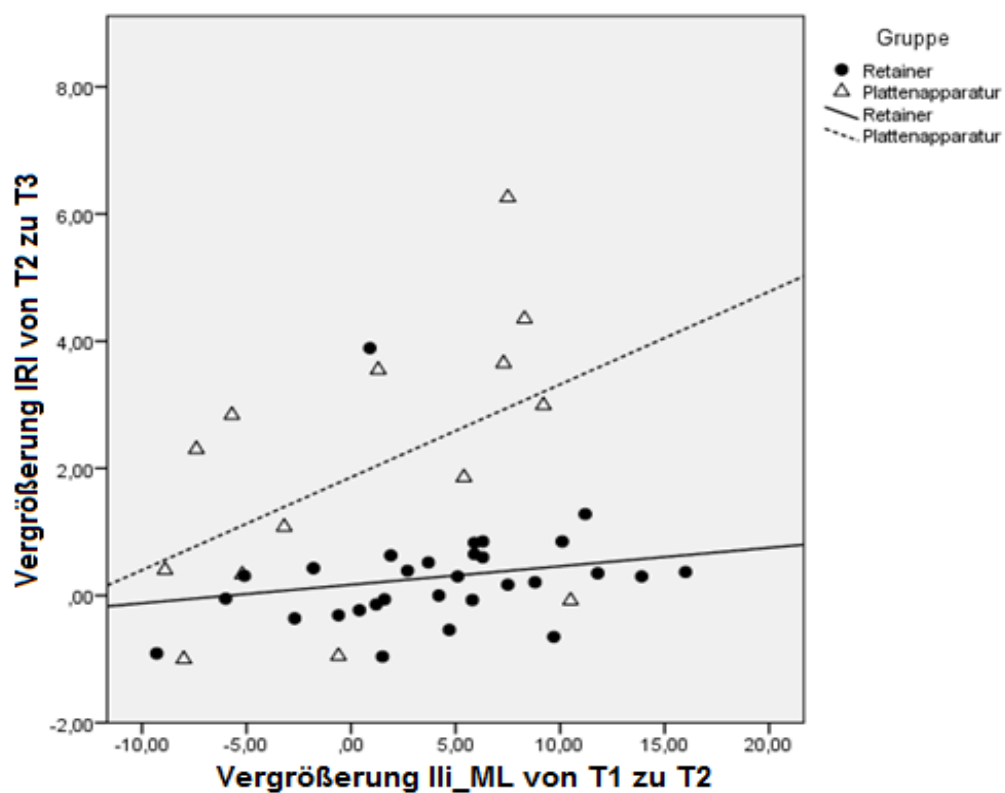


Abb. 14: Korrelation zwischen der Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 und der Vergrößerung von Ili_ML von T1 zu T2 für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

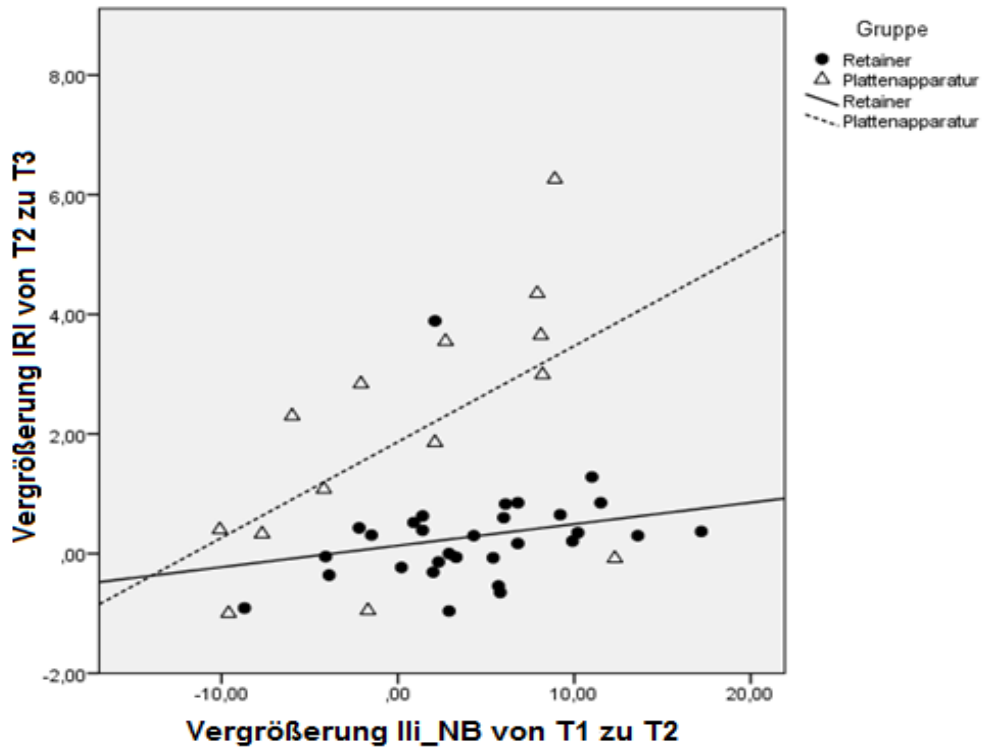


Abb. 15: Korrelation zwischen der Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 und der Vergrößerung von Ili_NB von T1 zu T2 für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

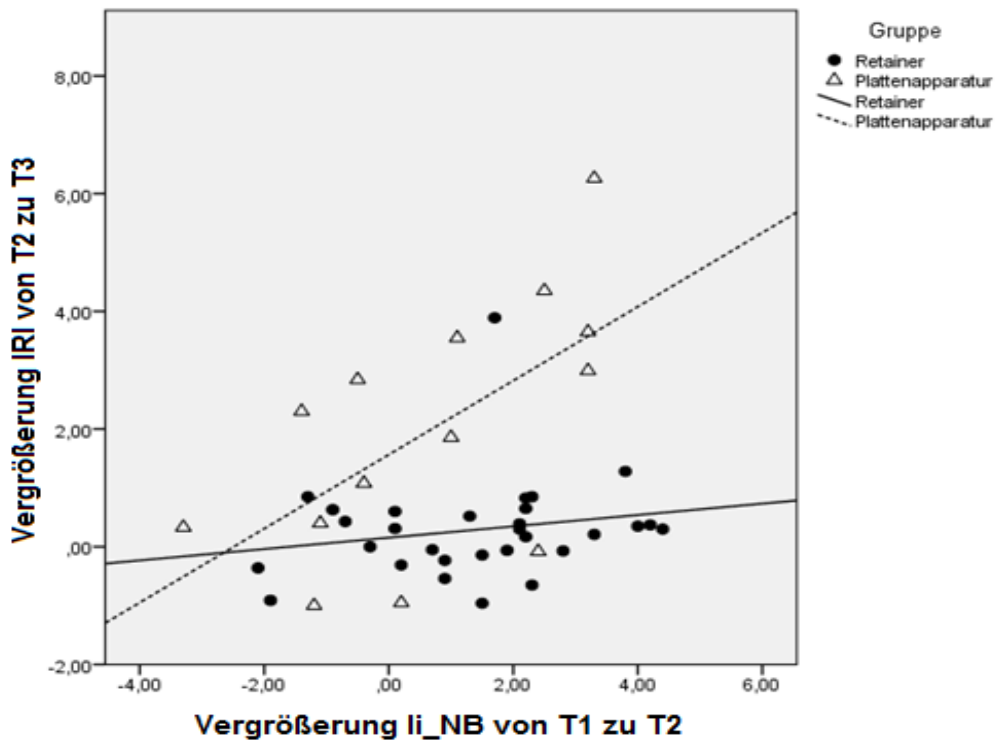


Abb. 16: Korrelation zwischen der Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 und der Vergrößerung von li_NB von T1 zu T2 für Gruppe RET und Gruppe PA. IRI: Irregularitätsindex; li_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung; T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung.

