

AUS DER POLIKLINIK FÜR KIEFERORTHOPÄDIE

DER KLINIKEN UND POLIKLINIKEN FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERHEILKUNDE „HANS MORAL“ DER
UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

DIREKTORIN: PROF. DR. MED. DENT. FRANKA STAHL

UNTERSUCHUNG DER LANGZEITSTABILITÄT
KIEFERORTHOPÄDISCHER BEHANDLUNGEN VON
PATIENTEN MIT
ANGLE KLASSE II/1 GEBISSANOMALIE

INAUGURALDISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES

DOKTOR DER ZAHNMEDIZIN

DER

UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

VORGELEGT VON

LISA-SOPHIE FUCHS | GEB. AM 20.02.1993 IN JENA

AUS ROSTOCK

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004439

DOKTORARBEIT

UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

ERSTGUTACHTER: PROF. DR. MED. DENT. FRANKA STAHL

EINRICHTUNG: POLIKLINIK FÜR KIEFERORTHOPÄDIE, UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

ZWEITGUTACHTER: PD DR. RER. NAT. HABIL. NADJA ENGEL

EINRICHTUNG: KLINIK UND POLIKLINIK FÜR MUND-, KIEFER- UND PLASTISCHE CHIRURGIE,
UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

DRITTGUTACHTER: PD DR. MED. DENT. NICO CHRISTIAN BOCK

EINRICHTUNG: KIEFERORTHOPÄDIE, JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIEßEN

JAHR DER EINREICHUNG: 2023

JAHR DER VERTEIDIGUNG: 2023

VORWORT

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern in dieser Dissertationsschrift die männliche Form z. B. „Patient“ oder „Proband“ verwendet. Entsprechende Termini gelten im Sinne der Gleichstellungsgedanken grundsätzlich für alle Geschlechter und sollten bitte so verstanden werden.

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT.....	4
2.1	ANGLE KLASSE II/1 GEBISSANOMALIE	4
2.2	STABILITÄT DER OKKLUSION.....	6
2.3	PEER ASSESSMENT RATING INDEX.....	20
III.	PATIENTEN UND METHODE.....	22
3.1	UNTERSUCHUNGSGRUPPE	22
3.2	DURCHFÜHRUNG	25
3.3	METHODE	28
3.4	STATISTIK	34
3.5	FEHLERANALYSE	35
IV.	ERGEBNISSE.....	36
4.1	FEHLERANALYSE	36
4.2	PAR-GESAMTWERT.....	36
4.3	EINZELKOMPONENTEN DES PAR	40
4.4	OVERJET UND MOLARENRELATION	43
4.5	THERAPIESTANDARD UND LANGZEITSTABILITÄT NACH RICHMOND.....	45
V.	DISKUSSION.....	50
5.1	ERGEBNISSE	50
5.2	METHODIK	61
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	66
VII.	THESEN	68
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	70
IX.	ANHANG	83
9.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	83
9.2	TABELLENVERZEICHNIS.....	84
9.3	BEFUNDBOGEN ZUR DATENSAMMLUNG	86
9.4	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	90
9.5	DANKSAGUNG	91
9.6	LEBENS LAUF	92

I. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die ersten Schritte jeder kieferorthopädischen Therapie sind die Diagnostik und Befundung der bestehenden intra- und extraoralen Situation. Es gibt verschiedene Strategien zur Kategorisierung von Fehlstellungen. Die Angle Klassifikation [8] ist eine Möglichkeit der Einteilung. Es gibt insgesamt vier Angle Klassen. Diese sind in drei Hauptklassen gegliedert, wobei die Klasse II in zwei Unterklassen geteilt ist. Die Angle Klasse II/1 stellt in Deutschland sowie Europa mit einer Prävalenz von bis zu 44,6 % bei Kindern im Alter von neun Jahren die häufigste Gebissanomalie dar [90]. In der kieferorthopädischen Praxis findet die Therapie dieser Patientengruppe somit alltäglich statt. Die Angle Klasse II/1 Gebissanomalie wird durch die Distalokklusion im Bereich der Sechsjahrmolaren und durch protrudiert stehende Oberkieferschneidezähne mit vergrößerter Frontzahnstufe charakterisiert [97]. Einhergehend mit den Hauptmerkmalen werden häufig ein Tiefbiss und orofaziale Dysfunktionen sowie das Auftreten oraler Habits beschrieben. Die Ziele einer Behandlung von Patienten mit Angle Klasse II/1 Anomalie umfassen die Korrektur der skelettalen, dentoalveolären und funktionellen Abweichungen. Für alle Gebissanomalien im gleichen Maße gültig ist das hohe Bestreben nach der Langzeitstabilität der Behandlungsergebnisse.

Die Herstellung einer stabilen und funktionellen Okklusion beschäftigt Therapeuten und Wissenschaftler in der Kieferorthopädie seit langem. Andrews [6] legte in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts sechs Kriterien für eine ideale und stabile Okklusion und somit einen wesentlichen Teil der heute angestrebten Behandlungsziele fest. Die sechs Kernpunkte beziehen sich auf die korrekte Molarenrelation, die korrekte Neigung der Seitenzähne sowie Inklination aller Zähne, den Ausschluss von Rotationen und Lücken und einer möglichst flachen Spee-Kurve [6]. Das Wachstum unterstützt die kieferorthopädische Therapie beim Erreichen dieser Ziele. Nach Abschluss der Behandlung können stete Umbauprozesse über die Lebensdekaden hinweg jedoch Instabilität und Rezidive hervorbringen. Birte Melsen, eine dänische Kieferorthopädin und Präsidentin der European Orthodontic Society im Jahr 2004, fand dazu die passenden Worte: „Nichts ist stabil. Noch nicht einmal nach dem Tode.“ Damit kommt der Forschung und der Betrachtung von Veränderungen nach dem puberalen Wachstum und dem Abschluss kieferorthopädischer Therapien eine besondere Bedeutung zu.

Es liegen über viele Jahre gesammelte Daten über Stabilität und Rezidive in der Kieferorthopädie vor. Die meisten Studien zu diesem Thema analysierten alle Anomalieklassen, um ein möglichst großes und damit repräsentatives Studienkollektiv zu erzielen, da bei der Beurteilung einzelner Anomalieklassen meist nur kleine Patientenkollektive

erreicht werden konnten. So zeigten mehrere Studien die Veränderungen der Angle Klasse II/1 Gebissanomalie nach kieferorthopädischer Therapie auf und beurteilten die spezifische Rezidivanfälligkeit und Stabilität dieser Patientengruppe. Nur fünf dieser Studien [10, 27, 48, 67, 101] führten dabei Untersuchungen an einem repräsentativen Studienkollektiv von 50 Patienten und einem posttherapeutischen Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 5 Jahren durch. Die zuvor genannten Studien wiesen wenig homogene Durchführungen auf. Der Fokus lag häufig auf speziellen Behandlungsmethoden oder der Beurteilung einzelner okklusaler oder skelettaler Parameter, durch welche die Auswahl der Untersuchungsgruppen getroffen wurde. Die dabei angewandten Analysemethoden divergierten ebenfalls stark. Die dargestellten Studienergebnisse ergaben sich aus nicht standardisierten Fernröntgenseitenbildanalysen und aus studienindividuellen Modellvermessungen. Diese hohe Diversität in der Methodik erschwerte den Vergleich der Studien.

Neuere Studien [22, 26, 27, 73, 125] wendeten deshalb das international gültige Modellanalyseverfahren, den Peer Assessment Rating Index (im Folgenden als PAR beschrieben) an. Mit diesem durch Richmond et al. [108] entworfenen Analyse- und Bewertungsverfahren können Veränderungen quantifiziert und der Grad der Veränderung erfasst werden. Für wissenschaftliche Zwecke stellte die Modellanalyse mit einheitlicher Auswertung eine nachvollziehbare Messmethode dar [79]. Diese Methodik besitzt die Vorzüge der Reproduzierbarkeit und Objektivierbarkeit durch Angabe eindeutiger Definitionen und Messoperationen. Der PAR stellt ein validiertes und geprüftes empirisches Hilfsmittel dar, welches als nichtinvasive, strahlenfreie Methode aussagekräftige Ergebnisse erzielen kann [107]. Durch die Wiederholung der Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb und nach der kieferorthopädischen Behandlung war es außerdem möglich, eine Einschätzung des Therapieerfolgs zu erhalten und Vergleiche in der Langzeitbetrachtung anzustellen.

Aufgrund der diversen und teilweise mangelhaften Datenlage ergab sich das Studiendesign der vorliegenden Arbeit. Die Studie untersuchte die dentalen Behandlungsergebnisse von Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie zum Zeitpunkt des Therapieabschlusses (T2) und nach einem Intervall von mindestens 5 Jahren (T3) verglichen mit dem prätherapeutischen Zustand (T1). Zur Generierung vergleichbarer Messergebnisse fand eine Analyse von Kiefermodellen mittels des PAR statt. Bei der Auswahl der Patienten wurden keine Einschränkungen hinsichtlich der angewandten Behandlungsgeräte oder der Dauer der Therapie- sowie Retentionsphase gemacht.

Das Ziel der folgenden Untersuchung war das Schließen einer noch vorhandenen Wissenslücke in Bezug auf die posttherapeutische Stabilität und den Therapieerfolg unterschiedlich behandelter Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie. Der Vergleich dieser Resultate sollte Aufschluss über die Langzeitstabilität und Rezidivanfälligkeit der Behandlungsergebnisse innerhalb dieser Patientengruppe geben. Dabei sollten die Untersuchungen anhand der folgenden Fragestellungen durchgeführt werden:

- Wie stark kann die kieferorthopädische Therapie den Anomaliegrad der Angle Klasse II/1 minimieren?
- Treten bei Angle Klasse II/1 Patienten nach abgeschlossener kieferorthopädischer Therapie Veränderungen der dentalen Gebissituation auf?
- Welche qualitative und quantitative Aussage ist in Bezug auf die Behandlungsergebnisse (T2 - T1) und Behandlungserfolge (T3 - T1) zu treffen?
- Welche okklusalen Komponenten weisen nach Therapieende Veränderungen auf und welche bleiben stabil?
- Können daraus Schlüsse und Vorhersagen auf mögliche posttherapeutische Veränderungen gezogen werden?
- Besteht ein Unterschied zwischen den Geschlechtern?
- Besteht ein Unterschied des Langzeiterfolgs bei Patienten mit und ohne Retentionsgerät innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums?
- Ergeben sich daraus Konsequenzen für die Therapie?

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollten ein Zugewinn zur Behandlung und Retention von Angle Klasse II/1 Patienten darstellen. Es sollten Konsequenzen für die Therapieplanung und eine möglicherweise erhöhte Aufmerksamkeit auf einzelne Okklusionsparameter in Bezug auf die Retention abgeleitet werden und Kieferorthopäden eine Möglichkeit zur Überprüfung ihrer Therapieergebnisse gegeben werden.

II. LITERATURÜBERSICHT

In der aktuellen Literatur liegen eine Reihe von Studien vor, welche sich mit der Stabilität im Allgemeinen und mit der Stabilität der Angle Klasse II/1 im Besonderen beschäftigen. Zum Verständnis der Thematik und der zugrundeliegenden Gebissanomalie spielen die Entstehung der Angle Klasse II/1 und die allgemeine Stabilität des kraniofazialen Systems eine wichtige Rolle.

2.1 ANGLE KLASSE II/1 GEBISSANOMALIE

Störungen der physiologischen Gebissentwicklung können zur Entstehung von Fehlstellungen und Anomalien führen. Diese können endogene und exogene Ursprünge aufweisen und zu verschiedenen Zeitpunkten in der Entwicklung auftreten.

Bei der Entstehung einer Angle Klasse II/1 Gebissanomalie wird von einem multifaktoriellen Geschehen ausgegangen, welches durch endogene, genetische Faktoren bedingt sowie durch exogene, funktionelle Faktoren wie orale Habits und Dysfunktionen verstärkt werden kann. Die multifaktorielle Ätiologie lässt eine ebenso vielfältige Morphologie entstehen. Das Erscheinungsbild der Angle Klasse II/1 kann durch eine skelettale oder dentoalveoläre Morphologie geprägt sein [50, 93].

Diese Gebissanomalie ist durch eine distale Molaren- und Eckzahnrelation definiert. Tritt im Zusammenhang dazu eine lückig protrudierte Oberkieferfront mit vergrößerter sagittaler Frontzahnstufe (Overjet) auf, wird das vorliegende Anomaliebild in die Klasse II/1 eingeteilt (s. Abb. 1) [97]. Die Größe der Frontzahnstufe beträgt dabei in den meisten Fällen 3 - 5 mm (55 %) [126]. Eine Frontzahnstufe von > 5 mm tritt mit einer Prävalenz von 25 % auf [117, 126].



ABB. 1 KLINISCHE DARSTELLUNG DER ANGLE KLASSE II/1 GEBISSANOMALIE IN DER SAGITTALEN EBENE (QUELLE: POLIKLINIK FÜR KIEFERORTHOPÄDIE, UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK)

Beim Auftreten einer Angle Klasse II Okklusion im frühen Wechselgebiss gibt es keine Möglichkeit zur Selbstheilung während des Wachstums. Skelettale Muster zeigen sich schon frühzeitig und werden unverändert durch die Wechselgebissphasen weitergegeben [9, 12] und führen damit auch im permanenten Gebiss zu dieser Anomalieklasse [9, 20, 54, 124]. Die Längenentwicklung des Unterkiefers bei Angle Klasse II Patienten findet deutlich geringer statt [54, 96, 124]. Trotz des puberalen Wachstumsschubs besteht bei vorhandener Klasse II Verzahnung somit keine Möglichkeit des Ausgleichs der dentoskelettalen Disharmonien [124]. Damit zeigt die Angle Klasse II den Charakter einer progressiven Dysgnathie [41, 126]. Dies spiegelt sich auch in der Häufigkeitsverteilung wider. Die Prävalenz nahm bei US-amerikanischen Kindern vom Milchzahngebiss (11 %) zum permanenten Gebiss (14 %) zu [43, 119]. In der Bevölkerungsgruppe der europäischen Kinder betrug die Prävalenz der Angle Klasse II vor der zweiten Wechselgebissphase 32 % [4, 84] bis 44,6 % [90]. Bei einer Untersuchung an deutschen Kindern wurde bei 44,8 % der Kinder mit vollständigem Milchgebiss und bei 53,3 % der Kinder im frühen Wechselgebiss eine vergrößerte sagittale Schneidekantenstufe und Distalokklusion diagnostiziert [58]. Die Angle Klasse II/1 stellt somit die häufigste sagittale Okklusionsanomalie in Europa und der kaukasischen Bevölkerung dar [4, 116].

In Deutschland ist die Behandlung durch die kieferorthopädischen Indikationsgruppen (KIG) der gesetzlichen Krankenkassen geregelt. Diese legten eine sagittale Frontzahnstufe von ≥ 6 mm oder ≥ 9 mm als Richtwert für eine krankenkassenunterstützte Hauptbehandlung oder Frühbehandlung fest [116]. Die Behandlungsnotwendigkeit von Patienten mit vergrößerter sagittaler Schneidekantenstufe ist aus kieferorthopädischer Sicht bereits ab geringeren Abweichungswerten gegeben und sollte die distale Molarenrelation ebenfalls mit in die Bewertung einbeziehen. Die Unterstützung einer physiologischen Kau- und Abbeißfunktion, der Erwerb einer regelrechten Phonetik sowie die Prävention vor Frontzahntraumata, Atemwegserkrankungen, kraniomandibulären Dysfunktionen und die Parodontitisprophylaxe stehen im Vordergrund und begründen die Behandlungsnotwendigkeit [116].

Daraus ergeben sich die Behandlungsziele der Therapie einer Angle Klasse II/1. Sie sind umfassend und vielschichtig und beinhalten Bisslagekorrekturen, Bisshebung, Profilverbesserung, die Expansion der Zahnbögen und dentoalveoläre Korrekturen sowie die funktionelle Rehabilitation. Das Erreichen der Langzeitstabilität des Behandlungsergebnisses für die korrigierten Parameter gilt für diese Gebissanomalie gleichsam wie für alle Weiteren.

2.2 STABILITÄT DER OKKLUSION

Nach Abschluss einer kieferorthopädischen Therapie ist die Langzeitstabilität der erlangten Gebissituation der zentrale Wunsch des Patienten und des Behandlers. Rezidive, die zu Veränderungen in der Funktion und Ästhetik führen, sind unerwünscht. Allerdings ist zu beachten, dass ständige Umbauprozesse im menschlichen Körper stattfinden, wie z. B. Auf- und Abbauprozesse im Knochen. Diese sind in ihrer Dimension eher gering, können aber für den Einzelnen über die (Lebens-)Jahre sichtbar werden. [14] Aus diesen Gründen können Veränderungen in der Okklusion und Zahnstellung auch nach Abschluss der Gebissentwicklung und des pubertären Wachstums stattfinden [21, 61, 64]. Die Herausforderung in der Kieferorthopädie besteht somit darin, nach der aktiven Behandlung einer Gebissanomalie den Erhalt des Ergebnisses bis ins hohe Alter des Patienten bestmöglich sicherzustellen.

STABILITÄT IM ORTHOGNATHEN GEBISS

Der Großteil der Gebissentwicklung und das Hauptwachstum des Viszerokraniums findet bis zum Abschluss der Pubertät statt. Darüber hinaus wurden auch ohne kieferorthopädische Interventionen im Kindes- und Jugendalter lebenslange Veränderungen des stomatognathen Systems nachgewiesen [21, 35, 106, 123]. Die Veränderungen auf Ebene des Skeletts, der Muskulatur und der Weichgewebe haben Auswirkungen auf Zahnstellungen des permanenten Gebisses. Dager et al. [35] stellten anhand einer Langzeitstudie an 40 Probanden mit eugnatthem Gebiss fest, dass die Kiefer bis in die sechste Lebensdekade Veränderungen in ihrer Länge, Breite und Höhe aufwiesen. Die Ausprägung der Veränderungen nahm mit fortschreitendem Alter jedoch ab [106]. Diese Erkenntnisse untermauern die von Kahl-Nieke [74] beschriebene Schlussfolgerung, dass dem menschlichen Gebiss durch seine lebenslängliche Dynamik lediglich eine relative und keine absolute Stabilität zugesprochen werden kann.

Im Laufe des Lebens werden im gesamten menschlichen Körper Knochen durch Zug und Druck auf-, ab- und umgebaut. Skelettale Prozesse beeinflussen darüber hinaus dentoalveoläre Beziehungen und Strukturen. Durch Änderungen ihres Fundaments werden dentoalveoläre Parameter wie z. B. die Zahnbogenlänge und -breite, Overjet und Overbite, beeinflusst und weisen damit ebenfalls deutliche Veränderungen auf [131]. Bei aktuelleren Untersuchungen an Probanden ohne kieferorthopädischen Behandlungsbedarf und mit bestehender Normokklusion wurden Veränderungen der Zahnstellung und der Zahnbogenform bis ins späte Erwachsenenalter festgestellt [62, 91].

Untersuchungen wiesen darauf hin, dass eine physiologische Tendenz der Zähne besteht, nach mesial zu wandern. Speziell die Molaren zeigten eine Tendenz zur Mesialisierung, was verstärkt im Unterkiefer auftrat [38]. Hierdurch wies der Unterkiefer auch nach Wachstumsabschluss eine Entwicklung nach anterior auf [75]. Insbesondere der fortwährende Durchbruch der Molaren zusätzlich zur gleichzeitig stattfindenden Mesialwanderung wurde als Kompensation [134] oder als Ursache [106] für fortschreitendes skelettales Wachstum angenommen. Es wurde davon ausgegangen, dass diese Bewegungen für skelettale Veränderungen hinsichtlich der Zunahme der Gesichtshöhe sowie Retroinklination der Mandibula mitverantwortlich waren [52, 106].