4.4 Methodenfehler

Parameter	Messfehler
NSBa [°]	0,53
SNA [°]	1,43
SNB [°]	1,39
SNPog [°]	1,36
Pog_NB [mm]	0,1
ANB [°]	0,02
Wits-Wert [mm]	0,44
ML_NL [°]	1,89
li_NB [mm]	0,24
Ili_NB [°]	0,11
Ili_ML [°]	0,17

Tab. 23: Methodenfehler nach Dahlberg; FRS

Fazit:

Lediglich für die Gruppe PA zeigen die Ergebnisse eine Korrelation zwischen Proklination und einem späterem Engstandrezidiv. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass bei Verwendung eines Retainers ebenfalls ein Engstandrezidiv auftreten kann, dieses jedoch geringer ausgeprägt ist als bei der Verwendung einer Plattenapparatur.

5 Diskussion

5.1 Patienten

Es wurden 44 Patienten untersucht, die erfolgreich kieferorthopädisch behandelt wurden. Von diesen Patienten erhielten 30 einen adhäsiv befestigten Sechspunktretainer und 14 eine Plattenapparatur zur Stabilisierung des Behandlungsergebnisses. In beiden Gruppen waren bei je fünf Patienten Zähne im Seitenzahnbereich extrahiert worden. Da diese Anzahl für eine statistische Auswertung zu klein war, wurde dies bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Statistisch wären eine gleich große Gruppenverteilung und eine größere Patientenanzahl ideal gewesen. Die größere Patientenzahl bei Verwendung des Retainers deutet daraufhin, dass die Vorteile dieses Gerätes bei der Abwägung zwischen Retainer und Plattenapparatur als Retentionselement bei den Patienten überwogen haben. Retainer haben zum einen den Vorteil, dass das Langzeitergebnis nach kieferorthopädischer Behandlung weniger complianceabhängig ist, zum anderen besteht für die Patienten ein größerer Tragekomfort.

5.2 Methode

Zur Bestimmung des Irregularitätsindex ist es notwendig, dass alle Unterkieferfrontzähne vorhanden sind. Deshalb wurden Patienten mit Aplasien oder extrahierten Unterkieferschneidezähnen von vornherein bei der Studie ausgeschlossen. Bei allen Modellen waren die vier bleibenden Unterkieferschneidezähne durchgebrochen. Der Irregularitätsindex ist nicht einheitlich in Schweregrade eingeteilt. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie die Werte ausschließlich in Millimetern angegeben (13, 40).

Da die aktive orthodontische Therapie individuelles Handeln verlangt, wurden FRS und Gipsmodelle angefertigt, wenn die Notwendigkeit bestand, und es die Dokumentation verlangte. Häufig verbietet das Strahlenschutzgesetz oder das Gebot der Wirtschaftlichkeit eine erneute Anfertigung von FRS oder Gipsmodellen. Dadurch könnten sich ungleiche Grundvoraussetzungen zum Erhalt der Messdaten ergeben

haben. Eine ideale Grundvoraussetzung wäre gewesen, wenn bei allen Patienten zu denselben Zeitpunkten FRS und Modelle angefertigt worden wären, was in kaum einer retrospektiven Studie vorzufinden ist.

Auswertungsmaterialien

Für die Messungen IRI und IcD wurde ein digitaler Messschieber mit einer Ablesegenauigkeit von 0,01 mm genutzt. Um die LU zu bestimmen wurde zusätzlich die Messplatte nach Schmuth eingesetzt (66). Zur Ermittlung der IcD und der LU hätten alternativ auch ein Messzirkel und ein einfaches Lineal verwendet werden können.

Messzirkel und Lineal wurden nicht verwendet, da die Ablesegenauigkeit des digitalen Messschiebers höher als die eines Messzirkels ist. Weiterhin können durch die Messplatte nach Schmuth Parallaxenfehler vermieden werden.

Um die Messfehler so gering wie möglich zu halten, wurden alle Modellmessungen dreimal in einem Abstand von mindestens zwei Wochen von derselben Person durchgeführt und anschließend mit den Mittelwerten dieser Messungen gearbeitet.

5.3 Langzeitstabilität und Retentionsgeräte

Der Unterkieferfrontzahnbereich hat eine erhöhte Rezidivneigung im Vergleich zu anderen Kieferabschnitten (2, 22, 42, 57). Wie lange eine Retentionsphase andauern sollte und ab wann keine Gefahr mehr für eine Änderung der Zahnstellung besteht ist seit langer Zeit ein Diskussionsthema. Lang et al. sind der Meinung, dass mindestens zwei Jahre retiniert werden sollte (38). Little beschäftigte sich intensiv mit der Langzeitstabilität nach aktiver kieferorthopädischer Behandlung (41–45). Seine Studien zeigten eine variable und immer unvorhersehbare Veränderung im vorderen Unterkiefersegment. Ihm zufolge hatten Parameter wie die Angle-Klasse, Zahnbogenbreite, Zahnbogenlänge und Retentionsdauer keine Aussagekraft in Bezug auf die Vorhersagbarkeit des Langzeitergebnisses. Dennoch kommt er zu dem Schluss, dass der vermutlich beste Weg, um ein Ergebnis stabil zu halten die lebenslange Retention ist (42). Besonders wichtig ist auch die Einbindung des

Patienten in den Retentionsprozess. Hierfür wurde unter anderem der Retentionskatalog von Ihlow entworfen, um den Patienten verschiedene Retentionsgrundlagen aufzuzeigen und dessen Wichtigkeit zu verdeutlichen (29, 30).

Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns gab es keine genaueren Angaben über den verwendeten Retainertyp. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Patienten in der Gruppe RET mit einem Sechspunktretainer aus verseiltem Draht der Stärke 0,0170-inch (Ormco Int., Glendora, CA, USA) behandelt wurden, da dieser Typ seit vielen Jahren in der Klinik für Kieferorthopädie der Universität des Saarlandes verwendet wird. Bei den Retentionsplattenapparaturen handelte es sich immer um eine Basis aus Polymethylmethacrylat mit eingearbeitetem Labialbogen und Halteelementen.

Verschiedene Studien untersuchten die Effektivität verschiedener Retainertypen und Drahtstärken (1, 7, 76, 81).

Störmann und Ehmer konnten in ihrer Studie bei 20% der Patienten 24 Monate nach Insertion eines 0,0215-inch Sechspunktretainers ein Rezidiv des IRI nachweisen (76). Bei Verwendung eines dünneren 0,0195-inch Sechspunktretainers dagegen wurde kein Rezidiv beobachtet. In derselben Studie wurde eine Rezidivrate von 80% für einen verwendeten Zweipunktretainer ermittelt.

Diesen Ergebnissen widerspricht eine von Al-Assad durchgeführte Studie, in der es zu keiner signifikanten Änderung des IRI bei Verwendung eines Zweipunktretainers kam (1). Atack et al. widersprechen den Ergebnissen von Störmann und Ehmer ebenfalls, da sie vermuten, dass ein starrer, dickerer Draht mehr Kraft benötigt, um eine andauernde Deformation im Frontzahnbereich zu ermöglichen und diese somit eher verhindern kann (8, 76).

In einigen Studien, wie auch in dieser, konnte die Entwicklung eines Engstandrezidivs trotz verbleibendem Retainer in situ beobachtet werden (7, 8, 76). Die Studien von Al-Assad, Atack et al., sowie Störmann und Ehmer lassen darauf schließen, dass möglicherweise die Klebung ein wichtiger Faktor ist, nicht nur bezüglich der Techniksensitivität des Befestigungsmaterials, sondern auch der Klebetechnik (1, 8, 76). Vermutlich können deformierte oder nicht passiv anliegende Drähte bei der Klebung zu einem Engstandrezidiv führen, da sie eine Kraft auf die

Unterkieferfrontzähne ausüben (8). Renkema et al. schreiben ebenfalls der Retainerklebung eine wichtige Rolle zu (59). Sie weisen darauf hin, dass ein Rezidiv des IRI bei Verwendung eines Sechspunktretainers besonders durch Retainerablösung zustande kommen kann. Die Ablöseraten der Sechspunktretainer in der früher durchgeführten Studie von Störmann und Ehmer bekräftigen diese Annahme. Auf Retainerbrüche oder Ablösungen wurde in dieser Studie nicht eingegangen (76).

Im Gegensatz zu Retainern unterschiedlicher Art sind nur wenige Daten über die Langzeitstabilität nach Retention mit Plattenapparaturen im Unterkiefer vorhanden (8, 38). Ihlow und Kubein-Meesenburg empfehlen in ihrem Handbuch zur klinischen Anwendung des Retentionskataloges die herausnehmbaren Retentionsgeräte zwei Jahre lang kontinuierlich zu tragen und die Tragedauer anschließend gezielt und selbstkontrolliert zu reduzieren (30).

In der Klinik für Kieferorthopädie an der Universität des Saarlandes wird die Retentionsplatte ein Jahr lang getragen. Nach diesem Jahr wird den Patienten die Retentionsplatte abgenommen und die Retentionsphase ist beendet. Die Dauer dieses Zeitraumes ist primär durch kassenrechtliche Vorgaben festgelegt. Ein dauerhafter Verbleib einer unkontrolliert verwendeten Retentionsapparatur ist nicht vorgesehen. Nach dieser Retentionsphase können Faktoren wie dentofaziales Wachstum, Weichgewebszüge oder eine sich verändernde Okklusion dennoch zu einem Rezidiv führen (41, 42, 48, 67, 70).

Im Gegensatz zu den Patienten mit Plattenapparatur, die das Retentionsgerät ein Jahr lang getragen haben, waren bei der Gruppe RET zum Zeitpunkt T3 noch alle Retainer in situ. Sie haben somit mindestens fünf Jahre das Retentionsgerät getragen. Darüber hinaus ist nicht nachzuweisen, ob die Plattenapparaturen tatsächlich regelmäßig getragen wurden. Weitere Untersuchungen könnten zeigen, ob andere Ergebnisse erzielt würden, wenn Patienten mit Plattenapparatur diese mehr als ein Jahr tragen würden.

5.4 Dental

Irregularitätsindex , vordere untere Zahnbogenlänge und interkanine Distanz

Durch eine kieferorthopädische Behandlung kann der Irregularitätsindex deutlich reduziert und der Engstand somit minimiert oder sogar aufgelöst werden. Die hochsignifikante Verkleinerung von T1 zu T2 zeigt dies. Während der Retentionsphase wiesen einige Patienten eine Rezidivtendenz auf. Entsprechend erhöhte sich der IRI.

Eine Zunahme des IRI nach kieferorthopädischer Behandlung ist häufig (8, 32). Für die Gruppe RET ist eine deutlich geringere Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 festzustellen als für die Gruppe PA. Somit scheint der Retainer eine größere Stabilität in Hinblick auf die Frontzahnstellung zu bewirken als eine Plattenapparatur. Dies deckt sich mit der Aussage von Lang et al. (38).

Bei Betrachtung der gesamten Stichprobe kam es durch die Multibandbehandlung zu einer mittleren Verkleinerung der IcD von $26,17 \pm 2,18$ mm (T1) auf $25,57 \pm 1,37$ mm (T2). Diese Verkleinerung widerspricht Studien, in denen die IcD während der kieferorthopädischen Therapie zunahm (24, 37, 53, 59, 77). Möglicherweise ist diese Verkleinerung auf Messfehler zurückzuführen, da auch Modelle mit abradierten Höckerspitzen bzw. Wechselgebissmodelle ohne Eckzähne vorlagen.

Auch der Wert der LU veränderte sich bei Betrachtung der gesamten Stichprobe. Es fand eine Vergrößerung von T1 ($14,67 \pm 1,74$ mm) zu T2 ($16,03 \pm 1,31$ mm) statt. Das kann man am ehesten auf die Auflösung des Engstandes durch Proklination zurückführen. Von T2 ($16,03 \pm 1,31$ mm) zu T3 ($15,67 \pm 1,32$ mm) verkleinerte sich die LU. Da die LU in den verschiedenen Studien auf eine andere Weise gemessen wurde, konnte hier kein Bezug hergestellt werden (22, 44, 69). Es wurde bereits gezeigt, dass die LU sich bei Patienten mit Extraktion genauso wie bei solchen ohne Extraktion nach erfolgter Retention verkleinert (23, 44, 48, 69). Diese Beobachtungen stimmen mit dieser Studie überein.