In der Maxilla traten dentale Veränderungen, wie die Abnahme der Zahnbogenlänge und des Eckzahnabstandes mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ und $p < 0,05$ auf [64]. Heikinheimo et al. [62] kamen zu dem Ergebnis, dass die dentalen Parameter wie Molaren- und Eckzahnabstand in beiden Kiefern sowie Overbite und Overjet sich zwischen dem 15. - 32. Lebensjahr reduzierten. Bis in die 6. Lebensdekade waren eine signifikante Abnahme des Eckzahnabstandes im Unterkiefer mit $p < 0,05$ und eine signifikante Zunahme der Engstände im Frontzahnggebiet des Ober- und Unterkiefers mit $p < 0,001$ gemessen worden [91].

Die Abnahme der Zahnbogenlänge, des Eckzahnabstandes und die Mesialtendenz wurden als Ursache für den tertiären Engstand im Frontzahnggebiet herangezogen [35, 64, 91]. Welcher nach Ansicht der Untersucher als natürlicher Alterungsprozesses zu bewerten ist [1, 138].

Bei der Einschätzung des Einflusses lebenslanger Umbauprozesse bei eugnathen Gebissen sind geschlechtsspezifische Unterschiede berücksichtigt worden. Diese traten innerhalb der okklusalen sowie skelettalen Komponenten gleichsam auf. Es zeigten sich deutlich dichotome Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Entwicklung und beim Gewebeumbau nach der Pubertät. Die Beachtung von geschlechtsspezifischen Tendenzen während und nach dem Wachstum der Patienten ist von großer Bedeutung für die Therapie und deren Planung.

Männliche Probanden wiesen stärker skelettale Veränderungen während der Entwicklung auf. Bei ihnen fand mehr postpubertäres Wachstum mit größeren skelettalen und dentalen Veränderungen statt [123]. PAR-Messungen zeigten bei kieferorthopädisch unbehandelten Jungen eine schnelle Zunahme der Indexwerte während der Pubertät, welche sich nach dem 22. Lebensjahr stabilisierten [138]. Bei weiblichen Probanden war eine schrittweise dentale und kraniofaziale Entwicklung innerhalb der Pubertät nachweisbar, die sich zwischen der zweiten und dritten Lebensdekade beschleunigte [138]. Veränderungen waren bspw. die Abnahme des maxillären Eckzahnabstandes (-1 mm) und der Unterkieferzahnbogen-

länge (-1 mm) [1]. Zwischen dem 22. - 32. Lebensjahr entwickelte sich bei Frauen außerdem ein Gesichtsschädelaufbau mit vertikalem Charakter [1], bedingt durch eine kaudoposteriore Rotation der Mandibula, welche mit der Zeit zu einem konvexeren Profil führte [134]. Bei Männern weist die Mandibula hingegen die Tendenz zur Anteinklination auf [134] und es wurde beschrieben, dass das Kinn prominenter hervortrat [106].

Weitere geschlechtsspezifische Veränderungstendenzen traten in der dentalen Entwicklung auf. Bishara et al. [21] wiesen zwischen dem 26. - 46. Lebensjahr eine signifikante Abnahme des Eckzahnabstandes im Ober- und Unterkiefer mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ und $p < 0,001$ bei Frauen nach. Bei Männern kam es ausschließlich im Unterkiefer zu einer Abnahme des Eckzahnabstandes mit einer Signifikanz von $p < 0,05$. Die Reduktion des Eckzahn- und Molarenabstandes bei Frauen zwischen dem 15. - 32. Lebensjahr wurde in einen negativen Zusammenhang mit der Zunahme des Overbites gebracht [62]. Bei männlichen Probanden kam es zur Abnahme des Overbites [1].

Die durchschnittlichen Veränderungen waren in beiden Geschlechtergruppen insgesamt gering. Sie zeigten sich deutlicher bei Frauen und unterstützen auf einem Signifikanzniveau von mindestens $p < 0,05$ alles in allem die Annahme, dass das kraniofaziale Wachstum über das puberale Wachstum hinaus voranschreitet [1]. Wachstumsänderungen waren bei beiden Geschlechtern bis weit über die 5. Lebensdekade mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ messbar [134].

Klinisch relevante Veränderungen im Erwachsenenalter stellten letztlich die Abnahme der Zahnbogenlänge und des Eckzahnabstandes unabhängig des Geschlechtes dar. Engstände sind als Teil des physiologischen Alterungsprozesses zu erwarten. Diese Veränderungen wären im Zusammenhang mit der Behandlungsplanung und Langzeitstabilität nach der geplanten kieferorthopädischen Therapie zu beachten.[131] Als stabile Parameter wurden der Overjet gemeinsam mit der maxillären Zahnbogenbreite angesehen [91].

Die dargelegten Veränderungen beschrieben Tendenzen und Häufigkeiten. Die individuelle Vorhersage, wo im dentofazialen System weitere Entwicklungen stattfinden würden und ob diese zu- oder abnehmen, wären schwierig zu treffen [62]. Veränderungen der kraniofazialen und dentoalveolären Komplexe sollten als Zusammenspiel von facialem Wachstum, Zahnentwicklung und Funktion angesehen werden [130].

STABILITÄT NACH KIEFERORTHOPÄDISCHER BEHANDLUNG

Die Erkenntnisse über die zuvor beschriebenen Veränderungen im kraniofazialen Komplex nach Abschluss der Pubertät sind essenziell für die Planung und Durchführung kieferorthopädischer Behandlungen von Gebissanomalien. Diese können unterstrichen werden durch den Nachweis von dynamischen und konstanten Veränderungen bei behandelten Patientenfällen während der dritten und vierten Lebensdekade, welche vermutlich ein Leben lang auftreten [23, 87]. Dabei erschienen die größten Veränderungen jedoch bereits in den ersten Jahren nach Behandlungsabschluss und die Rezidivfreudigkeit schien sich danach mit der Zeit zu minimieren [133].

Bondemark et al. [29] gaben eine Reihe von Faktoren und individuellen Einflüssen an, die eine Einschätzung der Stabilität des erwünschten Behandlungsergebnisses vor Therapiebeginn und nach Abschluss der aktiven Therapie erschwerten. Art, Ausmaß und Dauer der Zahnbewegung, verbleibendes Restwachstum sowie Alter und Geschlecht des Patienten hatten einen maßgeblichen Einfluss [78, 129]. Es wurde beschrieben, dass der Zahnbogen und die Zähne (z. B. wahrnehmbar gemessen im Eckzahnabstand) die Tendenz aufweisen, nach therapeutischer Bewegung in ihre ursprüngliche Form und Position zurückzukehren [19], weshalb die Ausgangsform für das Behandlungsziel gewahrt werden und nur im äußersten Fall minimale Veränderungen erfahren sollte. Bereits Mitte des letzten Jahrhunderts wurde diese Meinung vertreten [111]. Die genannten Veränderungen der Zahnstellung wurden verstärkt bei schmalen Zahnbogenformen beobachtet [94]. Vergrößerungen des Overjets und Overbites waren ebenfalls häufig wahrnehmbare Rezidive [19, 86, 101, 115, 132]. Das Ausmaß dieser Rezidive wies eine Abhängigkeit zum Ausmaß der vorangegangenen Korrektur auf [118]. Die Gruppe um Al Yami [2] kam nach einer 10-Jahres-Langzeituntersuchung an 564 Patienten zu dem Ergebnis, dass alle gemessenen okklusalen Komponenten (Kontaktpunktabweichungen, laterale Okklusionsbeziehungen, Overjet, Overbite, Mittellinienverschiebung) eine Entwicklung in Richtung der ursprünglichen Lage aufwiesen. Die mittels PAR gemessenen Werte spiegelten dies wider ($PAR_{\text{Therapiebeginn}} = 28$; $PAR_{\text{Therapieende}} = 9$; $PAR_{10\text{-Jahre-Nachuntersuchung}} = 15$) und wiesen eine verbleibende Veränderung zwischen dem prätherapeutischen Wert und den Werten zur Nachuntersuchung nach 10 Jahren von 45 % auf. Ein großer Teil der erfassten posttherapeutischen Veränderungen traten dabei besonders in den ersten zwei Jahren nach Ende der Retentionsphase auf (PAR-Veränderung = 3; entspricht 49 %). Zwischen dem 5. - 10. Folgejahr konnten keine signifikanten Veränderungen mehr gemessen werden (PAR-Veränderung = 1, entspricht 13 %) [2]. Des Weiteren bestand ein Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der zu Beginn bestehenden Gebissanomalie und dem Grad des Rezidivs [18, 100, 122]. Bei

Nachuntersuchungen an 224 Patienten aller Angle Klassen 5 Jahre nach abgeschlossener Retention, wurde die Zunahme des Overjets als einflussreichste Komponente des PAR an dessen posttherapeutischen Veränderungen wahrgenommen [18].

Dies führt zu der Notwendigkeit der Einhaltung grundlegender Behandlungsprinzipien für eine (bessere) Stabilität. Blake und Bibby [23] fassten zusammen, dass die ursprüngliche Unterkieferform sowie der Eckzahnabstand im Unterkiefer möglichst unverändert bleiben sollte. Auch die prätherapeutische Stellung der Unterkieferfrontzähne als stabilste Position dieser Zähne ist beizubehalten.

Bei Beachtung dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse in der Praxis ist die Zunahme eines Frontzahnengstandes dennoch ein oft beschriebenes Phänomen. Der sogenannte tertiäre Engstand entsteht zwischen der Pubertät und dem jungen Erwachsenenalter bei behandelten Patienten sowie unbehandelten Patienten gleichermaßen (+1 mm). Die Signifikanz der Zunahme der Kontaktpunktabweichungen lag dabei bei $p < 0,001$, wobei zwischen behandelten und unbehandelten Probanden kein signifikanter Unterschied in der Ausprägung bestand [39]. Der tertiäre Engstand wurde deshalb als eine Erscheinung des natürlichen Alterungsprozesses angesehen [5, 138] und trat unabhängig der vorangegangenen Gebissanomalie oder des Therapiestandards auf. In bis zu 58 % der Fälle entwickelte sich ein Engstand der Unterkieferfrontzähne innerhalb der ersten 15 Jahre nach Therapieende. Im Oberkiefer wurde dagegen eine Kontaktpunktabweichung im Frontzahnggebiet von nur zu 5 % nachgewiesen [133]. Die Zunahme des Platzmangels war dabei größer, je stärker das vertikale Wachstum und die Eruption der Unterkieferfrontzähne voranschritt [39]. Dieses Geschehen zeigte auf, dass eine Abgrenzung zwischen Rezidiven nach kieferorthopädischer Behandlung und dem natürlichen Altersprozess schwierig war [29, 62, 129, 138]. Daher wurde von einigen Autoren eine permanente Retention im Unterkiefer empfohlen, um eine Langzeitstabilität im anterioren Frontzahnsegment zu erzielen [85, 86].

STABILITÄT NACH ANGLE KLASSE II/1 THERAPIE

Die vorab formulierten und allgemeingültigen Beobachtungen zur Stabilität sowie zur Retention und zu Rezidiven nach kieferorthopädischer Therapie spiegeln sich auch im speziellen Fall der Angle Klasse II/1 wider.

Es existieren eine geringe Anzahl an Studien [36, 66, 70, 73, 82, 89, 103], die sich mit dem Thema der Langzeitstabilität ab einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 5 Jahren in Bezug auf die Angle Klasse II befasste. Die meisten vorhandenen Studien haben Nachuntersuchungszeiträume zwischen ein und maximal 5 Jahren nach Therapieabschluss.

Die Studienlage wies nur wenige aktuelle Studien auf [27, 30, 51, 73]. Zu beachten war, dass bei den vorhandenen Untersuchungen meist keine Unterteilung der Angle Klasse II in die Untergruppen 1 oder 2 vorgenommen worden war. Aus diesem Grund sollten die Ergebnisse und Schlussfolgerungen differenziert für die Angle Klasse II/1 oder II/2 betrachtet werden.

Es lagen zwei Studien vor, deren Schwerpunkt auf der Angle Klasse II/2 Gebissanomalie lag [28, 47]. Die Gießener Studiengruppe um Bock [28] legte dabei den Fokus auf die Langzeitstabilität nach Therapie mit der Herbst-Apparatur. Anhand von 33 Patienten kamen sie zu dem Ergebnis, dass das Therapieergebnis nach 15 Jahren nur geringe Veränderungen aufwies und diese den Veränderungen einer unbehandelten historischen Kontrollgruppe von Angle Klasse I Patienten ähnelten. Zudem gaben sie an, dass Patienten mit geklebten Retainern zum Nachuntersuchungszeitraum einen um 2 PAR-Punkte geringeren Anstieg des Behandlungsergebnisses erzielt hatten. Die Untersuchungen von Ferrazzini [47] beziehen sich auf die Stabilität der Behandlungsergebnisse 20 Jahre nach Frühbehandlung mit herausnehmbaren Geräten. Die Untersuchungsgruppe bestand lediglich aus 18 Patienten. Er beschrieb, dass die Behandlung eine höchst signifikante Reduktion (9 PAR-Punkte) ermöglichte. Im Nachuntersuchungszeitraum von 20 Jahren kam es zu einem Anstieg von fast 4 PAR-Punkten. Der Behandlungserfolg wies weiterhin ein Ergebnis unter dem Signifikanzniveau von $p < 0,001$ auf. Beide Studien kamen in den Auswertungen zu der Beurteilung, dass durch die Behandlungen nahezu ideale Okklusionen mit PAR-Abschlusswerten von durchschnittlich 3 Punkten erzielt werden konnten [28, 47]. Es sind jedoch die kleinen Untersuchungsgruppen und die unterschiedlichen Behandlungsmethoden beim Vergleich und der Verallgemeinerung der Aussagen zu beachten.

Die Auswertung der Studien zur Angle Klasse II konnte in Anbetracht einzelner Komponenten und deren Langzeitstabilität stattfinden. Ein Fokus lag dabei auf der Einstellung der Molarenrelation nach Korrektur im Rahmen der Klasse II Therapie. Die Arbeitsgruppe um Lima et al. [36] bewertete die Stabilität der Molarenbeziehung anhand ihrer Resultate als hoch, wenn nach erfolgter Angle Klasse II Therapie die Einstellung in eine Klasse I-Verzahnung vorlag. Im Rahmen dieser Studie kam es innerhalb von 6,7 Jahren nach Retentionsabschluss zu keinem signifikanten Rezidiv. Zu ähnlichen Resultaten kam eine aktuelle Veröffentlichung [73]. Bei einer Gruppengröße von $n = 18$ und einem Nachuntersuchungszeitraum von 20 Jahren kam es zu keinen signifikanten Veränderungen in der Molarenrelation. Der mittels PAR erfasste Behandlungserfolg wies eine signifikante Reduktion der Ausgangssituation trotz auftretender Rezidive um durchschnittlich 6 PAR-Punkte auf. Im Gegensatz dazu stand die Zusammenfassung von Behandlungsergebnissen in der Übersichtsarbeit von Bock et al. [26]. Diese setzten den Untersuchungsschwerpunkt auf

Studien zur Behandlung mittels Herbst-Apparatur. Die Bewegung der Sechsjahrmolaren innerhalb der Behandlung betrug 5,1 mm. In der Langzeitbetrachtung kam es jedoch zu einem durchschnittlichen Rezidiv von 1,2 mm. Insgesamt wurden die ermittelten Behandlungsergebnisse als gut beschrieben und posttherapeutische Veränderungen als klinisch irrelevant angesehen. Weitere Untersuchungen wurden nach Extraktionstherapie unter Janson durchgeführt [70]. Die Messungen wurden vergleichend zwischen den Gruppen mit Extraktion von zwei Prämolaren und Extraktion von vier Prämolaren durchgeführt. In der Gruppe von Patienten mit systematischer Prämolarenextraktion kam es zu einem signifikant größeren Rezidiv (posttherapeutische Veränderung 0,6 mm; $p < 0,05$) in Richtung einer Klasse II-Verzahnung als in der Vergleichsgruppe (posttherapeutische Veränderungen 0,1 mm). Eine weitere Studie [82] fand nach Aktivator-Headgear-Therapie an 26 Patienten eine signifikante Verbesserung (3,3 mm; $p < 0,001$) der Molarenrelation mit sehr geringem Rezidiv (- 0,3 mm) und bester Langzeitstabilität nach 12,7 Jahren.

Neben der Einstellung der Molarenrelation spielen die Reduktion des Overjets und Overbites in der Behandlung der Angle Klasse II Patienten eine wichtige Rolle. Das Auftreten von Rezidiven beim Overbite und Overjet wird dabei kontrovers diskutiert. Ein nicht signifikanter Anstieg der Werte des Overjets und des Overbites wurde nach einem Beobachtungszeitraum von 20 Jahren nach durchgeführten Bionator-Therapien ermittelt [73]. Gegensätzlich dazu wurden Verluste der Behandlungsergebnisse des Overbites und Overjets nach abgeschlossener Therapie mittels Herbst-Apparatur beschrieben [26]. Nach einer therapeutischen Reduktion des Overbites von 2,9 mm betrug die Zunahme 1,4 mm (finales Resultat 3,7 mm). Der Overjet nahm innerhalb des Nachbeobachtungszeitraums um 1,8 mm auf ein finales Resultat von 3,8 mm zu (therapeutische Reduktion 6,5 mm) [26]. Eine Zunahme des Overbites wurde nach Therapieabschluss in Zusammenhang mit der Therapie von 2- und 4 Prämolarenextraktionen gemessen [70]. Innerhalb von 9,4 Jahren ($n = 57$) nahmen die therapeutisch erzielten Werte des Overbites um 0,9 mm zu. Beim Overjet lag die Zunahme bei 0,7 mm. Die Langzeitveränderungen von Overjet und Overbite sowie der Molarenrelation standen in dieser Studie signifikant mit dem Therapieausmaß in Verbindung. Die Stabilität des Overjets und die des Overbites wurden ebenfalls durch Lerstøl et al. [82] untersucht. Deren Ergebnisse zeigten eine höchst signifikante Verbesserung des Overjets (-4,3 mm) zum Ende der Untersuchung ohne signifikante Zunahme zwischen Therapieende und Nachuntersuchung (12-15 Jahre). Der Overbite vergrößerte sich in diesem Zeitraum wieder um 0,3 mm ($p < 0,05$). Die Ergebnisse zur Nachuntersuchung wiesen dennoch eine signifikante Reduktion (-2,0 mm; $p < 0,001$) in Anbetracht der Ausgangssituation auf [82].

Weitere Studien diskutieren die Gesamtstabilität der Behandlungsergebnisse in Abhängigkeit spezieller Therapieformen. Die Therapieeffekte nach Herbst-Therapie haben Pancherz und Anehus-Pancherz [103] ermittelt. Die Therapieeffekte nach dem Einsatz eines Herbst-Scharniers glichen denen eines High-Pull-Headgears. Sechs Monate nach Entfernung der Apparatur traten jedoch bereits Rezidive auf. Auch die einjährige Verwendung von Retentionsgeräten konnte die Vorgänge nicht aufhalten. Im Gegensatz dazu standen die Ergebnisse der aktuellen Studie von Bilbo et al. [17], welche die Langzeitstabilität einer Angle Klasse II Behandlung nach tatsächlichem Einsatz eines High-Pull-Headgears an 20 Patienten untersuchten. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass eine Klasse II-Korrektur durch ein beständiges Unterkieferwachstum und ein therapeutisch gehemmtes maxilläres Wachstum erzielt werden konnte und dieses nach einer Langzeitretention von 4,1 Jahren und postretentiven Beobachtungszeit von durchschnittlich 3 Jahren stabil geblieben war. Ebenfalls stabile Behandlungsergebnisse wurden in einer weiteren aktuellen Studie nach der Therapie mittels Forsus-Apparatur erfasst [139]. Die Untersuchung wurde an Patienten nach Wachstumsabschluss durchgeführt und die Therapieeffekte zeigten sich ausschließlich in dentoalveolären Veränderungen. Hierbei konnten der Overjet und Overbite signifikant um 2,5 mm bzw. 2,0 mm reduziert werden. Zur Nachuntersuchung nach durchschnittlich 19 ± 3 Monaten wies der Overjet eine signifikante Veränderung auf, die mit $0,3 \pm 0,5$ mm nach Meinung der Autoren keine klinische Relevanz besaß. Die nachgewiesenen Veränderungen wurden dem physiologischen Alterungsprozess zugeschrieben [139].

Eine weitere untersuchte Therapiemethode zur Behandlung der Angle Klasse II Gebissanomalie ist die Extraktionstherapie. Vier Studien haben diesen Therapiestil als Untersuchungskriterium gewählt [66, 69, 70, 89]. In der von Luppapornlarp und Johnston [89] durchgeführten Studie an 62 Patienten und einem Nachuntersuchungszeitraum von 15,3 Jahren wurden Ergebnisse zwischen den Behandlungsmethoden der Prämolarenextraktion und Behandlung ohne Extraktion ermittelt. Es wurden in beiden Gruppen posttherapeutische Zunahmen des Overjets, des Overbites, des Irregularity Index und der posterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer gemessen. Es wurde erfasst, dass in der Gruppe ohne Extraktionen die Werte der anterioren und posterioren Zahnbogenweite und der Irregularity Index zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung höher lagen als vor dem Behandlungsbeginn. Der Overbite näherte sich in beiden Gruppen dem prätherapeutischen Werten an. Zusätzlich wurde erfasst, dass die Zähne im bukkalen Segment der Extraktionsgruppe nach Therapieende eine weitere Tendenz zur Mesialisierung aufweisen, wohingegen in der Vergleichsgruppe die Seitenzähne sich weiter distalisierten. Eine ähnliche Untersuchung [69] wurde an 59 Patienten mit und ohne erfolgter Extraktionstherapie und einer

Nachuntersuchungszeit von durchschnittlich 8,4 Jahren durchgeführt. Nach Therapieabschluss waren die Behandlungsergebnisse beider Therapievarianten gleich stabil und wiesen vergleichbare, nicht signifikante Veränderungen auf. Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der therapeutischen Effekte und dem Ausmaß posttherapeutischer Veränderungen festgestellt werden. Ein Vergleich der dargestellten Studienergebnisse ist nur mit Limitationen möglich. Die Untersuchungen weisen keine einheitlichen Probandengruppen in Bezug auf die Gruppengröße und die angewandten Behandlungsmethoden auf. Hinzu kommt, dass der Nachuntersuchungszeitraum stark variiert. Es wurden keine vergleichbaren Analyseverfahren angewandt.

Anders sieht es bei Studien aus, die zur Modellvermessung den PAR als Methodik gewählt haben [27, 53, 67, 73, 92]. Hier liegt ein vergleichbares Messverfahren zu Grunde. Die einzelnen Studiendesigns unterschieden sich jedoch weiterhin in den Punkten der zugrundeliegenden Behandlungsmethodik, dem Beobachtungszeitraum und der Probandenzahl. Die meisten Ergebnisse wiesen eine Zunahme der PAR-Werte in der Langzeitbeobachtung auf. Jungbauer et al. [73] führten ihre Untersuchungen nach Bionator-Therapie durch und wiesen eine Reduktion der PAR-Gesamtwerte von anfänglich 19,9 auf 7,7 Punkte (63,1 %) nach. Im Nachuntersuchungszeitraum von 20 Jahren kam es zu Rezidiven und die PAR-Werte verschlechterten sich auf einen durchschnittlichen Endwert von 12,3 Punkten. Dieser Punktzahlanstieg wurde jedoch nicht als signifikant angegeben. Die Verbesserung der Ausgangswerte liegt letztendlich bei 33,3 %. Eine weniger starke Zunahme der PAR-Werte von 2,03 - 3,55 zum Therapieende auf 4,4 - 5,1 zum Nachuntersuchungszeitraum (7,3 Jahre) und damit eine prozentuale Zunahme von 3,6 - 15,1 % haben Janson et al. [69] veröffentlicht. Die Verbesserung der Behandlungsergebnisse im Rahmen dieser Studie lag bei 85 %. Dies entspricht einem hohen Therapiestandard und weist darauf hin, dass die Behandlung einer Angle Klasse II Gebissanomalie zu befriedigenden Ergebnissen führt. Die aufgetretenen Veränderungen traten am stärksten in den Jahren unmittelbar nach Therapieende auf. Der zufällige Fehler der Methode dieser Studie wurde mit 0,98 PAR-Punkten angegeben. Beide Studien gaben keine Limitationen in Bezug auf den PAR als Analysemethodik an.

Eine Übersichtsarbeit von Wins et al. [135] befasste sich mit der Frage der Bestimmung vorhersagbarer Stabilitätsfaktoren mit Einfluss auf die sagittalen Beziehungen nach Angle Klasse II Therapie. Sie kam zu dem Ergebnis, dass die Stabilität beeinflussende Faktoren nur mit geringer Evidenz aufgrund unzureichender Datenlage genannt werden können. Dazu zählen das Ausmaß der therapeutischen Veränderungen, der Grad des Overjets und eine ausgeprägte Molaren- und Eckzahnbeziehung mit 1 Prämolarenbreite (PB) vor

Therapiebeginn. Zu den Faktoren, die mit geringer Evidenz keinen Einfluss auf die Stabilität ausüben, zählen der prätherapeutische Overbite, die prätherapeutische Molarenrelation sowie die Dauer unterschiedlicher Therapiezeiträume. Demgegenüber stehen die Einschätzung und Vorhersage eines instabilen Behandlungsergebnisses. Eine instabile Gebissssituation nach Therapieende war präziser vorhersagbar, wenn orofaziale Dyskinesien, ein Dualbiss oder individuelle Instabilitätsfaktoren vorlagen [74, 78, 116, 117]. Diese individuellen Faktoren sind bspw. Art, Ausmaß und Ausrichtung der Zahnbewegung sowie Alter, Geschlecht und verbleibendes Schädelwachstum des Patienten [78]. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Stärke der Beeinflussung dieser Faktoren auf das Behandlungsergebnis nicht vorhersagbar und individuell sind [74]. Diese Einschätzungen sind für jede Gebissanomalie und Untergruppe der Angle Klasse II gültig.

Dennoch unterschieden sich die Untersuchungen zur Untergruppe der Angle Klasse II/1 von den Analysen der Angle Klasse II, die ohne Unterscheidung in die Untergruppen durchgeführt wurden. Die aktuelle Datenlage zur Langzeitstabilität nach Angle Klasse II/1 Behandlung zeigte, dass differente Studien vorhanden waren. Es befassten sich 2/3 (n=17) der Untersuchungen mit der Stabilität des Gesamtergebnisses bzw. mehrerer Parameter, wobei eine überwiegende Anzahl (n = 12) ausschließlich die Therapieergebnisse eines Behandlungsgerätes oder einer Gerätefolge bewerteten. Bei 10 Studien standen einzelne Parameter und deren Veränderungen im Fokus, wie bspw. die isolierte Bewertung des Overjets, der Zahnbogenform oder des Frontengstandes im Unterkiefer. Die hier dargestellten Veröffentlichungen fanden zwischen 1975 und 2021 statt und wiesen Beobachtungszeiträume von < 5 Jahren bis hin zu 25 Jahren auf. Bock et al. [27] untersuchten eine Gruppe von 52 Patienten im Alter von 33,6 Jahren 18,3 Jahre nach Abschluss der aktiven Therapie. Das selektierende Einschlusskriterium war der Einsatz einer Herbst-Apparatur im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung. Die Untersuchungsergebnisse wurden mit einer historischen Kontrollgruppe verglichen und ergaben, dass es im Rahmen der Behandlung zur signifikanten Verbesserung der dentalen und skelettalen Parameter kam und beinahe ideale Okklusionen hergestellt werden konnten (PAR-Gesamtwert_{Nachuntersuchungszeitpunkt 3,5}). Veränderungen des Overjets, des Overbites und von Engständen der Unterkieferinzisivi traten im Nachuntersuchungszeitraum in ähnlichem Maße wie bei der unbehandelten Kontrollgruppe (n = 31) auf. Die Molarenrelation, die Mittellinie und therapierte Kontaktpunktabweichungen der Oberkieferfrontzähne wurden als stabile Parameter beschrieben. Eine weitere Studie wurde an 14 ebenfalls mit Herbst-Apparatur behandelten Angle Klasse II/1 Patienten und einem Nachuntersuchungszeitraum von 32 Jahren von Pancherz et al. [104] durchgeführt. Die Ergebnisse nach Fernröntgenseitenbild- und Modellanalyse zeigten, dass es zu keinen signifikanten Veränderungen bei der Molarenrelation, dem Overbite und Overjet kam und bei

86 % der Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis im Overjet und Overbite nach 32 Jahren noch gegeben war. In 64 % der Fälle blieb die therapeutisch eingestellte Klasse I-Verzahnung stabil. Instabilitäten wurden mit bestehenden Habits, ungenügender posttherapeutischer Verzahnung und unzureichenden Retentionsmaßnahmen begründet. Unregelmäßigkeiten im Unterkieferfrontzahnsegment nahmen stetig zu und wurden eher den physiologischen dentoskelettalen Veränderungen im Erwachsenenalter zugeschrieben. In älteren Untersuchungen an 29 Patienten, deren Therapie ebenfalls mit der Herbst-Apparatur durchgeführt worden war, wurden nach 6 Jahren posttherapeutischer Zeit Rezidive des Overbites und der Frontzahninklination der Zähne im Ober- sowie im Unterkiefer erfasst [102]. Als Ursachen wurden maxilläre Veränderungen (anteriore Bewegungen der Molaren und Inzisivi) beschrieben. Außerdem lag bei 64 % der Patienten mit Rezidiv eine Lippen- und oder Zungen-Dysfunktion vor. Ähnliche Resultate zu den Untersuchungen von Panherz et al. [104] und Bock et al. [27] zeigte die Studie von Foncatti et al. [51]. Alle Patienten (n = 24) der Untersuchungsgruppe wurden erfolgreich mit dem Jasper Jumper, einer festsitzenden Klasse II-Mechanik, therapiert und 7,2 Jahre nach Abschluss der kieferorthopädischen Therapie im Alter von 22 Jahren nachuntersucht. Die Ergebnisse zeigten nur geringe und nicht signifikante Veränderungen in der Molarenrelation und dem Overbite. Der Overjet blieb innerhalb der Untersuchungsgruppe im Nachuntersuchungszeitraum stabil. Im Vergleich zu einer unbehandelten Klasse I-Kontrollgruppe kam es jedoch zu einer signifikanten Rezidivtendenz in Bezug auf den Overjet ($\text{Overjet}_{\text{Klasse II}} = 0,6$; $\text{Overjet}_{\text{Klasse I}} = -0,1$). Dazu gibt es eine weitere Untersuchung [71], die belegt hat, dass es nach der Therapie zu einer stärkeren Retroinklination der Unterkieferfrontzähne bei therapierten Angle Klasse II/1 Patienten im Vergleich zu wachstumsbedingten Veränderungen bei Personen ohne kieferorthopädische Indikation und Intervention kommt. Dies wurde als eine Ursache für das Overjetrezidiv angegeben. In Verbindung dazu wurde auch eine posttherapeutisch vertikale Entwicklung und labiale Inklination der Oberkieferinzisivi bei Angle Klasse II Patienten beschrieben, die stärker ausfielen als in der Entwicklung und dem Wachstum sowie von Individuen ohne Gebissanomalie und damit vermutlich eine Auswirkung auf die Overbiterezidive haben. Somit kam es während der Therapie zu einer signifikanten Verbesserung des Overbites, nach Therapieende jedoch zu Rezidiven mit annähernd prätherapeutischen Werten ($T1 = 3,4 \text{ mm}$; $T2 = 1,6 \text{ mm}$; $T3 = 3,0 \text{ mm}$; $p < 0,001$). Auch Yavari et al. [137] dokumentierten eine Zunahme des Overbites zwischen den Ergebnissen zum Therapieende und dem Zustand zur Nachuntersuchung nach 5,2 Jahren, welche jedoch kein signifikantes Ausmaß überschritten. Die Ergebnisse zum Overjet zeigten, dass dieser durch die Therapie signifikant verbessert wurde und im Nachuntersuchungszeitraum diese Veränderung zum Ausgangsbefund signifikant blieben ($T2 - T0 = -6,8 \text{ mm}$; $p < 0,0001$). Die Studiengruppe wies auf einen

Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Overjet-Korrektur und Rezidiven im Unterkieferfrontzahnbereich hin. Fälle mit großer therapeutischer Overjet-Korrektur zeigten später stärkere Frontzahnunregelmäßigkeiten auf. Elms et al. [42] kamen im Rahmen ihrer Untersuchungen an 42 Angle Klasse II/1 Patienten zu dem Schluss, dass die meisten Veränderungen, welche innerhalb von 6,5 Jahren nach Ende der Retentionsphase wahrgenommen werden konnten, einem natürlichen Umbauprozess entsprachen. Fälle, die als deutliches Rezidiv eingestuft worden waren, zeigten nicht mehr als 20 % Rückfall der durch die Therapie erzielten Ergebnisse. Fidler et al. [48] haben an 78 Patienten mit erfolgreich abgeschlossener Klasse II/1 Behandlung die Stabilität nach 14,0 Jahren untersucht (Alter zum Therapiebeginn = 11,2 Jahre; Alter zur Nachuntersuchung = 31,1 Jahre). Es wurden signifikante Veränderungen zwischen dem Ende der Therapie und dem Nachuntersuchungszeitraum bei der Molarenrelation (max. 2,5 mm; 28,8 % < 1 mm), beim Overjet (max. 3,0 mm; 57,7 % < 1 mm) und beim Overbite (max. 4,5 mm; 60,3 % < 1,5 mm) gemessen. Die Studienleiter stuften diese Ergebnisse als geringe Rezidive ein und brachten diese Entwicklungen mit Änderungen des posterioren Zahnbogensegmentes, Protrusion der Oberkieferfrontzähne und Retroinklination der Unterkieferfrontzähne in Verbindung. Sie haben jedoch keine Faktoren für die Vorhersage des klinischen Rezidivausmaßes gefunden und vertraten die Meinung, dass eine behandelte Angle Klasse II/1 Gebissanomalie nach Wachstumsanpassung und Zahnbewegung eine zufriedenstellende Stabilität aufweist.

Weitere Studien, welche ausschließlich die Langzeitstabilität des Overjets betrachteten, sind die zwei Untersuchungen von Drager und Hunt [38] und Bennett et al. [15]. Drager und Hunt [38] untersuchten an 49 Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie das Ausmaß des Overjets vor, direkt im Anschluss und mindestens 1 Jahr nach Therapie. Die Untersuchungen ergaben, dass es zu Veränderungen des Overjets nach Behandlungsabschluss kam und diese mit einer Signifikanz von $p < 0,01$ vom Ausmaß der therapeutischen Overjet-Veränderung abhängig waren. Mit einer statistischen Evidenz von $p < 0,05$ wurde der prätherapeutische Overjet als Prädiktor für das Maß des Rezidives angegeben. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Ergebnisse der Untersuchung von Bennett et al. [15]. Diese führten eine Studie an 48 Patienten 34,7 Monate nach Retentionsende durch und kamen zu dem Ergebnis, dass, je höher der prätherapeutische Overjet ist desto eher und größer können posttherapeutische Veränderungen auftreten. Außerdem kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass der Overjet zum Nachuntersuchungszeitpunkt auch durch den Overjet zum Therapieende mitbestimmt wird. In einer Studie von Wood [136] wurde die Notwendigkeit der Retentionsphase anhand von 60 Patienten mit Angle Klasse II/1 (30 Patienten mit Retention für ein Jahr; 30 Patienten ohne Retention) betrachtet. Er kam zu dem Ergebnis, dass als Rezidivprädiktoren für Overjet-Rezidive die Ausprägung des Overjets vor Therapiebeginn

sowie der Overbite und der Interinzisalwinkel zum Ende der aktiven Therapie in Betracht gezogen werden sollten. Die Untersuchungsgruppe um Ciger [34] dokumentierte, dass nach einer Untersuchungszeit von 5,3 Jahren nach Therapieabschluss ($n = 18$) eine signifikante Zunahme des Overjets von durchschnittlich 1,3 mm auftrat. Hierbei gingen die Autoren von einem dentalen Rezidiv ohne skelettale Einflüsse aus. Die dentalen Veränderungen wurden mittels des Irregularity Index gemessen, welcher im Ober- und Unterkiefer zunahm, während der Eckzahnabstand im Unterkiefer abnahm, ohne dass im Rahmen der Therapie Veränderungen des Eckzahnabstandes durchgeführt worden waren. Beide Messungen lagen bei einer Signifikanz von $p < 0,01$.

Die Wahl der verwendeten Methodik war zwischen den vorgestellten Studien zur Angle Klasse II/1 sehr variabel. Einen großen Unterschied stellte bereits das diagnostische Mittel dar. Hier gab es kein einheitliches Vorgehen. Einige Studien nutzten das Fernröntgen-seitenbild zur Auswertung mit standardisierten oder selbstdefinierten Messparametern. Eine andere Möglichkeit stellte die Vermessung und Auswertung von Gipsmodellen dar. Abhängig vom Schwerpunkt der jeweiligen Studie waren die Messmethoden ebenfalls sehr unterschiedlich. Es wurden standardisierte aber auch selbstdefinierte Messparameter aufgenommen oder unterschiedliche Indizes angewandt, z. B. der Irregularity Index nach Little oder der Peer Assessment Rating Index nach Richmond. Fünf Studien zwischen 2007 und 2017 nahmen Modellvermessungen mittels des PAR vor [27, 53, 67, 69, 92]. Die Anwendung der gleichen Messmethode macht die Messergebnisse dieser Studien vergleichbarer. Außerdem bietet der PAR die Möglichkeit einer graduierten Einschätzung der Veränderungen und des Therapiestandards. Die Arbeit von McGuinness et al. [92] befasste sich mit Veränderungen in der Okklusion sowie dem Weichteilprofil nach Klasse II/1 Therapie mittels festsitzender Apparaturen. Die Untersuchungsgruppe umfasste 207 Personen im Alter von 21,3 Jahren. Das Ende der aktiven Behandlung lag durchschnittlich 4,6 Jahre zurück. Die PAR-Ergebnisse zeigten, dass es durch die Behandlung zu einer Verbesserung der Indexwerte um 82,2 % kam ($T1 = 35,5$; $T2 = 6,3$); sich diese jedoch zur Nachuntersuchung verschlechterten und damit nur noch einer Verbesserung um 54,8 % ($T3 = 16,0$) entsprachen. Dem stand die Untersuchung von Francisconi et al. [53] gegenüber. Diese haben durch die Klasse II Therapie mittels Bionator und festsitzenden Apparaturen sehr gute Behandlungsergebnisse nahe der idealen Okklusion erzielt (posttherapeutischer PAR = 5,4; Verbesserung um 81,8 %). Nach 9,9 Jahren kam es mit einem Anstieg von 4,9 % auf 5,6 PAR-Punkte zu keiner signifikanten Veränderung der Indexwerte. Die Untersuchung durch Janson et al. [67] wurde an 56 Patienten nach Extraktionstherapie von drei oder vier Prämolaren durchgeführt. Die therapeutischen PAR-Reduktionen betrugen 80,9 - 86,0 %. Innerhalb der Nachuntersuchungsperiode von 6,9 Jahren kam es zu einem Anstieg der PAR-Gesamtwerte zwischen

5,0 - 9,4 %, was als ein zufriedenstellendes Ergebnis bewertet worden ist. Zusammenfassend nach diesen Studienergebnissen wurden durch die Angle Klasse II/1 Therapie signifikante Reduktionen des Anomalieschweregrades erzielt. Die mittels PAR erfassten Ergebnisse zur Langzeitstabilität wurden jedoch nach unterschiedlichen Behandlungsmethoden zwischen den Studien ermittelt.