Little et al. aber auch andere beschrieben die zunehmende Engstandproblematik bei sich gleichzeitig verkleinernder Länge und Breite des Unterkiefers (20, 21, 31, 41, 42, 71). Diese Angaben konnten durch die Ergebnisse in der Gruppe RET vollständig

und in der Gruppe PA teilweise bestätigt werden. In der Gruppe RET vergrößerte sich der IRI von T2 zu T3 im Mittel um 0,29 mm, wobei sich die LU im Mittel um 0,11 mm und die IcD um 0,88 mm verkleinerte. In der Gruppe PA vergrößerte sich der IRI von T2 zu T3 im Mittel um 1,97 mm und die IcD im Mittel um 0,16 mm. Im Gegensatz dazu verkleinerte sich die LU im Mittel um 0,89 mm. Die Verkleinerung der IcD in der Gruppe RET und Vergrößerung in der Gruppe PA kann man vermutlich der Tatsache zuschreiben, dass die Plattenapparatur mehr zum Erhalt der Zahnbogenbreite beiträgt, als dies ein Retainer bewerkstelligen kann. Die Verkleinerung der LU in beiden Gruppen geht mit einer Vergrößerung des IRI einher. In der Gruppe PA kam es zu einer stärker ausgeprägten Vergrößerung des IRI als in der Gruppe RET und somit zu einer stärkeren Retrusion der Unterkieferschneidezähne. Die Verkleinerung der LU ist am ehesten der Retrusion in Folge der Engstandvergrößerung zuzuschreiben.

Lang et al. zeigten in ihrer retrospektiven Studie, in der sie eine Plattenapparatur mit einem Zweipunktretainer unbekannter Stärke verglichen, dass sich der IRI zwischen T2 und T3 (durchschnittlich sechs Jahre nach der aktiven Behandlung) bei Retention mit Plattenapparaturen stark vergrößerte (um 1,1 mm), wogegen die Vergrößerung des IRI bei Verwendung des Zweipunktretainers nur gering ausfiel (0,3 mm) (38). Die IcD verringerte sich um 0,4 mm bei der Verwendung der Retentionsplattenapparatur und blieb bei dem Zweipunktretainer mit 25,4 mm stabil. Somit decken sich die Ergebnisse des IRI dieser Studie mit der Studie von Lang et al., gleichen sich jedoch nicht in Bezug auf die IcD (38).

In der Studie von Atack et al. wurde ein verseilter Sechspunktretainer 0,0175-inch in Bezug auf die Stabilität des Ergebnisses im Unterkieferfrontzahnbereich mit einer Retentionsplattenapparatur verglichen (8). Es gab in beiden Gruppen eine statistisch signifikante Veränderung des IRI in dem Zeitraum nach der Multibandentfernung und mindestens einem Jahr nach Multibandentfernung. Zwischen den beiden Gruppen konnte kein statistisch signifikanter Unterschied in Hinblick auf die Vergrößerung des IRI zwischen Multibandentfernung und einem Jahr nach Multibandentfernung festgestellt werden, was in diesem Fall heißt, dass kein bedeutsamer Unterschied zwischen Retainer und Plattenapparatur zu beobachten war. Im Gegensatz zu der Studie von Atack et al., wurde in dieser Studie ein gering signifikanter Unterschied in

Bezug auf die Vergrößerung des IRI zwischen T2 und T3 zwischen den beiden Gruppen belegt und die bessere Erfolgsrate dem Retainer zugesprochen (8). Die Ergebnisse können allerdings nur bedingt miteinander verglichen werden, da die Untersuchungszeiträume stark variieren und die Patienten der Gruppe PA vier Jahre ohne Retention und bei den Patienten der Gruppe RET die Retainer zum Zeitpunkt T3 noch in situ waren. Auch wurde der IRI nicht mittels eines digitalen Messschiebers, sondern mit einem Reflexmikroskop gemessen.

5.5 Kephalemtrisch

Es konnte eine signifikante Vergrößerung für die Werte Ili_ML und Ili_NB von T1 zu T2 nachgewiesen werden. Das deckt sich mit Studienergebnissen von Pandis et al., in denen die Dauer der Engstandauflösung mithilfe verschiedener Multiband-Bracketsysteme verglichen wurde, wobei sich ebenfalls eine signifikante Vergrößerung von Ili_ML (dort: L1-MP) und Ili_NB (dort: L1-NB) im Zeitraum von T1 zu T2 bei Verwendung des System Roth zeigte (52, 53). Dort wurde T1 als Beginn der Multibandbehandlung definiert und T2 als Zeitpunkt, zu dem die sechs unteren Frontzähne korrekt ausgerichtet waren, auch wenn die Multibandapparatur noch in situ war.

5.6 Dental – Kephalemtrisch

Für die Korrelation der Vergrößerung des IRI von T2 zu T3 und der Vergrößerung von Ili_ML, Ili_NB und li_NB von T1 zu T2 konnten statistisch für die Gruppe RET nur schwache, nicht signifikante Pearson-Korrelationen errechnet und damit kein Zusammenhang hergestellt werden. Für die Gruppe PA konnten mittelstarke Pearson-Korrelationen errechnet werden, die für Ili_NB und li_NB signifikant waren.

Aus den Ergebnissen dieser Studie kann für die Gruppe PA folgendes abgeleitet werden: je stärker man die Zähne im Rahmen der Behandlung von T1 zu T2 protrudiert, desto stärker retrudieren sie wieder bis zum Zeitpunkt T3. Auf Basis dieses Ergebnisses kann man schlussfolgern, dass die Proklination während der Behandlung, bei späterer Verwendung einer Retentionsplattenapparatur, ein

entscheidender Einfluss auf das Ausmaß der Frontzahnirregularität ist. Dieses Ergebnis, zusammen mit dem Resultat, dass es in der Gruppe PA zu einer stärker ausgeprägten Vergrößerung des IRI (T2 zu T3) kam als in der Gruppe RET, lässt vermuten, dass ein adhäsiv befestigter Sechspunktretainer für den Erhalt der Unterkieferschneidezahnposition ein geeigneteres Retentionsmittel darstellt.

Nach dieser Annahme sollten Patienten, bei denen ein Frontzahnengstand vorliegt, der im Rahmen der Behandlung durch Proklination aufgelöst werden soll, eher mit einem Retainer retiniert werden, als mit einer Plattenapparatur. Abzuklären bleibt, bis zu welchem Grad bzw. bis zu wie vielen Millimetern protrudiert werden darf um abschließend eine stabile Retention mit einer Plattenapparatur zu erhalten.

Es konnte keine vergleichende Studie identifiziert werden, in der die Proklination der Frontzähne mit einem entstehenden Engstandrezidiv nach orthodontischer Behandlung in Abhängigkeit des Retentionsgerätes untersucht wurde.

Lediglich Türkkahraman und Özgür haben sich mit einer ähnlichen Fragestellung beschäftigt. Sie konnten eine signifikante Korrelation zwischen Frontzahnengstand und Ili_NB ermitteln (80). Die Untersuchung erfolgte jedoch lediglich für das frühe Wechselgebiss und der Frontzahnengstand wurde nicht mit dem Irregularitätsindex dargestellt.