Es gehört zur gegenwärtigen Praxis, dass viele Patienten unabhängig der ursprünglichen Anomalie zur Langzeitretention der Frontzahnstellung geklebte Retainer im Unter- und oder Oberkiefer erhalten. Drei Arbeiten betrachteten in ihren Untersuchungen die Entwicklung und Langzeitstabilität bei Angle Klasse II/1 Patienten in Anbetracht eines vorhandenen Retainers im Vergleich zur abgeschlossenen Retention [25, 27, 71]. Dabei beschrieben alle Studien gleichermaßen, dass es trotz vorhandener geklebter Unterkieferretainer zu Veränderungen in der Frontzahnstellung mit Kontaktpunktabweichungen kam. Bock et al. [27] notierten jedoch eine durchaus geringere PAR-Zunahme beim Vorhandensein eines Retainers (+1,7 PAR) im Vergleich zu Patienten ohne diesen (+6,6 PAR) nach 18,3 Jahren (n = 52). Diese Ergebnisse lagen im Einklang mit den Resultaten von Janson et al. [69], die ihre Studie an Angle Klasse II Patienten – beide Untergruppen 1 und 2 eingeschlossen – mit teilweise durchgeführter Prämolarenextraktion durchführten. Im Vergleich der Gruppen mit geklebtem Retainer und ohne konnten keine signifikanten Unterschiede in den posttherapeutischen PAR-Veränderungen erhoben werden.

Zusammenfassend zeigt die Betrachtung der aktuellen Literatur, dass die bestehenden Studien eine Langzeitstabilität der Therapieergebnisse von Angle Klasse II Patienten erfasst haben. Die allgemeine Vergleichbarkeit war bei den meisten Studien jedoch eingeschränkt, da entweder ein spezielles Behandlungsgerät im Fokus stand oder die Gruppengröße der Studienteilnehmer, besonders bei Studien mit erhöhter Langzeitbetrachtung ein geringeres Ausmaß aufwiesen. Limitierend kam hinzu, dass die Messverfahren der meisten Studien keinem einheitlichen Standard entsprachen. Diese Einschränkung wurde bei neueren Studien aufgehoben, indem der PAR als Methode zur Vermessung dentaler und okklusaler Komponenten an Gipsmodellen Anwendung fand.

2.3 PEER ASSESSMENT RATING INDEX

Der Peer Assessment Rating Index ist Ende der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts durch ein britisches Komitee bestehend aus zehn Kieferorthopäden erstellt worden [108]. Es handelt sich um einen Index zur Bewertung okklusaler Komponenten. Mithilfe der generierten PAR-Werte können Einschätzungen der Therapiekomplexität, Auswertungen von Behandlungsergebnissen und Vergleiche von Patientenfällen vorgenommen werden [128].

Das Bewertungssystem basiert auf der Vermessung von Kiefermodellen und der Analyse elf okklusaler Parameter zur Einschätzung einer Gebissanomalie. Mithilfe des PAR können verschiedene Aussagen getroffen werden. Aus dem Gesamtwert einer Messung kann eine Aussage über die Abweichung der vorliegenden Situation zur Normokklusion gegeben werden. Daraus wird die Einschätzung des Schweregrades einer Gebissanomalie und die Ableitung der Behandlungsschwierigkeit möglich [37, 98, 127]. Je höher die Gesamtpunktzahl, desto schwerwiegender ist die Gebissanomalie. Beim Vergleich mehrerer Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Verlauf einer Therapie ist eine Aussage über den Grad der Verbesserung, den Behandlungserfolg und die Stabilität der Ergebnisse in der Langzeitbetrachtung möglich. Es können die ganzwertigen Zahlenergebnisse verglichen werden oder ein prozentuales Verhältnis erstellt werden [108].

Der PAR als Index-System gibt damit die Möglichkeit, den Grad der Änderung zu erfassen und Veränderungen zu quantifizieren. Ebenfalls wird die Überprüfung des Therapieerfolges beim Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Behandlungsmethoden ermöglicht [16]. Laut Richmond et al. [109] kann anhand der Bewertung auch eine Aussage über die Qualität der Behandlung getroffen werden. Somit ist eine Selbstreflexion von Behandlern auf die durchgeführten und angewandten Therapiemethoden möglich und Vergleiche zwischen Behandlern und Praxen können anhand dieses Maßstabs stattfinden.

Der PAR besteht seit über 30 Jahren. In dieser Zeit sind verschiedene Studien mithilfe des Index durchgeführt worden, wodurch die Methode validiert wurde. Bei den Studien mit Blick auf die Angle Klasse II und Verwendung des PAR lag zum Großteil die Frage nach dem Therapieerfolg und/oder der Langzeitstabilität okklusaler Komponenten zu Grunde [53, 67, 92]. Aktuelle Studien außerhalb der Eingrenzung der Angle Klasse II befassen sich außerdem mit dem PAR in Bezug auf die Erfassung von Behandlungsnotwendigkeiten und der Beurteilung des Schweregrades vorliegender Gebissanomalien [88]. Zudem wird der PAR eingesetzt, um verschiedene Apparaturen in Bezug auf den Therapieerfolg zu vergleichen, z. B. Schienentherapie im Vergleich zu Multiband-Multibracket-Apparaturen oder linguale im Vergleich zu

vestibulären Multiband-Multibracket-Apparaturen [11, 81]. Grundsätzlich bietet die Befunderhebung am Gebissmodell für wissenschaftliche Zwecke die Vorzüge der Reproduzierbarkeit und Objektivierbarkeit durch Angabe eindeutiger Definitionen und Messoperationen [79]. Es ist eine leicht zu erlernende Methodik, die klare Einteilungen bietet und dadurch eine gute Vergleichbarkeit besitzt. In verschiedenen Untersuchungen [32, 46, 78, 108, 110] konnte die Zuverlässigkeit bei der Anwendung und Gültigkeit der Messergebnisse bestätigt werden. In der Literatur wird eine gute Reliabilität beschrieben [31, 65, 72]. Des Weiteren wird die Sensitivität und Spezifität zur Ermittlung bei der Behandlungsnotwendigkeit mit über 92 % und 86 - 89 % angegeben [49] und stellt damit auch jüngst eine geeignete Methode zur Einschätzung des Therapiebedarfs dar [127]. Damit erweist sich der PAR auch drei Jahrzehnte nach seiner Entwicklung als solide Methode in der wissenschaftlichen Erhebung von Behandlungsergebnissen und der Erfassung des Behandlungsausmaßes.

III. PATIENTEN UND METHODE

Das Studiendesign wurde unter der Registriernummer A 2016-0116 geprüft und durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock mit einem positiven Votum zur Durchführung zugelassen.

3.1 UNTERSUCHUNGSGRUPPE

Die Untersuchungsgruppe setzte sich aus behandelten Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Rostock und vier niedergelassenen Fachpraxen (in Weimar, Jena, Rostock und Plau am See) zusammen. Aus den jeweiligen Patientenarchiven wurden abgeschlossene Patientenfälle anhand der folgenden festgelegten Einschlusskriterien ausgewählt.

- abgeschlossene kieferorthopädische Hauptbehandlung mit 16 Behandlungsquartalen
- Behandlungsdiagnose: Angle Klasse II/1 Gebissanomalie mit $\geq \frac{1}{2}$ Prämolarenbreite Distalokklusion der ersten Molaren beidseits und einer sagittalen Frontzahnstufe von > 3 mm
- Vorliegen kieferorthopädischer Diagnostikmodelle zu den Zeitpunkten vor der Therapie (T1), nach der aktiven Therapie bzw. in der Retentionsphase (T2)
- Abschluss der aktiven kieferorthopädischen Therapie vor mindestens 5 Jahren
- Behandlungskonzepte mittels herausnehmbarer und oder festsitzender Apparaturen
- keine Nichtanlagen permanenter Zähne (Weisheitszähne ausgeschlossen)
- keine durchgeführte Extraktionstherapie
- mindestens zweite Wechselgebissphase zum Zeitpunkt T1
- vollständiges, kariesfreies, parodontal gesundes permanentes Gebiss zum Zeitpunkt T3
- keine konservierenden, implantologischen oder prothetischen Rekonstruktionen, welche die Stabilität des Behandlungsergebnisses hätten beeinflussen können
- keine erneute kieferorthopädische Therapie zwischen T2 und T3
- keine angeborenen Fehlbildungen, wie Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten und syndromales Leiden
- kein Dysgnathiefall.

Aus 900 archivierten Patientenfällen wurden nach Anwendung der Einschlusskriterien 277 Patienten ausgewählt. Die erreichten Behandlungsergebnisse spielten dabei keine Rolle. Von 203 ehemaligen Patienten lagen Kontaktdaten vor, die noch in 134 Fällen aktuell waren

und zur Kontaktaufnahme genutzt werden konnten. Die Patienten wurden telefonisch oder per Post kontaktiert und um Rückmeldung gebeten. Um die Motivation zur Teilnahme an der Studie zu erhöhen, wurden über den Wissenschaftsfond der *Mecklenburg-Vorpommerschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an den Universitäten Greifswald und Rostock e.V.* Fördermittel beantragt und bewilligt, so dass eine Aufwandsentschädigung von 50,00 € pro Person gestellt werden konnte. Positive Rückmeldungen zur Teilnahme an der Studie kamen von 54 Personen. Fünf Patienten lehnten die Teilnahme aus verschiedenen persönlichen Gründen ab (z. B. zu weit entfernter Wohnort oder starker Würgereiz). Nach der klinischen Untersuchung mussten vier Probanden ausgeschlossen werden, da sie bereits einen oder mehrere Zahnverluste erlitten hatten oder prothetischen Zahnersatz in der Zwischenzeit erhalten hatten. Der Prozess der Rekrutierung der Untersuchungsgruppe ist in Abb. 2 schematisch dargestellt. Die Übersicht zur Zusammensetzung des Studienkollektivs nach Alter und Geschlecht ist in Tab. 1 aufgeführt.

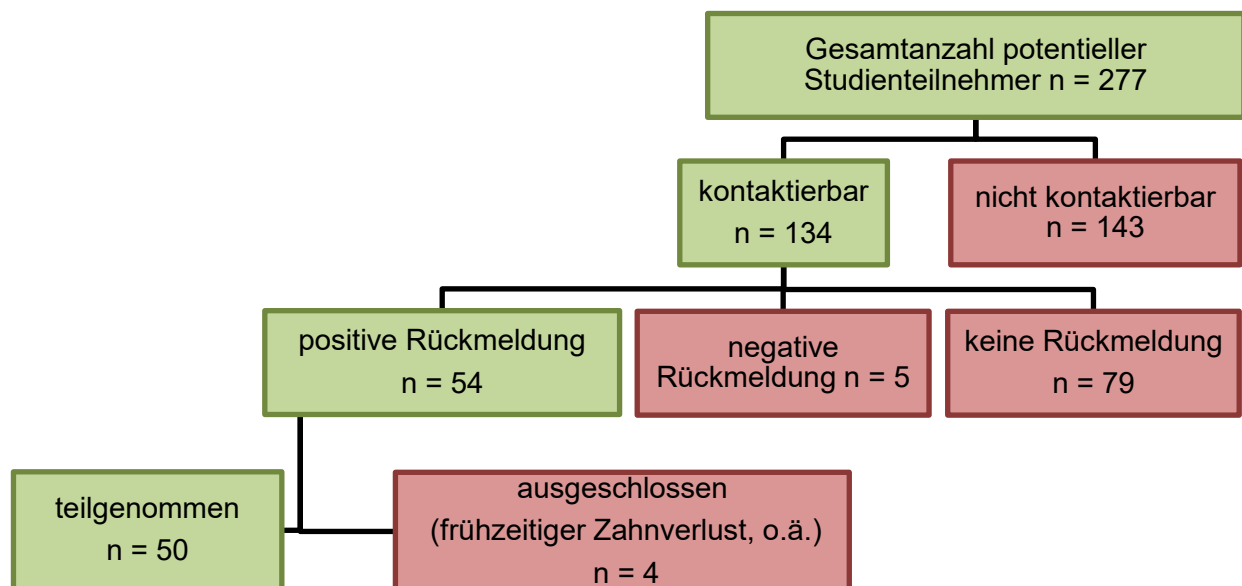


ABB. 2 SCHEMA ZUR DARSTELLUNG DER PATIENTENREKRUTIERUNG

TAB. 1 GESCHLECHTSSPEZIFISCHE DARSTELLUNG DER PATIENTEN DER UNTERSUCHUNGSGRUPPE ZU DEN UNTERSUCHUNGSZEITPUNKTEN T1, T2, T3

Patientenalter in Jahren	gesamt n = 50	♂ n = 26	♀ n = 24
T1 (Therapiebeginn) in J	10,5 ± 2,0	11,2 ± 2,4	9,8 ± 1,2
T2 (Therapieende)	15,3 ± 2,0	15,7 ± 2,5	14,9 ± 1,3
T3 (Nachuntersuchung)	22,8 ± 4,6	23,8 ± 5,2	21,8 ± 3,6

Die Patienten befanden sich zum Therapiebeginn (T1) alle in der zweiten Wechselgebissphase oder wiesen bereits ein vollständig permanentes Gebiss auf. Alle Behandlungen wurden als Hauptbehandlung mit 16 Behandlungsquartalen durchgeführt. Der Einsatz von Behandlungsgeräten war individuell gestaltet. Bei 24 Patienten lag das Behandlungsprotokoll vollständig vor. Danach wurde ein Patient nur mit herausnehmbaren Apparaturen im Sinne aktiver Platten behandelt. Neun Patienten wurden ausschließlich mittels festsitzender Multiband-Multibracket-Apparatur therapiert und 14 Probanden erhielten eine kombiniert herausnehmbar-festsitzende Therapie. An die aktive Behandlung schloss sich die Retentionsphase an. Bei 35 von 50 Patienten konnte die Dauer der Retentionsphase anhand der vorhandenen Behandlungskartei nachvollzogen werden. Die durchschnittliche Retentionsdauer betrug bei diesen Patienten 11,4 Monate. Zur Erweiterung des Patientenpools wurden Patientenfälle akzeptiert, welche zum Zeitpunkt T2 entweder am Ende der aktiven Therapie oder am Ende der Retentionsphase, also am Abschluss der vollständigen kieferorthopädischen Therapie, standen. Dabei sind 13 Probanden zum Zeitpunkt T2 am Ende der aktiven Therapie und 22 Probanden am Ende der Retentionsphase. Bei 16 Probanden fehlt eine genauere Angabe zum Therapiestand zu T2. Für die Untersuchung sind die Daten der aktuellsten vorhandenen Diagnostikmodelle für den Zeitpunkt T2 ausgewählt worden. Daraus ergeben sich die Untersuchungszeiträume, welche mit der Unterteilung nach Geschlecht in Tab. 2 abgebildet sind.

TAB. 2 UNTERSUCHUNGSZEITRÄUME T1 - T2 UND T2 - T3 IN JAHREN MIT GESCHLECHTSSPEZIFISCHER UNTERTEILUNG

in Jahren	gesamt n = 50	♂ n = 26	♀ n = 24
Behandlungsdauer (T1-T2)	4,8 ± 1,1	4,5 ± 1,2	5,1 ± 0,9
Nachuntersuchungszeitraum (T2-T3)	7,6 ± 4,4	8,1 ± 5,4	6,9 ± 2,9

Zu beachten ist, dass zu den Zeitpunkten T2 und T3 Retentionsgeräte getragen worden sind. Zu T2 betrug die Anzahl 47 Patienten (94 %). Zu T3 waren noch bei 30 Patienten (60%) Retentionsgeräte vorhanden. 20 Patienten gaben an, keine Retentionsgeräte mehr zu tragen. Die eingesetzten Retentionsgeräte stehen mit der entsprechenden Anzahl ihres Auftretens aufgelistet in Tab. 3. Unter geklebten Retainern sind individuell angefertigte orale Retainer gemeint, welche mittels dentalen Compositen an jedem Zahn von Eck- zu Eckzahn des jeweiligen Kiefers befestigt worden sind. Die herausnehmbaren Retentionsplatten entsprechen von den Behandlern angepassten und individualisierten Hawley-Retainern.

TAB. 3 HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER VORHANDENEN RETENTIONSGERÄTE ZU DEN ZEITPUNKTEN T2 UND T3

Art des Retentionsgerätes	T2	T3
kein Retentionsgerät	3	20
geklebte Retainer im Ober- und Unterkiefer	7	8
geklebter Retainer ausschließlich im Unterkiefer	3	21
herausnehmbare Retentionsplatten im Ober- und Unterkiefer	14	1
Kombination aus herausnehmbaren und festsitzenden Retentionsgeräten	17	0
keine Angabe zum Retentionsgerät	6	0
Gesamt	50	50

3.2 DURCHFÜHRUNG

Die Untersuchungen der Probanden sowie die Modellvermessung wurden durch ein und dieselbe Person durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine approbierte Zahnärztin. Die Anwendung des PAR als Messmethode wurde im Selbststudium erlernt und durch 10 Probemessungen vor Durchführung der Datenerfassung verinnerlicht.

Die ausgewählten Probanden wurden zu einem Nachuntersuchungstermin in die Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Rostock oder in die kieferorthopädischen Fachpraxen eingeladen. Die Untersuchungen fanden im Zeitraum zwischen Januar 2017 und Januar 2020 statt. Am jeweiligen Untersuchungsort fand eine zahnärztliche Kontrolle und Befunderfassung statt. Der Zahnstatus wurde überprüft sowie die Schleimhäute und angrenzende Gewebe, um die Mundgesundheit des Probanden nach den festgelegten Auswahlkriterien zu überprüfen. Im Anschluss wurden Abformungen des Ober- und Unterkiefers genommen. Die habituelle Okklusion wurde mittels einer Wachsplatte oder eines A-Silikons (StoneBite®) festgehalten. Nach der Herstellung der kieferorthopädischen Diagnostikmodelle lagen für jeden Patientenfall drei Modelle zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 vor (s. Abb. 3).

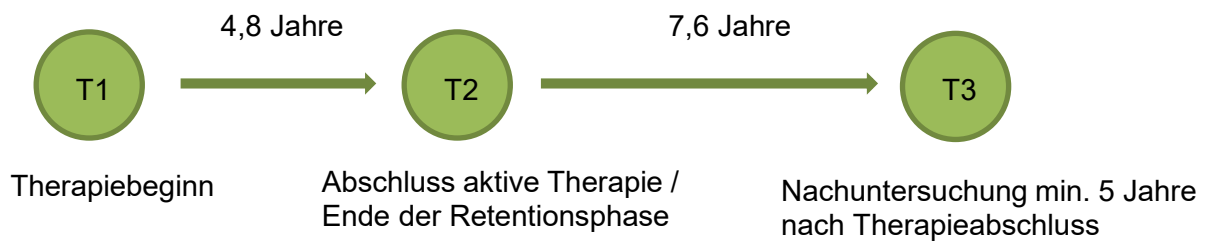


ABB. 3 DARSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSZEITPUNKTE UND VISUALISIERUNG DES STUDIENDESIGNS

Für jeden Patientenfall wurden drei Modellanalysen zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten durchgeführt. Zur Erfassung der studienrelevanten Daten wurde die Methodik der Modellanalyse mittels des PAR von Richmond et al. [108] gewählt. Daraus ergab sich die Möglichkeit des Vergleichs der PAR-Gesamtwerte sowie der Messwerte der PAR-Komponenten im Querschnitt zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 sowie den Untersuchungszeiträumen T2 - T1, T3 - T1 und T3 - T2.

Zur Bestimmung von Mess- und Methodenfehlern wurden blind 30 Modelle ausgewählt an denen ein zweites Mal die PAR-Messungen sowie die Messungen der sagittalen Verzahnung im Frontzahn- sowie Seitenzahnbereich durchgeführt wurden. Die Messdaten wurden nach einem zeitlichen Abstand von mindestens vier Wochen durch dieselbe Untersucherin ermittelt.

Als Messhilfe dienten ein kieferorthopädischer Messschieber (s. Abb. 4) und das für den PAR-Index entwickelte PAR-Lineal [108] (s. Abb. 5).

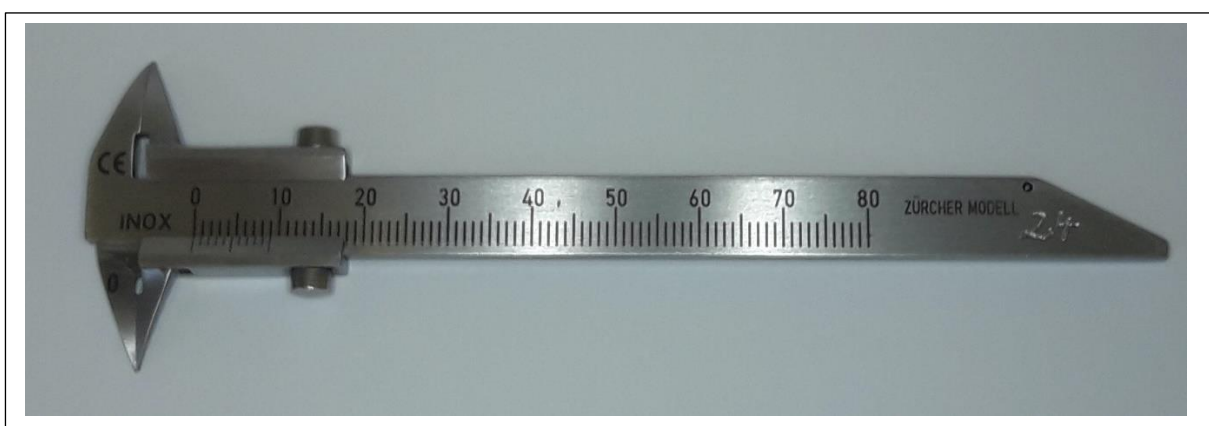


ABB. 4 VERWENDETER KIEFERORTHOPÄDISCHER MESSSCHIEBER, ZÜRICHER MODELL

ANT-POST	
0 None	
1 < 1/2 unit dis	
2 = 1/2 unit dis	
TRANSVERSE	
0 None	
1 Xbite tend > = 1t	
2 = 1 tooth in xbite	
3 > 1 tooth in xb	
4 > 1 tooth in sb	
VERTICAL	
0 None	
1 openb 2t > 2mm	
CENTRELINE	
0 < = 1/4	
1 1/4 - 1/2	
2 > 1/2	
OVERBITE	
0 0 - 1/3	openb
1 1/3 - 2/3	-
2 > 2/3	-
3 > = FTC	-
4	→
CONTACT Pt	
0 -	
1 -	
2 -	
3 -	
4 →	
5 Impacted tooth	
THE PAR INDEX	
10TH © VICTORIA UNIVERSITY OF MANCHESTER	
OVERJET	
4	> 2t xb
3	2 t xb
2	1 t xb
1	e to e
0	

ABB. 5 VERWENDETES PAR-LINEAL NACH RICHMOND

Durch Anlegen des PAR-Lineals wurden systematisch die PAR-Komponenten in der folgenden Reihenfolge vermessen und nach den folgenden Kriterien ausgewertet:

1. Kontaktpunktabweichung pro Segment (sechs Segmente)
2. Sagittale, transversale und vertikale Verzahnung im Seitenzahnbereich pro Seite
3. Verzahnung im Frontzahnbereich in der sagittalen und transversalen Ebene sowie die intermaxilläre Mittellinienabweichung.

Im Anschluss sind der Overjet im Frontzahnbereich und die Okklusion an den Sechsjahrmolaren vermessen worden. Die Messpunkte orientierten sich an den im PAR verwendeten Messstellen. Der Overjet wurde auf 0,1 mm genau zwischen der Labialfläche des am weitesten anterior stehenden Oberkieferschneidezahnes und der Labialfläche des am

weitesten anterior stehenden Unterkieferschneidezahnes mit Hilfe des kieferorthopädischen Messschiebers vermessen. Die Molarenrelation in Prämolarenbreite (PB) wurde an den Sechsjahrmolaren auf beiden Seiten in der Ansicht von bukkal mit einer Genauigkeit von 0,25 PB erfasst. Diese Werte sind auf einem selbstangefertigten Bewertungsbogen (s. Anhang) für jeden Patientenfall und jeweils separat zu den drei Zeitpunkten T1, T2 und T3 notiert worden. Die zusätzlichen Messungen wurden durchgeführt, da durch die Verwendung des gewichteten PAR die Beurteilung der Okklusion im Seitenzahnbereich nur eine geringe Wichtung im Vergleich zur Verzahnung im Frontzahnbereich erhielt. Außerdem ist so eine differenziertere Auswertung des Behandlungsergebnisses und eine nuanciertere Beurteilung des Therapieerfolges in Bezug auf die sagittale Verzahnung im Frontzahnbereich möglich. Der PAR nimmt hier nur vier Unterteilungen vor.

3.3 METHODE

PAR-KOMPONENTEN UND IHRE ANWENDUNG

Der PAR ermöglicht die Beurteilung der Gebissssituation anhand von elf Parametern. Sie umfassen transversale, sagittale und vertikale Kieferrelationen im Frontzahn- und Seitenzahnbereich sowie Engstände oder Lücken im Ober- und Unterkiefer (s. Abb. 6).



ABB. 6 DARSTELLUNG DER ZU UNTERSUCHENDEN EBENEN IM RAHMEN DER PAR-MODELLVERMESSUNG (LINKS OKKLUSALE ANSICHT, MITTIG FRONTALE ANSICHT, RECHTS SEITLICHE ANSICHT)

Zur Erstellung des individuellen PAR am Modell eines Patientenfalls zu einem Zeitpunkt wurden die bereits genannten Kriterien folgendermaßen gemessen und bewertet.

KONTAKTPUNKTABWEICHUNGEN

Jeder Kiefer wurde in drei Segmente unterteilt (s. Abb. 7). Die Unterteilung fand an den Eckzähnen statt. Das anteriore Segment befand sich zwischen den mesialen Kontaktpunkten der Eckzähne. Die lateralen Segmente wurden vom distalen Kontaktpunkt des jeweiligen Eckzahns aus bis zum mesialen Kontaktpunkt des Sechsjahrmolaren bewertet.



ABB. 7 AUFSICHT EINES OBERKIEFERMODELLS ZUR DARSTELLUNG DER UNTERTEILUNG DES KIEFERS IN DREI SEGMENTE ZUR ERHEBUNG DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNG IN DEN SEITLICHEN UND FRONTALEN ABSCHNITTEN (ANGELEHNT AN RICHMOND ET AL. [109])

Innerhalb jedes Segments wurden die Kontaktpunktabweichungen benachbarter Zähne gemessen. Jedes Segment stellte dabei eine einzeln zu bewertende Komponente des PAR dar. Bei noch vorhandenen Milchzähnen im Seitenzahngebiet und während des Zahnwechsels wurde im bukkalen Bereich für die Stützzone (Zähne 3, 4, 5) ein Durchschnittswert in der mesiodistalen Ausbreitung als Richtwert genommen.

Die Bewertung der Schwere der Abweichung und des damit verbundenen Engstands bzw. des Auftretens von Lücken ist in Tab. 4 nachzuvollziehen.

TAB. 4 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNG INNERHALB DER SEGMENTE

Abweichung	Punktzahl
0 bis 1 mm	0
1,1 bis 2 mm	1
2,1 bis 4 mm	2
4,1 bis 8 mm	3
> 8 mm	4
Impaktierter Zahn	5

SAGITTALE, TRANSVERSALE UND VERTIKALE VERZÄHNUNG IM SEITENZAHNBEREICH

Die Beurteilung der Verzahnung im Seitenzahnbereich wurde für jede Seite separat vorgenommen (s. Tab. 5). Es wurde die Verzahnung im Bereich der Eckzähne bis zu den letzten vorhandenen Molaren gemessen. Die Messungen wurden dabei in jeder Ebene (sagittal, transversal und vertikal) getrennt vorgenommen und die Werte im Anschluss addiert. Eine Bisslageverschiebung um den Wert 1 und ein Kreuzbiss an einem Zahn, welcher mit 2 bewertet wird, ergeben deshalb für diese Kategorie die Wertung 3. Die lateralen Okklusionsbeziehungen in der Sagittalen wurden als korrekt gewertet, wenn diese eine Fossa-Höcker-Verzahnung unabhängig von der Okklusionsklasse aufwiesen. Die Bewertung konnte vorgenommen werden, wenn alle Zähne die Okklusionsebene erreichten.

TAB. 5 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER SAGITTALEN, VERTIKALEN UND TRANSVERSALEN VERZÄHNUNG IM SEITENZAHNBEREICH

Abweichung		Punktzahl
sagittal	Gute Verzahnung in Angle Klasse I, II, III	0
	< ½ PB	1
	½ PB (Höcker-Höcker-Verzahnung)	2
vertikal	Regelrechte Interkuspidation	0
	Lateral offener Biss (an mindestens zwei Zähnen > 2 mm)	1
transversal	Kein Kreuzbiss	0
	Tendenz zum Kreuzbiss	1
	1 Zahn im Kreuzbiss	2
	> 1 Zahn im Kreuzbiss	3
	> 1 Zahn in Nonokklusion	4

SAGITTALE VERZÄHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH

Die sagittale Verzahnung im Frontzahnbereich wurde zwischen den Labialflächen der am weitesten protrudierten Schneidezähne gemessen (s. Tab. 6). Das Messinstrument wurde dabei parallel zur Okklusionsfläche und senkrecht zum Zahnbogen gehalten.

TAB. 6 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER SAGITTALEN VERZÄHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH

Abweichung		Punktzahl
Overjet	0 bis 3 mm	0
	3,1 bis 5 mm	1
	5,1 bis 7 mm	2
	7,1 bis 9 mm	3
	> 9 mm	4
Anteriorer Kreuzbiss	Keine Abweichung	0
	Ein oder mehrere Zähne im Kopfbiss	1
	1 Zahn im Kreuzbiss	2
	2 Zähne im Kreuzbiss	3
	> 2 Zähne im Kreuzbiss	4

VERTIKALE VERZÄHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH

Das Ausmaß der vertikalen Frontzahnbeziehung und die damit einhergehende Beurteilung des tiefen oder offenen Bisses wurde am Unterkieferschneidezahn mit dem größten zu verzeichnenden Überstand durch die Oberkieferfrontzähne gemessen (s. Tab. 7).

TAB. 7 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER VERTIKALEN VERZÄHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH

Abweichung		Punktzahl
Offener Biss	Kein offener Biss	0
	≤ 1 mm	1
	1,1 bis 2 mm	2
	2,1 bis 3 mm	3
	≥ 4 mm	4
Overbite	$\leq 1/3$ Überdeckung der unteren Schneidezähne	0
	$1/3$ bis $2/3$ Überdeckung der unteren Schneidezähne	1
	$> 2/3$ Überdeckung der unteren Schneidezähne	2
	$\geq$ Überdeckung eines ganzen Zahnes	3

INTERMAXILLÄRE MITTELLINIENABWEICHUNG

Die Messung der intermaxillären Mittellinienabweichung wurde rein dental zwischen der Mittellinie der mittleren Oberkieferinzisivi und der des Unterkiefers gemessen (s. Tab. 8). Fehlte einer der mittleren Schneidezähne wurde diese Messung nicht durchgeführt.

TAB. 8 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER INTERMAXILLÄREN MITTELLINIENABWEICHUNG

Abweichung	Punktzahl
Übereinstimmung oder bis $\frac{1}{4}$ der unteren Schneidezahnbreite	0
$\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ unterer Schneidezahnkante	1
$> \frac{1}{2}$ unterer Schneidezahnkante	2

Durch Addition der Punktzahl aller Komponenten erhielt man den Gesamtwert für den jeweiligen Patienten. Eine Summe von < 10 Punkten gilt als akzeptable und von < 5 Punkten als (beinahe) ideale Okklusion.

Im Rahmen der Validierung und der Erfassung der Reliabilität des PAR wurde der gewichtete PAR erstellt [108]. Es wurde ermittelt, dass einige Komponenten bei der Auswertung der Ausprägung einer Gebissanomalie weniger zur Ermittlung eines Schweregrades beitragen als andere [108]. Bei der Anwendung des gewichteten PAR erhält jede Komponente einen Faktor mit dem diese multipliziert wird (s. Tab. 9). Einige Parameter erlangen durch die Gewichtung eine größere Bedeutung und können die Indexwerte stärker beeinflussen als andere. Durch das Hervorheben einiger Parameter entsteht ein Resultat, das den Grad der Gebissanomalie deutlicher widerspiegelt und den Unterschied zur idealen Okklusion besser darstellt.

TAB. 9 PAR-KOMPONENTEN UND DEREN MULTIPLIKATIONSFAKTOREN ZUR BESTIMMUNG DES GEWICHTETEN PAR

Okklusionsparameter		Faktor
Kontaktpunkt- abweichungen	Anteriores Segment Oberkiefer	1
	Bukkales Segment Oberkiefer	0
	Anteriores Segment Unterkiefer	1
	Bukkales Segment Unterkiefer	0
Laterale Okklusion	sagittal	
	vertikal	1
	transversal	
Overjet		6
Overbite		2
Mittellinie		4

KATEGORISIERUNG NACH RICHMOND

Nach der Auswertung der einzelnen Modelle mittels PAR war es möglich, die Ergebnisse zwischen den Zeitpunkten zu vergleichen. Über die ermittelte Differenz zwischen den PAR-Werten der verschiedenen Zeitpunkte konnte eine Kategorisierung in drei Gruppen stattfinden. Die Auswertung kann in PAR-Punktwerten oder in Prozent ausgedrückt werden. Richmond et al. [109] erstellten folgende Kategorien zur Einteilung der berechneten Differenzen zwischen zwei Modellauswertungen:

- unverändert/verschlechtert (geringe Punktwertabnahme oder -zunahme)
- verbessert (Reduktion der PAR-Werte um $\geq 30\%$)
- stark verbessert (Reduktion der PAR-Werte um ≥ 22 Punkte).

Über diese Einordnung in Untergruppen kann eine Aussage über das Ausmaß der Veränderung der Gebissanomalie getroffen werden. Die Qualität der Behandlung ist nach Richmond et al. [109] zusätzlich anhand einer PAR-Differenz von $\geq 70\%$ unabhängig der PAR-Punkt-Reduktion beurteilbar. Die PAR-Veränderungen über diesen Wert hinaus stellen einen Indikator für einen hohen therapeutischen Standard des Behandlers dar.

3.4 STATISTIK

Die statistische Auswertung fand mit Unterstützung des Instituts für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock statt. Zur Datenverarbeitung wurde das Computerprogramm IBM® SPSS® Statistics (V. 26, 27) für Microsoft verwendet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde mittels der Bonferroni-Korrektur berechnet und das α adjustiert auf 0,0167. Damit wurde das Signifikanzniveau für diese Untersuchung auf $p \leq 0,0167$ festgelegt. Die deskriptive Auswertung wurde mittels Varianzanalyse mit Messwiederholungen (rmANOVA) mit Greenhouse-Geisser-Korrektur durchgeführt. Für Gruppenvergleiche wurden die einfaktorielle ANOVA sowie die mixedANOVA als statistische Verfahren angewandt. Mit der Durchführung des Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests für gepaarte Stichproben wurde die Effektstärke der Behandlung (T2 - T1; T3 - T1) auf die gemessenen Ergebnisse ermittelt. Zur Bestimmung von direkt linearen Zusammenhängen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten (T1, T2, T3) und den Ergebnissen im zeitlichen Verlauf (T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2) wurde die Spearman-Korrelation berechnet. Der Shapiro-Wilk-Test unter Verwendung des Spearman-Korrelationskoeffizienten fand Anwendung zum Vergleich einzelner Werte (sagittale und vertikale Verzahnung im Frontzahnbereich) zu den Zeitpunkten T1 und T3.

Die Daten wurden in Tabellen zusammengefasst. Zur grafischen Darstellung wurden Boxplots erstellt. Die Boxplots beinhalten die Angaben zum Median, den Quartilen sowie Maximum und Minimum der untersuchten Größe.

3.5 FEHLERANALYSE

Zur Validierung der Ergebnisse wurde die Fehleranalyse durchgeführt. Die Formel nach Dahlberg wurde angewandt [77].

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{d_i^2}{2xN}}$$

N = Anzahl Messungen

d = Differenz zwischen 1. und 2. Messung

Der Dahlberg-Fehler unterscheidet nicht zwischen einem systematischen oder zufälligen Fehler und geht vom Fehlen systematischer Fehler aus. Beim Auftreten von systematischen Fehlern weist der Dahlberg-Fehler eine starke Sensitivität auf, da jede Abweichung zwischen den Messungen ins Gewicht fällt [55]. Die PAR-Messergebnisse wurden daraufhin für die Fehlerberechnung in ihre ungewichteten Ergebnisse umgeschrieben und aus diesen Werten der Dahlberg-Fehler bestimmt.

Aufgrund der genannten Limitation des Dahlberg-Fehlers wurde für die PAR-Gesamtwerte und die separaten Messungen der sagittalen Verzahnung im Frontzahn- und Seitenzahnbereich die Pearson-Korrelation ermittelt. Ein r-Wert > 0,5 bedeutet dabei, dass eine starke Korrelation zwischen den Werten vorliegt.

IV. ERGEBNISSE

4.1 FEHLERANALYSE

Die Ergebnisse der Fehleranalyse ergaben für die PAR-Messungen eine Abweichung von $D = 1,47$ Punkten. Die Messungen der Okklusion im Bereich der Sechsjahrmolaren lagen bei $D = 0,28$. Das entspricht einer $\frac{1}{4}$ PB. Die sagittale Verzahnung im Frontzahnbereich hatte einen Messfehler von $D = 0,85$ mm.