Um das Problem des Rezidivs nach aktiver kieferorthopädischer Behandlung besser zu verstehen und dem entgegenwirken zu können, müssen langjährige, und regelmäßig durchgeführte Untersuchungen mit gleichartigen Grundvoraussetzungen stattfinden. Da dies praktisch schwer umzusetzen ist, wird das Rezidiv wohl noch über einen längeren Zeitraum untersucht werden müssen, um allgemeine und aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten (46).

5.7 Schlussfolgerung

Im Vergleich zu Retentionsplattenapparaturen wurde bei Verwendung eines Retainers ein geringer ausgeprägtes Rezidiv protrudierter Unterkieferschneidezähne nach einem Zeitraum von mindestens fünf Jahren nach orthodontischer Behandlung festgestellt.

Bei Patienten, die nach einer kieferorthopädisch induzierten Protrusion der Unterkieferschneidezähne eine Retentionsplattenapparatur erhalten hatten, war das Maß der Frontzahnproklination während der Multibandbehandlung entscheidend für die Langzeitstabilität des Ergebnisses.

Wenn bereits zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung klar ist, dass der Patient für die Retentionsphase eine Plattenapparatur erhalten wird, sollte darauf geachtet werden, dass das Ausmaß der Frontzahnproklination im Rahmen der Behandlung beschränkt wird, damit das Langzeitergebnis stabiler bleibt. Folglich sollte nur bei Patienten ohne oder mit einem leicht ausgeprägten Frontzahnengstand nach Abschluss der Therapie mit einer Retentionsplattenapparatur retiniert werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Al-Assad S (2005) Effektivität von geklebten Lingualretainern zur Vermeidung von Rezidiven im Bereich der unteren Schneidezähne nach aktiver kieferorthopädischer Behandlung. Dissertation, Universität d. Saarlandes.
2. Al-Yami EA, Kuijpers-Jagtman AM, Hof MA (1999) Stability of orthodontic treatment outcome : Follow-up until 10 years postretention. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 115: 300–304.
3. Andrews LF (1972) The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 62: 296–309.
4. Andrews LF (1978) Die Straight-Wire-Apparatur. *Inf Orthop Kieferorthop* 10: 5–146.
5. Angle EH (1928) The Latest and Best in Orthodontic Mechanism. *Dent Cosm* 70: 1143–1158.
6. Artun J, Zachrisson B (1982) Improving the handling properties of a composite resin for direct bonding. *Am J Orthod* 81: 269–276.
7. Artun J, Spadafora AT, Shapiro PA (1997) A 3-year follow-up study of various types of orthodontic canine-to-canine retainers. *Eur J Orthod* 19: 501–509.
8. Atack N, Harradine N, Sandy JR, Ireland AJ (2007) Which way forward? Fixed or removable lower retainers. *Angle Orthod* 77: 954–959.
9. Bearn DR (1995) Bonded orthodontic retainers : A review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 108: 207–213.
10. Bennett J, McLaughlin RP (1995) Bracketplatzierung und Straightwire-Apparatur. *Inf Orthop Kieferorthop* 27: 447–462.
11. Broadbent B (1931) A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod* 1: 45–66.
12. Buonocore MG (1955) A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel. *J Dent Res* 34: 849–853.
13. Buschang PH, Shulman JD (2003) Incisor Crowding in Untreated Persons 15 – 50 Years of Age : United States, 1988-1994. *Angle Orthod* 73: 502–508.
14. Dahlberg G (1940) Statistical methods for medical and biological students. Allen and Unwin, London.
15. Diedrich P (2000) Kieferorthopädie I. Elsevier, Urban & Fischer, München.
16. Diedrich P (2000) Kieferorthopädie II. Elsevier, Urban & Fischer, München.

17. Downs WB (1948) Variations in facial relationships: their significance in treatment and prognosis. *Am J Orthod* 34: 812–840.
18. Downs WB (1952) The role of cephalometrics in orthodontic case analysis and diagnosis. *Am J Orthod* 38: 162–182.
19. Edman Tynelius G, Bondemark L, Lilja-Karlander E (2013) A randomized controlled trial of three orthodontic retention methods in Class I four premolar extraction cases - stability after 2 years in retention. *Orthod Craniofac Res* 16: 105–115.
20. El-Mangoury NH (1979) Orthodontic relapse in subjects with varying degrees of anteroposterior and vertical dysplasia. *Am J Orthod* 75: 548–561.
21. Fastlicht J (1970) Crowding of mandibular incisors. *Am J Orthod* 58: 156–163.
22. Freitas KM, de Freitas MR, Henriques JFC, Pinzan A, Janson G (2004) Postretention relapse of mandibular anterior crowding in patients treated without mandibular premolar extraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 125: 480–487.
23. Gardner SD, Chaconas SJ (1976) Posttreatment and postretention changes following orthodontic therapy. *Angle Orthod* 46: 151–161.
24. Gianelly AA (2003) Arch width after extraction and nonextraction treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 123: 25–28.
25. Graber LW, Vanarsdall Jr RL, Vig KW (2005) *The In-Ovation Bracket for Fully Adjusted Appliances*. Orthod Curr Princ Tech , MOSBY: 833–840.
26. Harzer W (1999) *Lehrbuch der Kieferorthopädie*. Carl Hanser Verlag, München.
27. Hawley CA (1919) A removable retainer. *Int J Orthod Oral Surg* 5: 291–305.
28. Hofrath H (1931) Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *Fortschritte der Orthod Theor und Prax* 1: 232–258.
29. Ihlow D, Cronau M, Bernitt K, Sadat-Khonsari R, Dathe H, Nägerl H, Kubein-Meesenburg D (2005) Der Retentionskatalog: Ein Instrument des Qualitätsmanagements. *J Orofac Orthop* 66: 377–387.
30. Ihlow D, Kubein-Meesenburg D (2010) *Handbuch zur klinischen Anwendung des Retentionskataloges*. .
31. Johnson KC (1977) Cases six years postretention. *Angle Orthod* 47: 210–221.
32. Johnston CD, Littlewood SJ (2015) Retention in orthodontics. *Br Dent J* 218: 119–122.
33. Kaplan RG (1974) Mandibular third molars and postretention crowding. *Am J Orthod* 66: 411–430.

34. King EW (1974) Relapse of Orthodontic Treatment. *Angle Orthod* 44: 300–315.
35. King GJ, Keeling SD (1995) Orthodontic bone remodeling in relation to appliance decay. *Angle Orthod* 65: 129–140.
36. Korkhaus G (1932) Dreidimensionale Modellanalyse. *Fortschritte der Zahnheilkd nebst Lit* : 719 – 736.
37. Kuijpers MA, Kiliaridis S, Renkema AM, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM (2009) Anterior tooth wear and retention type until 5 years after orthodontic treatment. *Acta Odontol Scand* 67: 176–181.
38. Lang G, Alfter G, Göz G, Lang GH (2002) Retention and Stability – Taking Various Treatment Parameters into Account. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie* 63: 26–41.
39. Linden FP van der (1974) Theoretical and practical aspects of crowding in the human dentition. *J Am Dent Assoc* 89: 139–153.
40. Little RM (1975) The irregularity index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod* 68: 554–563.
41. Little RM, Wallen TR, Riedel RA (1981) Stability and relapse of mandibular anterior alignment—first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. *Am J Orthod* 80: 349–365.
42. Little RM, Riedel RA, Artun J (1988) An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 93: 423–428.
43. Little RM, Riedel RA (1989) Postretention evaluation of stability and relapse—mandibular arches with generalized spacing. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 95: 37–41.
44. Little RM, Riedel RA, Stein A (1990) Mandibular arch length increase during the mixed dentition: Postretention evaluation of stability and relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 97: 393–404.
45. Little RM (1990) Serial extractions of first premolars - postretention evaluation of stability. *Angle Orthod* 60: 252–262.
46. Littlewood SJ, Millett DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington H V (2006) Orthodontic retention: a systematic review. *J Orthod* 33: 205–212.
47. Lombardi AR (1972) Mandibular incisor crowding in completed cases. *Am J Orthod* 61: 374–383.
48. Melrose C, Millett DT (1998) Toward a perspective on orthodontic retention? *Am J Orthod Dentofac Orthop* 113: 507–514.
49. Meyer M, Nelson G (1978) Preadjusted edgewise appliances: Theory and

-
- practice. *Am J Orthod* 73: 485–498.
50. Moyers R (1973) *Handbook of orthodontics for the student and general practitioner*. 3rd ed. Chicago: YearBook: 442.
51. OnyxCeph3™ Programmhandbuch Version 3.1 (2015) .
52. Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T (2007) Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: A prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 132: 208–215.
53. Pandis N, Polychronopoulou A, Makou M, Eliades T (2010) Mandibular dental arch changes associated with treatment of crowding using self-ligating and conventional brackets. *Eur J Orthod* 32: 248–253.
54. Reitan K (1959) Tissue rearrangement during retention of orthodontically rotated teeth*. *Angle Orthod* 29: 105–113.
55. Reitan K (1960) Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 46: 881–900.
56. Reitan K (1967) Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 53: 721–745.
57. Reitan K (1969) Principles of retention and avoidance of posttreatment relapse. *Am J Orthod* 55: 776–790.
58. Renkema AM, Al-Assad S, Bronkhorst E, Weindel S, Katsaros C, Lisson JA (2008) Effectiveness of lingual retainers bonded to the canines in preventing mandibular incisor relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 134: 1–8.
59. Renkema AM, Renkema A, Bronkhorst E, Katsaros C (2011) Long-term effectiveness of canine-to-canine bonded flexible spiral wire lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 139: 614–621.
60. Ricketts RM (1957) Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth. *Angle Orthod* 27: 14–37.
61. Ricketts RM (1961) Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod* 31: 141–156.
62. Riedel RA (1960) A review of the retention problem. *Angle Orthod* 30: 179–194.
63. Ronay F (1990) Eine Methode zur Herstellung eines individuell programmierten Bracketsystems. *Inf Orthop Kieferorthop* 22: 25–30.
64. Rossouw P, Preston C, Lombard C, Truter J (1993) A longitudinal evaluation of the anterior border of the dentition. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 104: 146–152.
65. Sander FG, Schwenzer N, Ehrenfeld M (2011) *Kieferorthopädie*, 2te ed. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

-
66. Schmutz G (1955) Ein orthodontisches Visiermeßkreuz. *Osterr Z Stomatol* 52: 660.
 67. Schudy GF (1974) Posttreatment craniofacial growth: Its implications in orthodontic treatment. *Am J Orthod* 65: 39–57.
 68. Segner D, Heinrici B (2000) Bonded Retainers – Clinical Reliability. *J Orofac Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie* 61: 352–358.
 69. Shapiro PA (1974) Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes. *Am J Orthod* 66: 58–70.
 70. Sinclair PM, Little RM (1983) Maturation of untreated normal occlusions. *Am J Orthod* 83: 114–123.
 71. Sondhi A, Cleall JF, BeGole EA (1980) Dimensional changes in the dental arches of orthodontically treated cases. *Am J Orthod* 77: 60–74.
 72. Southard TE, Southard KA, Tolley EA (1992) Periodontal force: a potential cause of relapse. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 101: 221–227.
 73. Steiner CC (1953) Cephalometrics for you and me. *Am J Orthod* 39: 729–755.
 74. Steiner CC (1959) Cephalometrics in clinical practice. *Angle Orthod* 29: 8–20.
 75. Steiner CC (1960) The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. *Am J Orthod* 46: 721–735.
 76. Störmann I, Ehmer U (2002) A Prospective Randomized Study of Different Retainer Types. *J Orofac Orthop der Kieferorthopädie* 63: 42–50.
 77. Sumit G, Ashima V (2010) Arch width changes in canine and molar regions after extraction and non-extraction treatment. *J Pierre Fauchard Acad (India Sect 24)*: 45–53.
 78. Tanne K, Inoue Y, Sakuda M (1995) Biomechanical behavior of the periodontium before and after orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 65: 123–128.
 79. Tränkmann J (1964) Über die Möglichkeit, am Gipsmodelltrimmer nach dem Dreiebenensystem ausgerichtete Modelle herzustellen. *Dtsch Zahnärztebl* 18: 321–325.
 80. Türkkahraman H, Özgür Sayin M (2004) Relationship between mandibular anterior crowding and lateral dentofacial morphology in the early mixed dentition. *Angle Orthod* 74: 759–764.
 81. Zachrisson BU (1977) Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod* 71: 440–448.
 82. Zawawi KH, Melis M (2014) The role of mandibular third molars on lower anterior teeth crowding and relapse after orthodontic treatment: a systematic review. *ScientificWorldJournal* 2014: 615429.

7 Publikation / Danksagung

7.1 Publikation

Im Rahmen der gemeinsamen Jahrestagung der DGKiZ der ZFZ und der DGKFO 2016 wurden die Ergebnisse dieser Studie publiziert.

Aldinger D, Müller UH, Lisson J (2016) Untersuchung zur Langzeitstabilität in der Unterkieferfront nach Multibandbehandlung. Jahrestagung der DGKiZ/ZFZ/DGKFO 2016

7.2 Danksagung

Ich danke Herrn Professor Dr. Jörg Lisson für die Überlassung des Themas und insbesondere für die stets freundliche Unterstützung und hilfreiche Beratung bei der Durchführung dieser Studie.

Frau Dr. Delphine Aldinger danke ich für die Beratung und die Hilfe bei der Fertigstellung der Arbeit.