Die Fehlerberechnungen mittels Pearson-Korrelation ergaben nach den Messwiederholungen des Gesamt-PAR $r = 0,958$ ($p < 0,01$). Die Messungen der sagittalen Verzahnung im Frontzahnbereich ergaben ebenfalls eine starke positive Korrelation ($r = 0,907$, $p < 0,01$). Im gleichen Maße korrelierten die zweiten Messungen der Okklusion im Seitenzahnbereich mit den Werten der ersten vollständigen Messung ($r = 0,959$, $p < 0,01$).

4.2 PAR-GESAMTWERT

Durch die kieferorthopädische Behandlung konnte die PAR-Gesamtwertung zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 statistisch signifikant ($p \leq 0,001$) reduziert werden. Diese Verbesserung zur Ausgangslage ist auch noch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung T3 statistisch signifikant ($p \leq 0,001$) (s. Abb. 8). Die Unterschiede des Gesamt-PAR waren zwischen den Messungen T2 und T3 ebenfalls signifikant ($p \leq 0,001$). Dies deutet auf Veränderungen der Behandlungsergebnisse nach Therapieabschluss und eine Rezidivneigung zwischen dem Abschluss der aktiven Behandlung und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung hin.

Die durchschnittliche PAR-Reduktion zwischen T1 und T2 um $22,1 \pm 7,3$ Punkte beschreibt den Therapieerfolg. Dies entspricht einer prozentualen Verbesserung der Indexwerte um $86,6 \pm 14,7$ %. In Betrachtung der Langzeitveränderungen konnte auch nach durchschnittlich acht Jahren Nachuntersuchungszeitraum ein PAR-Gesamtwert von $7,0 \pm 4,9$ gemessen werden. Das entspricht einer Reduktion des Anfangsbefundes von $18,4 \pm 7,3$ PAR-Punkten und $71,6 \pm 20,8$ %. Zwischen dem Therapieende (T2) und der Nachuntersuchung (T3) stieg der PAR-Gesamtwert im Durchschnitt um $3,7 \pm 5,3$ Punkte an. Hierbei ist zu beachten, dass die Betrachtung der PAR-Gesamtwerte noch keine Aussage über das Erreichen der Therapieziele wie Reduktion des Overjets, Einstellung einer Neutralokklusion, Annäherung an die ideale Okklusion im Sinne von Andrews zulässt.

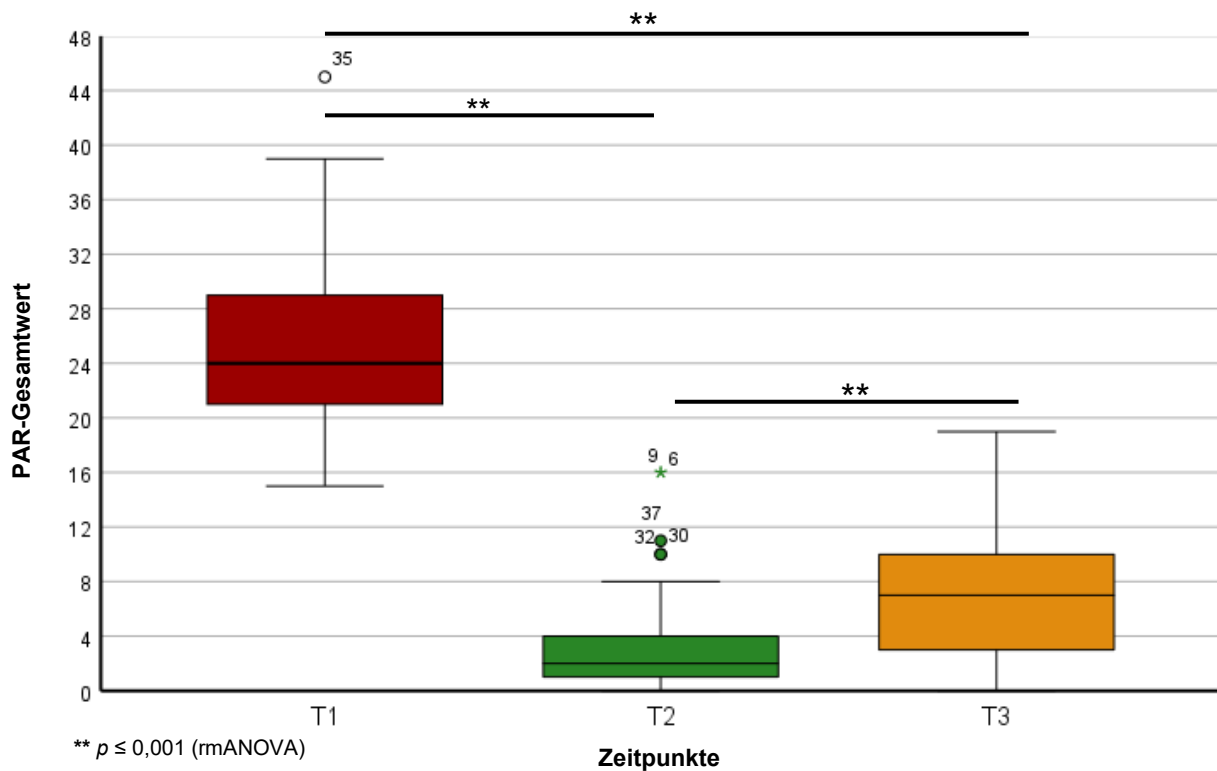


ABB. 8 BOXPLOT ZUM STATISTISCHEN VERGLEICH MITTELS RMANOVA DER PAR-GESAMTWERTE ZWISCHEN DEN DREI MESSZEITPUNKTEN T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2

Die Ergebnisse der Spearman-Korrelation zur Ermittlung direkter Zusammenhänge zwischen den drei Messzeitpunkten und den zeitlichen Veränderungen T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2 sind in Tab. 10 aufgeführt. Es zeigte sich eine positive Korrelation und ein statistisch höchst signifikanter Zusammenhang zwischen der PAR-Gesamtwertung zum Zeitpunkt T1 und dem Ausmaß der therapeutischen Veränderung (T2 - T1) sowie den Langzeitergebnissen (T3 - T1). Die PAR-Gesamtwertung zum Zeitpunkt T2 wies eine negative Korrelation zu den Werten der therapeutischen Veränderung (T2 - T1) und eine positive Korrelation zur posttherapeutischen Veränderung (T3 - T1) auf. Beide Korrelationen waren statistisch signifikant. Eine negative Korrelation zeigte sich zwischen den PAR-Gesamtwerten zum Zeitpunkt T3 und den therapeutischen (T2 - T1) und posttherapeutischen (T3 - T1) Veränderungen. Diese Ergebnisse waren statistisch signifikant. Zwischen den therapeutischen (T2 - T1) und posttherapeutischen (T3 - T1) Veränderungen lag eine positive Korrelation mit höchster Signifikanz vor.

TAB. 10 ABHÄNGIGKEIT DER BEHANDLUNGS- UND LANGZEITERGEBNISSE T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2 VON DEN PAR-GESAMTWERTEN DER EINZELNEN MESSZEITPUNKTE T1, T2, T3 MITTELS SPEARMAN-KORRELATION

	T1	T2	T3	T2 - T1	T3 - T2
T2	0,02				
T3	0,23	0,08			
T2 - T1	0,79**	-0,46*	-0,03		
T3 - T2	-0,06	0,41*	-0,67**	-0,33	
T3 - T1	0,77**	-0,15	-0,42*	0,75**	0,31

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$

PAR-GESAMTWERT IN ABHÄNGIGKEIT VOM GESCHLECHT

Im geschlechtsspezifischen Vergleich traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den PAR-Gesamtwerten auf (T1 $p = 0,142$; T2 $p = 0,095$; T3 $p = 0,580$). Die PAR-Gesamtwerte beider Geschlechter wiesen signifikante Unterschiede zwischen den Zeitpunkten T2 - T1 und T3 - T1 auf ($p < 0,001$). Eine Ausnahme stellen die posttherapeutischen Veränderungen T3 - T2 dar. Diese sind nur in der männlichen Gruppe signifikant ($p < 0,001$). Eine Übersicht der geschlechtsspezifischen PAR-Gesamtwerte ist in der Tab. 11 wiedergegeben.

TAB. 11 PAR-GESAMTWERTE ZU T1, T2 UND T3 UND STATISTISCHER GESCHLECHTSSPEZIFISCHER VERGLEICH ZWISCHEN DEN MESSWERTEN T2 - T1, T3 - T1 UND T3 - T2

	T1	T2	T3	T2 - T1	T3 - T1	T3 - T2
♂ n = 26	24,1 ± 5,8	2,4 ± 2,0	6,5 ± 5,1	21,7**	17,6**	-4,1**
♀ n = 24	26,8 ± 7,0	4,3 ± 4,9	7,3 ± 4,4	22,5**	19,5**	-3,0
Gesamt n = 50	25,4 ± 6,5	3,3 ± 3,8	7,0 ± 4,9	22,1 **	18,4 **	-3,7 **

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$

PAR-GESAMTWERT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER VERWENDUNG DER RETENTIONSGERÄTE

Eine weitere Auswertung der Daten wurde für die Unterteilung nach der Anwendung von Retentionsgeräten zum Zeitpunkt T2 und T3 durchgeführt. Die Auswertung ergab, dass bei Patienten mit oder ohne Retentionsgerät keine signifikanten Unterschiede der PAR-Gesamtwerte zu T2 ($p = 0,882$) oder T3 ($p = 0,342$) bestanden. In der Abb. 9 sind diese PAR-Gesamtwerte dargestellt. Es gab einen kleinen Unterschied von 2,8 PAR-Punkten zwischen den durchschnittlichen PAR-Gesamtwerten zum Zeitpunkt T3 zugunsten der Patienten mit vorhandenen Retentionsgeräten. Die Ausgangswerte der PAR-Gesamtwerte (T1) unterschieden sich in beiden Gruppen nicht signifikant ($p = 0,593$).

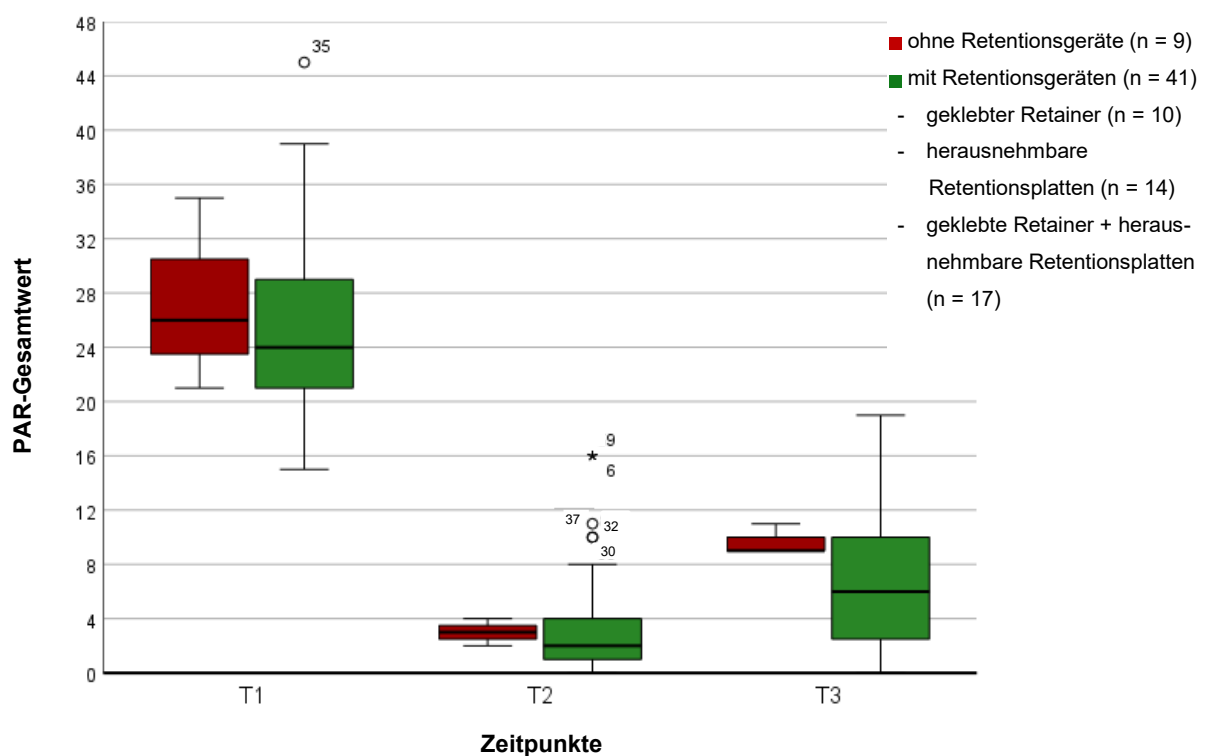


ABB. 9 DARSTELLUNG PAR-GESAMTWERTE ZU T1, T2 UND T3 DER PATIENTEN MIT UND OHNE RETENTIONSGERÄT ZUM ZEITPUNKT T2

Beim Vergleich der Messwerte aller drei Untersuchungszeitpunkte nach dem Kriterium eines Retentionsgerätes zum Nachuntersuchungszeitpunkt (T3) lagen keine signifikanten Messunterschiede der PAR-Gesamtwerte zwischen den Patienten mit und ohne Retentionsgerät zu T2 ($p = 0,490$) oder T3 ($p = 0,259$) vor (s. Abb. 10). Die durchschnittlichen PAR-Gesamtwerte lagen bei der Gruppe mit Retentionsgeräten jedoch bei 1,7 Punkte unter den Werten der Vergleichsgruppe. Die Ausgangswerte zu T1 beider Gruppen unterschieden sich nicht signifikant ($p = 0,482$).

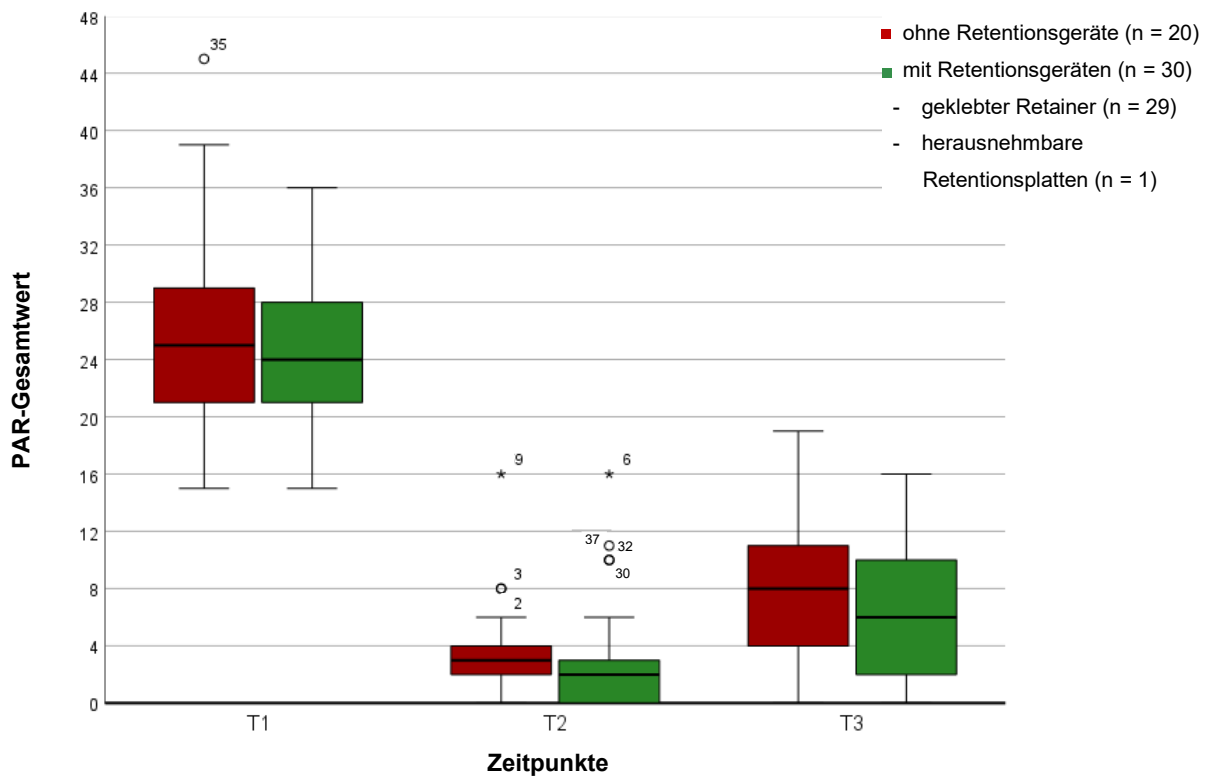


ABB. 10 DARSTELLUNG PAR ZU DEN DREI ZEITPUNKTEN IM VERGLEICH ZWISCHEN DEN PATIENTEN MIT UND OHNE RETENTIONSGERÄT ZU T3

4.3 EINZELKOMPONENTEN DES PAR

Ebenso wie die Gesamtwerte wurde jeder einzelne Parameter des gewichteten PAR statistisch ausgewertet. Die durchschnittlichen Ergebnisse der PAR-Komponenten zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 sowie deren statistische Auswertungen innerhalb der Untersuchungszeiträume T2 - T1, T3 - T1 und T3 - T2 sind in Tab. 12 aufgeführt. Durch die kieferorthopädische Behandlung (T2 - T1) sind alle PAR-Komponenten höchst signifikant reduziert worden. Im posttherapeutischen Zeitraum (T3 - T2) weisen allein die Werte des anterioren Unterkiefersegmentes und des Overbites jeweils mit einem $p < 0,0167$ signifikante Veränderungen auf. Die restlichen Parameter haben sich im Untersuchungszeitraum T3 - T2 nicht signifikant verändert. In der Langzeitbetrachtung (T3 - T1) sind bei fünf der Einflussgrößen die Ergebnisse weiterhin signifikant. Die Messungen des anterioren Segments im Unterkiefer ($p = 0,203$) sowie der Mittellinien ($p = 0,033$) weisen keine signifikanten Veränderungen zwischen T1 und T3 auf.

TAB. 12 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN AUSWERTUNG DER PAR-KOMPONENTEN INNERHALB DER UNTERSUCHUNGSZEITRÄUME T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2 MIT ANGABE DER P-WERTE

PAR-Komponenten	PAR-Ergebnisse			PAR-Differenzen zwischen den Messzeitpunkten		
	T1	T2	T3	T2 - T1	T3 - T1	T3 - T2
Kontaktpunktabweichung OK anterior	3,9 ± 2,2	0,4 ± 0,7	0,7 ± 1,0	-3,5**	-3,2**	+0,3
Kontaktpunktabweichung UK anterior	2,0 ± 1,8	0,7 ± 0,8	1,5 ± 1,6	-1,3**	-0,5	+0,8*
laterale Okklusion rechts	1,4 ± 1,3	0,3 ± 0,7	0,4 ± 0,8	-1,1**	-1,0**	+0,1
laterale Okklusion links	1,3 ± 1,1	0,2 ± 0,5	0,5 ± 0,8	-1,1**	-0,8**	+0,3
Overjet	12,7 ± 5,3	1,1 ± 2,6	2,4 ± 3,4	-11,6**	-10,3**	+1,3
Overbite	2,9 ± 1,6	0,7 ± 1,0	1,3 ± 1,2	-2,2**	-1,6**	+0,6*
Mittellinie	1,1 ± 1,8	0,0 ± 0,0	0,3 ± 1,1	-1,1**	-0,8	+0,3

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$ (rmANOVA)

Die Messungen der PAR-Komponenten wurden auch vergleichend zwischen den Geschlechtern durchgeführt, um mögliche geschlechtsspezifische Werte zu finden. Keine der Komponenten wies einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten in Bezug auf das Geschlecht auf.

Der Overbite und die Kontaktpunktabweichungen im Unterkieferfrontzahnbereich veränderten sich als einzige Komponenten signifikant im Untersuchungszeitraum T3 - T2. Für den Overjet als die anomaliebestimmende Komponente sowie den Overbite und die Kontaktpunktabweichungen im Unterkieferfrontzahnbereich wurden die Korrelationen zwischen verschiedenen Zeitpunkten berechnet. Diese sind in Tab. 13 aufgeführt. Es wird ersichtlich, dass das Ausmaß des Overjets zu T1 in dieser Stichprobe keinen Einfluss auf das Resultat zum Zeitpunkt T3 ausübt. Die therapeutische Veränderung (T2 - T1) korreliert nicht mit dem Ausmaß möglicher Rezidive (T3 - T2). Diese Zusammenhänge stellen sich beim Overbite anders dar. Das Ausmaß des Overbites zum Zeitpunkt T3 und die posttherapeutische Entwicklung (T3 - T2) sind vom Zustand zum Zeitpunkt T1 ($p < 0,0167$) sowie der therapeutischen Veränderung ($p < 0,001$) signifikant abhängig. Für die Kontaktpunktabweichungen im Unterkiefer ergibt sich, wie für den Overjet, keine Korrelation zwischen dem Ausgangszustand (T1)

und dem Langzeitergebnis (T3). Ebenso zeigen die therapeutischen Veränderungen (T2 - T1) keine signifikante Korrelation zu den posttherapeutisch auftretenden Veränderungen (T3 - T2).

TAB. 13 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE DES OVERJETS, DES OVERBITES UND DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNGEN IM UNTERKIEFERFRONTZAHNBereich MITTELS DER SPEARMAN-KORRELATION ZUR ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DER VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN T2 - T1 ZU T3 - T2 UND DES ZUSAMMENHANGS DER AUSGANGSWERTE ZU T1 ZU DEN RESULTATEN ZU T3

Variablen, n = 50	Spearman-Korrelationskoeffizient	p-Werte
Overjet T3 zu T1	0,02	0,87
Overjet therapeutische Veränderung (T2 - T1) zu posttherapeutischen Veränderungen (T3 - T2)	-0,02	0,92
Overbite T3 zu T1	0,34	*
Overbite therapeutische Veränderung (T2 - T1) zu posttherapeutischen Veränderungen (T3 - T2)	-0,41	**
Kontaktpunktabweichung UK anterior T3 zu T1	0,21	0,15
Kontaktpunktabweichung UK anterior therapeutische Veränderung (T2 - T1) zu posttherapeutischen Veränderungen (T3 - T2)	0,18	0,22

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$

4.4 OVERJET UND MOLARENRELATION

Zur Beurteilung der prägenden Merkmale einer Angle Klasse II/1 wurden der Overjet sowie die Okklusion der Molaren separat vermessen und ausgewertet. In Tab. 14 sind alle ermittelten Werte und deren Veränderungen zwischen den drei Messzeitpunkten angegeben.

TAB. 14 ERGEBNISSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG DER SEPARATEN MESSUNGEN DES OVERJETS UND DER MOLARENBISSLAGE ZU DEN DREI MESSZEITPUNKTEN T1, T2, T3 UND DEREN MITTLERE DIFFERENZ IN DEN UNTERSUCHUNGSZEITRÄUMEN T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2

Parameter [Einheit]	Messwerte			mittlere Differenzen		
	T1 ± SD	T2 ± SD	T3 ± SD	T2 - T1	T3 - T1	T3 - T2
Overjet (mm)	6,1 ± 1,9	2,1 ± 0,7	2,5 ± 0,7	-4,1 ± 0,3 **	-3,7 ± 0,3 **	0,5 ± 0,1 **
Molarenrelation rechts (Dezimal)	0,73 ± 0,24	0,03 ± 0,13	0,02 ± 0,14	-0,70 ± 0,04 **	-0,71 ± 0,04 **	0,00
Molarenrelation rechts (PB)	$\frac{3}{4} \pm \frac{1}{4}$	0 ± 1/8	0 ± 1/8	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{3}{4}$	0
Molarenrelation links (Dezimal)	0,77 ± 0,28	0,06 ± 0,15	0,06 ± 0,23	-0,72 ± 0,05 **	-0,69 ± 0,06 **	0,00
Molarenrelation links (PB)	$\frac{3}{4} \pm \frac{1}{4}$	0 ± 1/8	0 ± $\frac{1}{4}$	$-\frac{3}{4}$	$-\frac{3}{4}$	0

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$ (rmANOVA)

Diese Ergebnisse bestätigten die durch den PAR erfassten Werte. Die Molarenrelation wies eine hoch signifikante Änderung durch die Behandlung auf, welche sich im Nachuntersuchungszeitraum nur gering und ohne statistische Signifikanz veränderte und somit zu T1 weiterhin eine signifikante Verbesserung darstellte.

Beim Overjet verhalten sich die Messungen des PAR und die Ergebnisse der metrischen Vermessungen zwischen T2 und T3 leicht divergent in der Auswertung. Es konnte eine signifikante Zunahme ($p < 0,001$) des Overjets von 0,5 mm in diesem Zeitraum ermittelt werden. Zwischen den PAR-Messungen dieser Komponenten liegen zwischen den Werten von T2 und T3 keine signifikanten Unterschiede vor. Es gilt zu beachten, dass dennoch der Unterschied T3 - T1 hoch signifikant ($p < 0,001$) ist und sich damit den innerhalb des PAR ermittelten Werten anschließt.

Zusätzlich zu den statistischen Auswertungen mittels rmANOVA wurde der Zusammenhang zwischen den Ausgangswerten zu T1 und den therapeutischen T2 - T1 sowie posttherapeutischen T3 - T2 Veränderungen untersucht. Es wurde deutlich, dass der prätherapeutische Overjet sowie die prätherapeutische Molarenrelation signifikant ($p < 0,001$) mit dem Ausmaß der therapeutischen Veränderungen korrelierten. Zwischen den posttherapeutischen Veränderungen und dem Ausmaß der Ausgangssituation bestand nur ein geringer, nicht signifikanter Zusammenhang. Die Ergebnisse sind in Tab. 15 zusammengefasst.

TAB. 15 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE MITTELS DER SPEARMAN-KORRELATION ZUR ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DER AUSGANGSWERTE (T1) VON OVERJET UND MOLARENOKKLUSION AUF DIE VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN T2 - T1 UND T3 - T2

Variablen, n = 50	Spearman-Korrelationskoeffizient	p-Werte
Overjet T1 zu T2-T1	0,85	**
Overjet T1 zu T3-T2	0,23	0,107
Molarenrelation rechts T1 zu T2 - T1	-0,86	**
Molarenrelation rechts T1 zu T3 - T2	-0,08	0,590
Molarenrelation links T1 zu T2 - T1	-0,85	**
Molarenrelation links T1 zu T3 - T2	-0,04	0,800

* $p \leq 0,0167$; ** $p \leq 0,001$

Die Untersuchungen mittels Spearman-Korrelation zur Ermittlung des Zusammenhanges zwischen den Werten zu T2 auf die posttherapeutischen Veränderungen und die Langzeitveränderungen ergaben keine signifikanten Ergebnisse und wiesen nur sehr schwache Korrelationen auf, weshalb die Ergebnisse nicht separat in einer Tabelle ausgeführt sind.

Anhand der separaten Messungen des Overjets und der Molarenrelation konnte die Patientengruppe in zwei weitere Gruppen unterteilt werden: Patientenfälle mit Neutralokklusion und einem Overjet von ≤ 2 mm zu T2, welche als Patientenfälle mit idealem Abschlussergebnis erfasst wurden und Patientenfälle, die diesen beiden Kriterien nicht entsprachen und demnach keinen idealen Behandlungsabschluss in dieser Hinsicht vorzeigten. Die deskriptive Statistik zu den beiden Gruppen ist in Tab. 16 abgebildet. Der Vergleich der PAR-Gesamtwerte im Durchschnitt dieser beiden Gruppen zu T3 ergab, dass ein kleiner Unterschied von 1,25 PAR-Punkten vorliegt, wobei dieser Unterschied keine statistische Signifikanz aufwies ($p = 0,359$).

TAB. 16 DESKRIPTIVE STATISTIK ZUR EINGRUPPIERUNG NACH DEM BEHANDLUNGSERGEBNIS DER MOLARENRELATION UND DES OVERJETS ZU T2 MIT DEN DAZUGEHÖRIGEN PAR-GESAMTWERTEN ZU T3

Behandlungsergebnis zu T2	Anzahl	Mittelwert der PAR-Gesamtwerte zu T3
Neutralokklusion + Overjet ≤ 2 mm	24	6,3 $\pm$ 4,7
Distal- / Mesialokklusion $\geq 1/4$ PB + Overjet > 2 mm	26	7,5 $\pm$ 4,8

4.5 Therapiestandard und Langzeitstabilität nach Richmond

Nach der Auswertung und Einteilung der Patientenfälle nach Richmond et al. [109] lagen die im Folgenden beschriebenen Ergebnisse vor. Im Vergleich der PAR-Messungen zu den Zeitpunkten T1 und T2 zur Bestimmung der Therapiestandards betragen die ermittelten Differenzen bei keinem Studienfall unter 30 %, weshalb kein Fall in die Kategorie *unverändert oder verschlechtert* für diesen Untersuchungszeitraum eingeordnet wurde. Bei 54 % der Patienten ($n = 27$) hat sich der PAR um ≥ 30 % gesenkt. Sie wurden damit in die Kategorie *verbessert* eingestuft. Eine Reduktion der PAR-Gesamtwerte um ≥ 22 PAR-Punkte konnte bei 46 % der Teilnehmer ($n = 23$) gemessen werden. Diese Patientenfälle sind demzufolge der 3.

Kategorie *stark verbessert* zugeordnet worden. Nach 7,6 Jahren (T3 - T2) lagen die Langzeitergebnisse bei etwa 70 % der untersuchten Patienten (n = 35) in der Kategorie *verbessert*. In der Kategorie der *starken Verbesserung* befanden sich 28 % der Patienten (n = 14). In Tab. 17 sind alle Ergebnisse zur Übersicht der Entwicklungen der Patientenfälle als Kreuztabelle angelegt und dargestellt.

TAB. 17 KREUZTABELLE ZUR EINTEILUNG DER PATIENTENFÄLLE IN DREI KATEGORIEN NACH RICHMOND ZUM VERGLEICH DER VERÄNDERUNGEN DER KATEGORISIERUNG ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN ZUM THERAPIEENDE (T2) UND ZUR NACHUNTERSUCHUNG (T3)

Einteilung der Patientenfälle zum Zeitpunkt T2 in Kategorien nach Richmond ermittelt zwischen den Messzeitpunkten T2 - T1	Einteilung der Patientenfälle zum Zeitpunkt T3 in Kategorien nach Richmond ermittelt zwischen den Messzeitpunkten T3 - T1			
	unverändert / verschlechtert T3	verbessert T3	stark verbessert T3	gesamt T3
Unverändert / verschlechtert T2	0	0	0	0
Verbessert T2	1	24	2	27
Stark verbessert T2	0	11	12	23
Gesamt T2	1	35	14	50

Die Tabelle veranschaulicht, inwiefern Wechsel einzelner Patientenfälle zwischen den Kategorien durch posttherapeutische Veränderungen aufgetreten sind. Es kann jeweils die Einteilung der Fälle in die drei Kategorien nach Richmond: *unverändert / verschlechtert*, *verbessert* und *stark verbessert* zu den Zeitpunkten T2 und T3 abgelesen werden. Im Kreuzvergleich kann z. B. erfasst werden, welche Zuordnung die Patientenfälle zu T2 aufwiesen oder welche zu T3 in der Kategorie *verbessert* eingestuft worden sind. Somit wird durch die Verteilung und Auswertung der Gruppierungen ersichtlich, dass zwischen dem Therapieende und der Nachuntersuchung (T3 - T2) sich die PAR-Werte nur eines Falls sehr stark den Ausgangswerten annäherten (Fall 1 - T3 - T1 = 0 Punkte (0 %)). Damit entspricht zum Zeitpunkt T3 die PAR-Differenz T3 - T1 eines einzelnen Patientenfalls der Kategorie *verschlechtert / unverändert*. Bei diesem Untersuchungsfall ergab sich der erhöhte PAR-Wert am Ende des Nachuntersuchungszeitraums durch eine Zunahme der Kontaktpunktabweichungen im Ober- sowie Unterkiefer (Fall 1 - OK anterior: T1 = 6; T2 = 2; T3 = 4; UK anterior: T1 = 1; T2 = 0; T3 = 3) und des Overjets (Fall 1 - OJ T1 = 6; T2 = 0; T3 = 6), zusätzlich trat eine Abweichung der Mittellinien zu T3 auf (Fall 1 - MLA T1 = 0; T2 = 0; T3 = 4).

Im gleichen Zeitraum verbesserte sich der PAR-Wert von zwei Patienten, womit sie zum Zeitpunkt T3 eine stark verbesserte PAR-Differenz aufweisen konnten und in die entsprechende Kategorie eingestuft wurden. Das betrifft die Fälle 2 und 49. Der Fall 2 wies innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums eine weitere Reduktion des Overjets auf. Die PAR-Wertung des Patientenfalls 49 hat sich durch die weitere Einstellung der Molarenrelation von einer $\frac{1}{4}$ PB Distalokklusion beidseits zu T2 auf eine Neutralokklusion der Sechsjahrmolaren beidseits zu T3 verbessert.

Die Behandlungsergebnisse (T2 - T1) von 23 Patientenfällen sind in die Kategorie *stark verbessert* eingestuft worden. Bei 11 dieser untersuchten Patienten kam es in den Folgejahren zu messbaren Veränderungen. Zu T3 weisen die Befunde dieser Probanden eine Verbesserung von ≤ 22 PAR-Punkten im Vergleich zu den prätherapeutischen PAR-Werten auf und eine Abstufung des Veränderungsgrades in die Kategorie *verbessert* wurde vorgenommen. Der Anstieg des PAR-Gesamtwertes nach abgeschlossener Behandlung ist bei sieben Patienten durch eine Zunahme des Frontzahnengstandes im Unterkiefer zu begründen. Bei drei dieser Fälle ist von Rezidiven auszugehen, da vor Therapiebeginn Kontaktpunktabweichungen der Unterkieferfrontzähne bestanden. Bei den restlichen vier Fällen sind die deutlichen Kontaktpunktabweichungen erstmalig im Nachuntersuchungszeitraum aufgetreten. Die Zunahme von Kontaktpunktabweichungen im Oberkiefer ließ bei fünf Patientenfällen den PAR-Gesamtwert zu T3 ansteigen. Eine weitere Ursache für den posttherapeutischen PAR-Anstieg ist bei sechs Patienten die Zunahme des Overbites. Rezidive in der Verzahnung der Molaren und im Overjet trugen jeweils bei drei Fällen zu einer Abstufung in die Kategorie *verbessert* bei.

Zur Visualisierung der PAR-Differenzen im Zusammenhang mit der Einteilung in die Kategorien nach Richmond sind Nomogramme erstellt worden. In den Nomogrammen ist jeder Studienfall im Verhältnis T1 zu T2 (s. Abb. 11) und T1 zu T3 (s. Abb. 12) dargestellt. Die Achsen präsentieren die PAR-Werte zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten. Die Patientenfälle sind abhängig ihrer PAR-Differenzen zwischen diesen Messzeitpunkten in das Koordinatensystem eingeordnet worden. Somit wird für jeden Fall die individuelle PAR-Reduktion durch die Behandlung und innerhalb des gesamten Beobachtungszeitraums ersichtlich. Die Geraden bilden die Unterteilungsgrenzen der Kategorien nach Richmond ab. Zusätzlich wurde eine 70 %-Markierung hinzugefügt, die die Abgrenzung zu Therapieergebnissen mit hohem therapeutischen Standard symbolisiert.

Das Nomogramm zur Auswertung der Patientenfälle zwischen den Messzeitpunkten T2 - T1 (s. Abb. 11) verdeutlicht, dass bei 88 % der behandelten Fälle ($n = 44$) eine therapeutische Veränderung der PAR-Gesamtwerte von $\geq 70\%$ eingetreten ist. Nur sechs Fälle (12 %) liegen unter dieser Marke. Im Nomogramm wird sichtbar, dass die PAR-Gesamtwerte dieser sechs Patienten als verbessert kategorisiert werden konnten. Dies veranschaulicht den positiven Effekt durch die stattgefundenen Behandlungen.

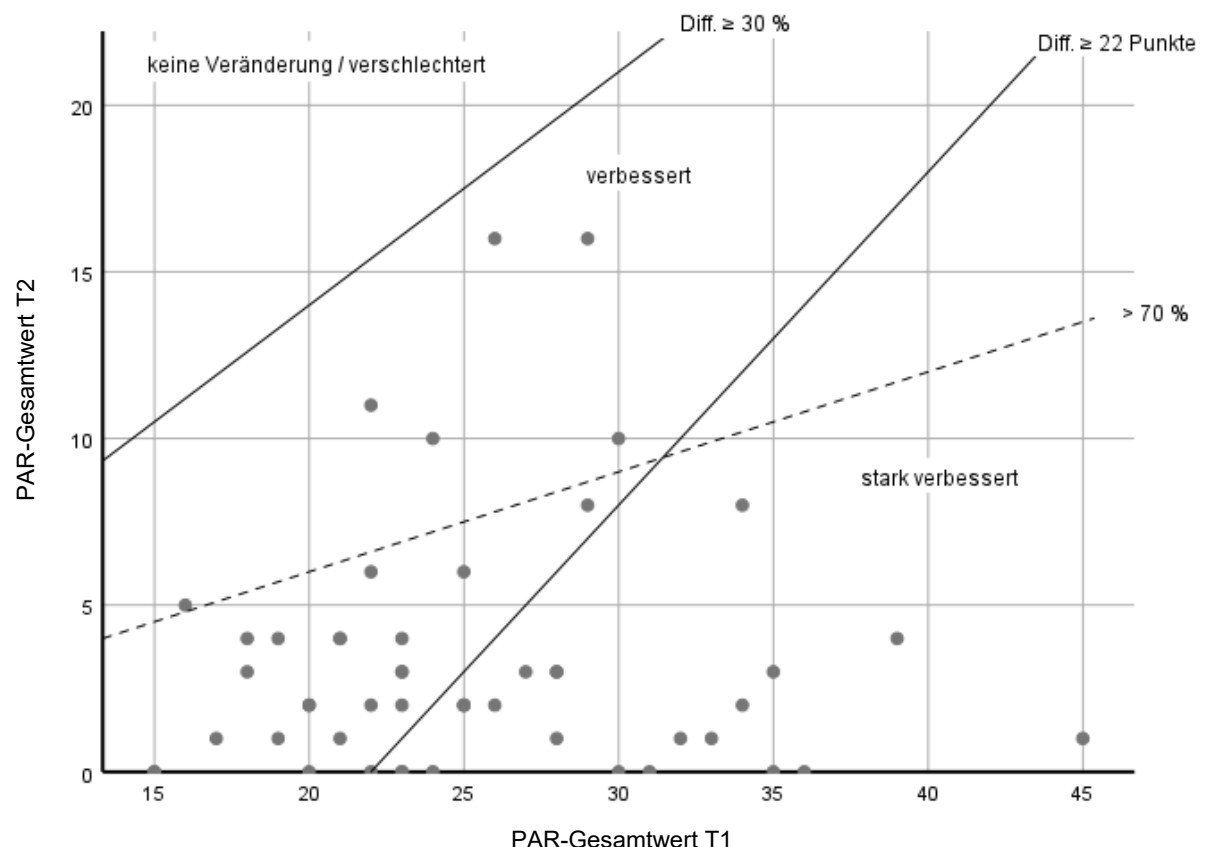


ABB. 11 NOMOGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER PAR-DIFFERENZEN ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN T2 - T1 ALLER PATIENTENFÄLLE MIT ABGRENZUNG DER KATEGORIEN NACH RICHMOND UND DER 70 %-GERADE ZUR BEURTEILUNG DES THERAPIESTANDARDS

Das zweite Nomogramm (s. Abb. 12) zeigt die Verteilung der Untersuchungsfälle in der Langzeituntersuchung T3 - T1. Es wird ersichtlich, dass nur noch 36 % der Patienten ($n = 18$) eine Verbesserung von $> 70\%$ zwischen T1 und T3 aufweisen. Ein Anteil von 64 % ($n = 32$) liegt unterhalb dieser Marke. Es wird jedoch ebenso ersichtlich, dass sich die Auswertungen von 70 % der Patienten in der mittleren Kategorie *verbessert* wiederfinden lassen. Des Weiteren wird ersichtlich, dass unabhängig der Gruppeneinteilung 39 Fälle zum Zeitpunkt T3 eine akzeptable (≤ 10 PAR-Punkte; $n = 17$) oder nahezu ideale Okklusion aufweisen (≤ 5 PAR-Punkte; $n = 22$).