Ebenso geht mein Dank an Frau Dr. Franziska Georg, die mir in vielen Belangen weiterhelfen konnte.

Allen nicht namentlich erwähnten Mitarbeitern der Klinik für Kieferorthopädie danke ich für die Unterstützung bei der Durchsicht der Akten, Stellung der Räumlichkeiten und die angenehme, freundliche Arbeitsatmosphäre.

Ich danke Professor Dr. Stefan Wagenpfeil für die Hilfe bei der statistischen Auswertung sowie für die Bereitstellung des Programms SPSS.

Für die materielle Unterstützung von Gips und Alginat geht ein großes Dankeschön an NWD Dental und im Besonderen an Marcus Aufsatz.

Meiner Familie danke ich für den liebevollen Beistand, im Besonderen meiner Mutter, auf die ich immer zählen kann.

Meinem Freund Stefan danke ich herzlich für die große Geduld, die er bewiesen hat, sowie für die Motivation und Unterstützung zu jeder Zeit und in jeder Situation.

Schließlich danke ich allen Patienten, die sich bereit erklärt haben an dieser Studie teilzunehmen.

8 Anhang

Gesamte Stichprobe

	T1				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	4,70	2,87	3,64	1,61	11,78
LU	14,67	1,74	14,86	10,66	17,74
IcD	26,17	2,18	26,72	20,15	29,54

Tab. 24: Gesamte Stichprobe (N=44); T1: vor Behandlungsbeginn; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T2				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	1,85	0,82	1,94	0	3,30
LU	16,03	1,31	16,34	13,34	18,12
IcD	25,57	1,37	25,78	22,73	27,85

Tab. 25: Gesamte Stichprobe (N=44); T2: nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T3				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	2,67	1,66	2,32	0,40	9,07
LU	15,67	1,32	15,82	13,24	17,76
IcD	25,70	1,69	25,81	21,95	28,55

Tab. 26: Gesamte Stichprobe (N=44); T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

Gruppe Retainer

	T1				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	4,84	2,94	3,87	1,61	11,78
LU	14,63	1,59	14,63	10,85	17,53
IcD	26,21	2,27	26,72	20,15	29,54

Tab. 27: Gruppe RET (N=30); T1: vor Behandlungsbeginn; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T2				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	1,74	0,84	1,94	0	3,30
LU	15,92	1,47	16,28	13,34	18,12
IcD	25,41	1,24	25,38	22,73	27,50

Tab. 28: Gruppe RET (N=30); T2: nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T3				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	2,03	0,88	1,73	0,47	3,92
LU	15,81	1,36	16,20	13,24	17,76
IcD	24,53	1,51	25,45	22,34	28,15

Tab. 29: Gruppe RET (N=30); T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

Gruppe Plattenapparatur

	T1				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	4,39	2,78	2,90	1,90	10,99
LU	14,76	2,08	15,33	10,66	17,74
IcD	26,08	2,07	26,32	21,60	28,58

Tab. 30: Gruppe PA (N=14); T1: vor Behandlungsbeginn; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T2				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	2,08	0,74	2,04	0,83	3,11
LU	16,26	0,88	16,49	14,23	17,23
IcD	25,90	1,61	26,56	23,02	27,85

Tab. 31: Gruppe PA (N=14); T2 nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

	T3				
	M	SD	Median	Minimum	Maximum
IRI	4,05	2,10	3,90	0,4	9,07
LU	15,37	1,21	15,28	13,56	17,12
IcD	26,06	2,05	26,84	21,95	28,55

Tab. 32: Gruppe PA (N=14); T3: fünf Jahre nach Multibandentfernung; IRI: Irregularitätsindex; LU: vordere untere Zahnbogenlänge; IcD: interkanine Distanz; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung. Zahlenangaben in [mm].

Gesamte Stichprobe

	T1			
	M	SD	Minimum	Maximum
Ili_ML [°]	95,19	8,96	75,0	117,5
Ili_NB [°]	25,80	6,26	11,4	38,4
Ii_NB [mm]	4,28	2,15	0,2	10

Tab. 33: Gesamte Stichprobe (N=44); T1: vor Behandlungsbeginn; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; Ii_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung.

	T2			
	M	SD	Minimum	Maximum
Ili_ML [°]	98,19	9,24	69,3	116,5
Ili_NB [°]	28,92	7,63	7,5	50,2
Ii_NB [mm]	5,42	2,41	-1,4	9,9

Tab. 34: Gesamte Stichprobe (N=44); T2 nach Multibandentfernung; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; Ii_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; M: Mittelwert; SD: Standardabweichung.

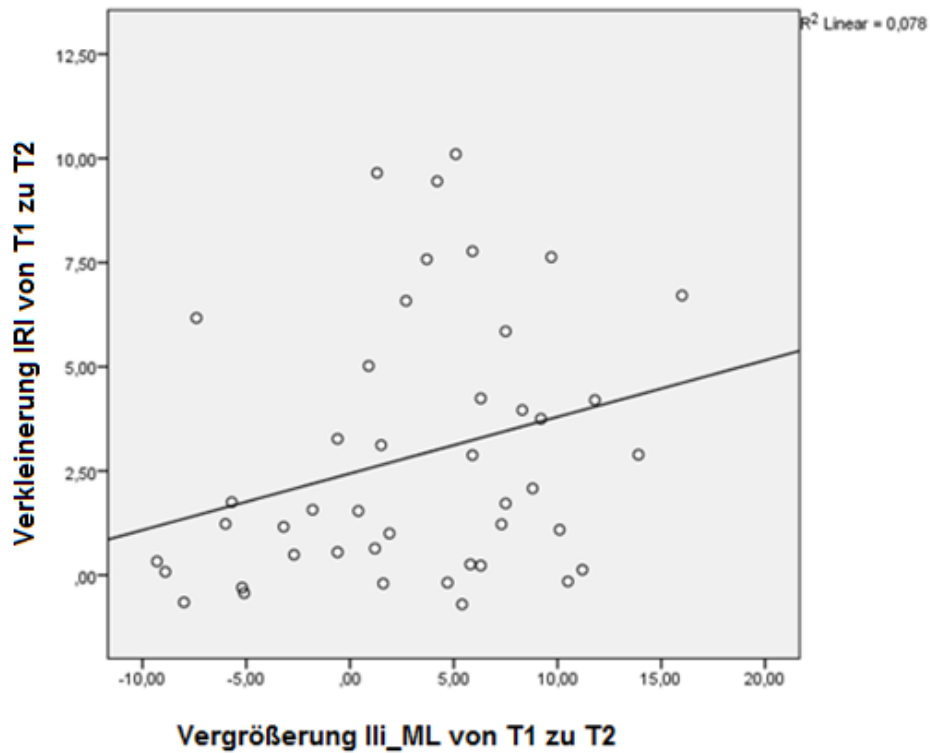


Abb. 17: Korrelation zwischen der Verkleinerung des IRI von T1 zu T2 und der Vergrößerung von Ili_ML von T1 zu T2. IRI: Irregularitätsindex; Ili_ML: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung.

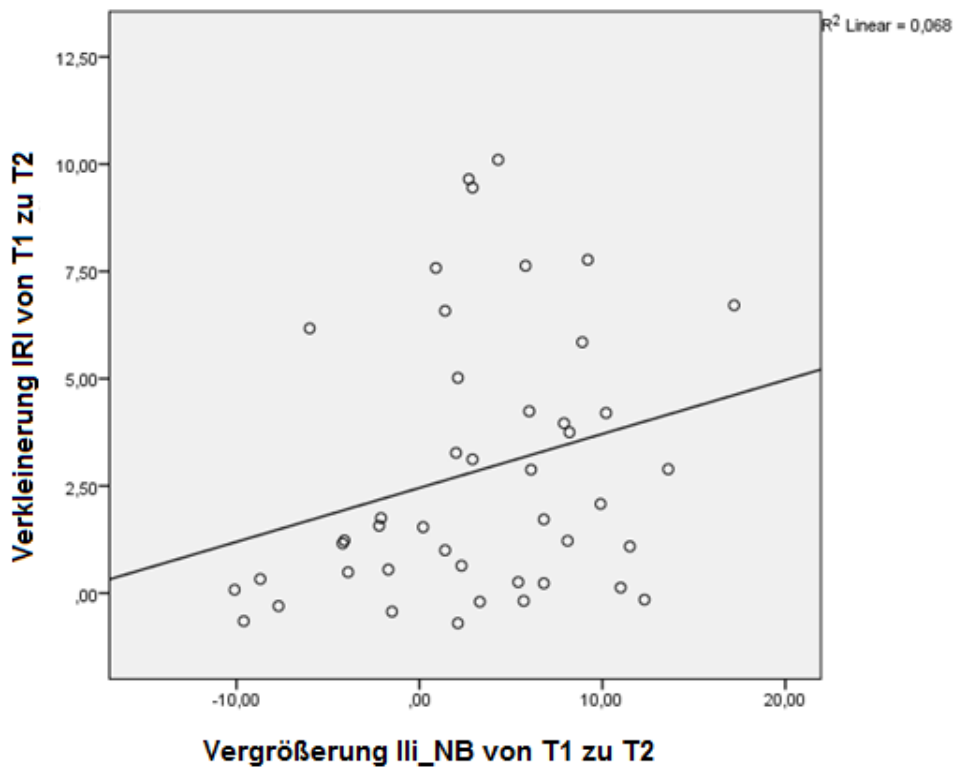


Abb. 18: Korrelation zwischen der Verkleinerung des IRI von T1 zu T2 und der Vergrößerung von Ili_NB von T1 zu T2. IRI: Irregularitätsindex; Ili_NB: Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung.

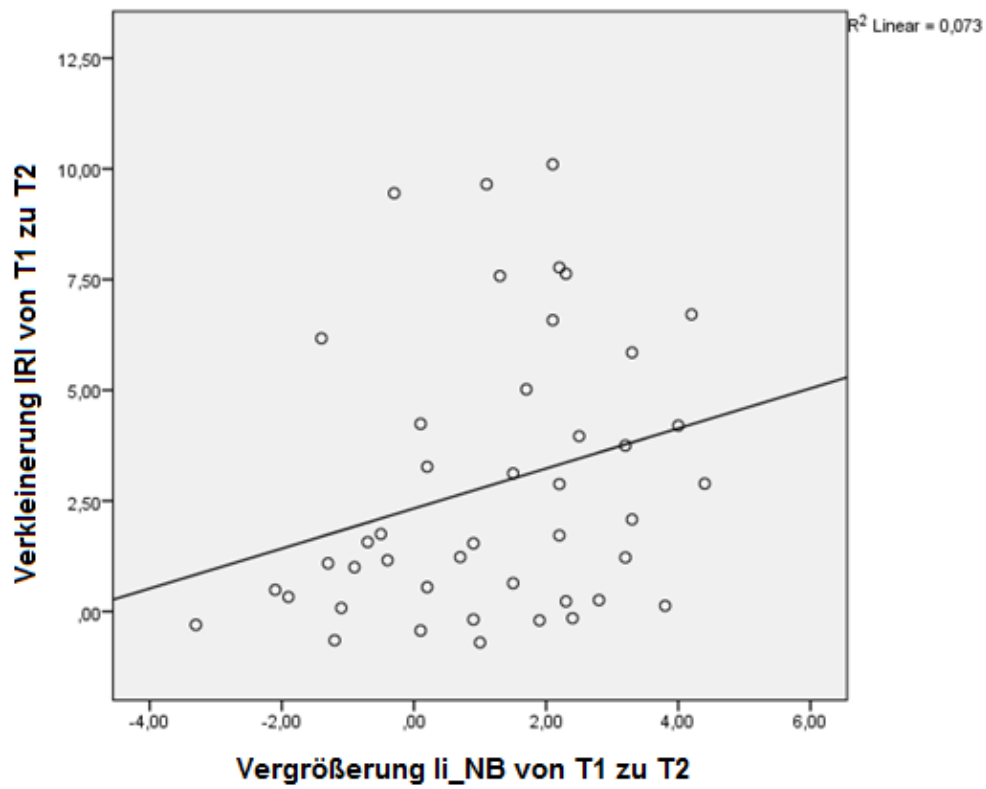


Abb. 19: Korrelation zwischen der Verkleinerung des IRI von T1 zu T2 und der Vergrößerung von li_NB von T1 zu T2. IRI: Irregularitätsindex; li_NB: Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; T1: vor Behandlungsbeginn; T2: nach Multibandentfernung.

9 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	= Abbildung
d.h.	= das heißt
et al.	= et alii / et aliae, lateinisch „und andere“
FRS	= Fernröntgenseitbild
IcD	= interkanine Distanz des Unterkiefers
li_NB	= Abstand der unteren mittleren Schneidezähne zur NB-Linie; Inklinationsbestimmung
Ili_ML	= Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur Unterkieferbasis
Ili_NB	= Neigung der unteren mittleren Schneidezähne relativ zur NB-Linie
IRI	= Irregularitätsindex nach Little
KIG	= Kieferorthopädische Indikationsgruppen
LU	= vordere untere Zahnbogenlänge
N	= Stichprobenumfang / Anzahl der Probanden
n.s.	= nicht signifikant
PA	= Gruppe Plattenapparatur
RET	= Gruppe Retainer
SD	= Standardabweichung
Sig.	= Signifikanz
T1	= Zeitpunkt; vor Behandlungsbeginn
T2	= Zeitpunkt; nach Multibandentfernung
T3	= Zeitpunkt; fünf Jahre nach Multibandentfernung
Tab.	= Tabelle
vs.	= versus
z.B.	= zum Beispiel