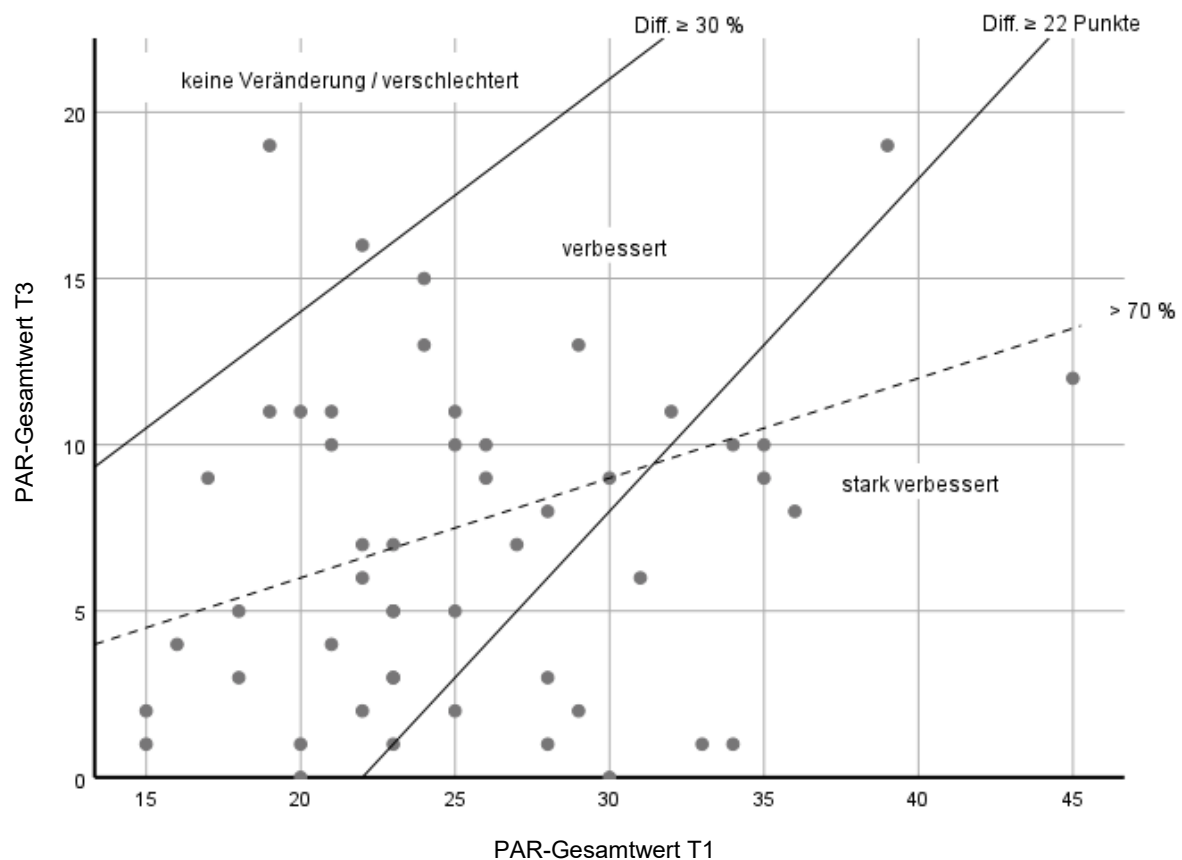


ABB. 12 NOMOGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER PAR-DIFFERENZEN ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN T3 - T1 ALLER PATIENTENFÄLLE MIT ABGRENZUNG DER KATEGORIEN NACH RICHMOND UND DER 70 %-GERADE ZUR BEURTEILUNG DES THERAPIESTANDARDS

V. DISKUSSION

Die Auswertung von Behandlungsergebnissen nach durchgeführter kieferorthopädischer Therapie ist wichtig zur Selbstreflexion von angewandten Methoden, zur Bestimmung des Erfolgsgrades der abgeschlossenen Behandlung und zur Veranschaulichung dem Patienten gegenüber. Die Verfolgung der Ergebnisse mehrere Jahre nach Therapieende gibt Aufschluss über die Stabilität der kieferorthopädisch erzielten skelettalen und dentalen Einstellungen. Dies ist im empirischen sowie im praktischen Alltag hilfreich und gibt Praktikern zudem eine Rückmeldung über den Erfolg gewählter Behandlungskonzepte.

Im Vordergrund dieser Untersuchung stand die quantitative Einschätzung von Angle Klasse II/1 - Behandlungen und die Beurteilung dieser Behandlungsergebnisse in der Langzeitbetrachtung. Dabei sollten die Fragen nach dem Ausmaß der therapeutischen Veränderung und dem Erhalt dieser Veränderung bis zur Nachuntersuchung beurteilt werden. Des Weiteren wurden die Fragestellungen nach der Stabilität einzelner okklusaler Komponenten, geschlechterspezifischen Unterschieden und dem Einfluss der Langzeitretention auf die Stabilität der Behandlungsergebnisse untersucht.

Diese Studie wurde im Design einer retrospektiven Untersuchung durchgeführt. Die Untersuchung fand an einem Studienkollektiv von 26 Jungen und 24 Mädchen statt. Somit waren die Geschlechter im gleichen Maße vertreten und vergleichbar. Das durchschnittliche Untersuchungsalter der Probanden betrug zum Beginn 10,5 Jahre, zum Ende der Behandlung 15,3 Jahre und zur Nachuntersuchung 22,9 Jahre. Die Behandlungen dauerten durchschnittlich 4,8 Jahre und die Ergebnisse wurden nach 7,6 Jahren nachuntersucht.

5.1 ERGEBNISSE

Neueste Erkenntnisse [113, 114] über die Retention und Rezidivneigung zeigten, dass es keine lebenslange Garantie für eine eingestellte Okklusion und die darüber hinaus angepassten Gewebe gibt. Die Ursachen für Rezidive sind dabei sehr individuell und nicht vorhersagbar. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten eine deutliche Verbesserung ($p < 0,001$) des Anomaliegrades im dentalen sowie skelettalen Bereich durch die kieferorthopädische Therapie. Die Langzeitergebnisse deuteten auf Veränderungen nach Therapieende hin, jedoch konnten die meisten Patientenfälle (98 %) von der kieferorthopädisch unterstützten Einstellung der Okklusion profitieren ($T3\ PAR = 7,02$). Die für die Angle Klasse II/1 charakteristischen Merkmale der Distalokklusion und der vergrößerten Frontzahnstufe wiesen keine signifikanten und klinisch relevanten Langzeitveränderungen auf.

Demgegenüber wurde das Auftreten eines tertiären Engstandes und die Verstärkung des Overbites nachgewiesen.

Diese Merkmale sind in Langzeitstudien [1, 62, 64, 91] an unbehandelten Erwachsenen ebenfalls als signifikante Veränderungen gemessen worden und wurden damit als physiologische Alterungsprozesse eingestuft.

Weitere Studien [2, 133] an kieferorthopädisch behandelten Patienten wiesen darauf hin, dass Rezidive meist in den ersten (zwei) Jahren nach Behandlungsabschluss stattfinden. Da die Messungen der vorliegenden Untersuchung zum Abschluss der Behandlung und ein weiteres Mal nach einer Zeit von mindestens 5 Jahren stattfanden, konnte diese Aussage zum Teil bestätigt werden.

VERÄNDERUNGEN WÄHREND DER THERAPIE (T2 - T1)

Durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie wird ersichtlich, dass eine deutliche Verbesserung des Anomaliegrades von Angle Klasse II/1 Patienten durch eine kieferorthopädische Therapie erzielt werden kann. Die Ergebnisse sind unabhängig von den angewandten Behandlungsgeräten erhoben worden. Der Mittelwert der gemessenen PAR-Anfangsbefunde (T1 = 25,38) des vorliegenden Patientenkollektivs lag leicht unter dem Mittel der Angaben vergleichbarer Studien (26,6 [101]; 35,5 [92]; 30,1 [53]). Die zum Behandlungsende erzielten PAR-Gesamtwerte lagen unterhalb der Werte vergleichbarer Studien (T2 = 3,32; vergl. 4,3 [101]; 4,6 [71]; 6,3 [92]; 5,4 [53]). Die Gebissssituationen der Studienteilnehmer entsprachen damit zum Zeitpunkt T2 im höheren Maß einer beinahe idealen Okklusion [108]. Mögliche Ursachen könnten der vergleichsweise geringe PAR zu Beginn der Therapie oder die Verbesserung der therapeutischen Standards darstellen sowie neuere Techniken, Therapieansätze und Materialverbesserungen, die sich günstig auf die Ergebnisse auswirkten. Bereits im Jahr 2000 publizierte Thilander [129] die Einschätzung, dass durch verbesserte Planungen und Behandlungen in der neueren Kieferorthopädie höhere Stabilität erzielt werden kann. In der hier zu diskutierenden Studie lag die durchschnittliche Reduktion des PAR-Gesamtwertes durch die Behandlung der Angle Klasse II/1 bei 22 Punkten und damit bei durchschnittlich 86,6 %. Dies bestätigt die Ergebnisse vergleichbarer Studien, welche durch die Therapie erzielte Reduktionen der PAR-Werte von 67 % [2, 3], 73 % [71] und zwischen 81 - 86 % ermittelt haben [53, 67, 92, 101]. Bei 88 % der Patientenfälle der durchgeführten Untersuchung wurden Verbesserungen der PAR-Gesamtwerte > 70 % ermittelt. Nach der Einschätzung von Richmond et al. [109] reflektiert dieses Ergebnis einen hohen Therapiestandard.

Die einzelnen Parameter wiesen alle eine signifikante Veränderung in Richtung einer idealen Okklusion auf. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die ursprünglich bestehenden Wachstumsdefizite einer Angle Klasse II/1 durch eine kieferorthopädische Therapie aufgeholt und ausgeglichen werden können.

Die gemessenen Werte des Overjets wurden innerhalb des Therapiezeitraumes ebenfalls signifikant reduziert. Der Overjet erfuhr eine Reduktion um 4,0 mm, von ursprünglich 6,1 mm auf 2,1 mm. In der Studie von Angelieri et al. [7] wurde die Reduktion des Overjets durch die Therapie mit 3,2 mm angegeben. Pancherz et al. [104] erreichten mit -4,2 mm Overjet-Veränderung ein sehr ähnliches und ebenfalls signifikantes Ergebnis. In den Untersuchungen von Nelson et al. [95] wurden nach Therapie mittels Herbst-Apparatur Reduktionen zwischen 3,7 - 4,3 mm gemessen, womit die Ergebnisse mit der vorliegenden Studie vergleichbar sind. Eine durchaus stärkere Reduktion verzeichneten Francisconi et al. [53] mit -5,4 mm zwischen den Messungen zum Therapieanfang und Therapieende. Dabei war zu beachten, dass die Ausgangswerte bei 8,6 mm lagen und damit höher als bei der vorliegenden Studie. Dennoch konnte trotz der starken Reduktion lediglich ein Overjet von 3,2 mm am Ende der Therapie erzielt werden, welcher sich vom Normwert von 2 mm unterschied und nach dem gewichteten PAR bereits eine Wertung von 6 Punkten erhalten hätte.

Die Molarenrelation wurde durch die Therapie von einer durchschnittlichen Distalbisslage von einer $\frac{3}{4}$ PB beidseits auf eine Neutralbisslage eingestellt. Dieses Ergebnis ist statistisch signifikant und unterstreicht vorhandene Studienergebnisse [25, 71, 104]. Damit stellt die Einstellung einer Klasse I Verzahnung bei Angle Klasse II/1 Patienten ein gut erreichbares Behandlungsziel im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie dar.

Zwischen den Ergebnissen der Geschlechter gab es keine signifikanten Unterschiede. Das bestätigt die Homogenität der Anomalie zwischen Jungen und Mädchen. Ähnliche Ergebnisse wurden unabhängig der Anomalieklasse von González-Gil-de-Bernabé et al. [56] und Birkeland et al. [18] beschrieben. Eine Voraussage zu den Therapieresultaten ist damit geschlechtsunabhängig.

LANGZEITVERÄNDERUNGEN NACH THERAPIEABSCHLUSS (T3 - T2)

Die aktuellen Untersuchungen zeigen auf, dass die Therapievorgaben der Angle Klasse II/1 einen hohen Standard aufweisen und den Grad der Anomalie auf ein Niveau der nahezu idealen Okklusion bringen können. Die Erkenntnisse dazu wurden im vorangegangenen Abschnitt diskutiert. Es besteht die Annahme, dass ein niedriger PAR zum Abschluss der Therapie eine gute Langzeitstabilität begünstigt [18]. Daraus ergibt sich eine weitere

Hypothese dieser Studie. Sie führt zur Überprüfung der Langzeitstabilität der erzielten Resultate und der damit verbundenen Beurteilung des tatsächlichen Erfolgs der kieferorthopädischen Behandlung.

Während des Nachuntersuchungszeitraums (T3 - T2) kam es zu einer erneuten Zunahme der PAR-Gesamtwerte um 3,7 Punkte. Mit einem Punktwert von 7,3 zum Zeitpunkt T3 liegen die PAR-Gesamtwerte weiterhin unterhalb von 10 PAR-Punkten und ebenso in einem akzeptablen Bereich [108]. Die Anomaliesituation hat somit eine durchschnittliche Verbesserung von 72 % zum Ausgangsbefund angenommen. Bei einem Patienten (2 %) kam es zu einem Rezidiv mit fast vollständigem Verlust der erzielten Behandlungsergebnisse. Bei diesem Patienten stellte die Behandlung für seine Anomalieausprägung im Langzeitverlauf keinen Zugewinn dar. Die gemessenen Ursachen dafür sind eine Zunahme der Kontaktpunktabweichungen im anterioren Ober- und Unterkiefersegment, die erneute Zunahme des Overjets sowie eine sich entwickelnde dentale Mittellinienverschiebung, welche vorher nicht messbar war. Dafür können Kraftquellen außerhalb der aufgenommenen Daten verantwortlich sein. Weiterhin bestehende oder im Laufe der Zeit angeeignete Dysfunktionen können diese gravierenden Rezidive hervorgerufen haben. Für 35 der untersuchten Patienten (70 %) lagen die PAR-Werte weiterhin im verbesserten Bereich von ≥ 30 %. Bei 14 Patienten (28 %) bewirkte die Behandlung sogar eine starke Verbesserung ihrer Anomalie. Ein vergleichsweise ähnlicher Verlust der erzielten Ergebnisse von 13 %-Punkten innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums von 5 Jahren wurde in den Analysen von Birkeland et al. [18] angegeben. Die Verbesserung der Behandlungsergebnisse zum Zeitpunkt T3 entsprachen 64 % zu den prätherapeutischen Index-Werten. Die ermittelten Werte der vorliegenden Studie liegen mit einer Verbesserung von 72 % um 8 %-Punkte über dem Ergebnis der Studie von Birkeland et al. [18]. Außerdem ermittelte die Arbeitsgruppe um Birkeland einen Anteil von 11 % an untersuchten Patienten, welche keine oder nur eine geringe Verbesserung im Vergleich zu den Ausgangswerten nach der Nachuntersuchungszeit aufwiesen. Im Vergleich dazu waren die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe der vorliegenden Studie deutlich stabiler und wiesen auch noch nach einem Zeitraum von fast 8 Jahren eine zufriedenstellende okklusale Situation auf. Mögliche Ursachen hierfür können die Weiterentwicklung der Therapiegeräte und -methoden sowie von Retentionsmaßnahmen durch die Entwicklung von Teilapparaturen und effizienten Geräten zur Bisslagekorrektur sein. Aktuelle Studien [67, 71] wiesen eine geringere, weniger relevante Zunahme der PAR-Gesamtwerte im Nachuntersuchungszeitraum (6 - 7 Jahre) von +0,6 - 1,5 Punkten auf ($p = 0,34$). Diese Veränderungen wurden als statistisch nicht signifikant im Vergleich zu den Resultaten zum Therapieende angegeben. Im Gegensatz dazu haben Al et al. [2] nach 10 Jahren nur noch eine Verbesserung des PAR um 45 % zum Ausgangsbefund ermitteln

können. Diese und weitere Studien [101, 138] wiesen darauf hin, dass die stärksten Veränderungen und Rezidive in den ersten 2 - 5 Jahren nach Therapieende auftreten ($p < 0,01$ [138]). Die Langzeituntersuchungen der Autorengruppen Jungbauer et al. [73] und Bock et al. [27] wiesen Zunahmen der PAR-Gesamtwerte von 4,8 - 5,5 Punkte im posttherapeutischen Beobachtungszeitraum (15-20 Jahre) auf, welche denen der vorliegenden Studie ähneln.

Die Auswertungen der PAR-Gesamtwerte im allgemeinen Vergleich wiesen darauf hin, dass der PAR zu T2 einen mittleren Effekt ($d_z = 0,697$) auf die Entwicklung des PAR zu T3 hat. Dies unterstreicht den Ansatz, die Therapieergebnisse möglichst nah an die Vorgaben der idealen statischen und dynamischen Okklusion [6] zu bringen, um eine Langzeitstabilität zu erzielen und das Auftreten von Rezidiven sowie okklusalen Pathologien zu minimieren [48, 99]. Die Arbeitsgruppe um Ormiston [100] ermittelte einen verstärkten Zusammenhang zwischen den Werten der Ausgangssituation und der postretentiven Stabilität. Sie wiesen jedoch darauf hin, dass die Einstellung der Okklusion den individuellen Besonderheiten des Patienten angepasst werden sollte und Faktoren wie das Wachstum und initiale Okklusionsbeziehungen mit einbezogen werden sollten. In der vorliegenden Untersuchung bestand allerdings kein signifikanter Unterschied der PAR-Gesamtwerte zu T3 zwischen Patienten, die zu T2 eine ideale Okklusion aufwiesen und jenen, welche zum Behandlungsabschluss Distal- oder Mesialokklusionen und einen Overjet > 2 mm vorwiesen.

In der Betrachtung der Einzelkomponenten des PAR ist festzustellen, dass die meisten okklusalen Faktoren keine statistisch signifikanten Unterschiede aufwiesen. Besonders die Anomalie bestimmenden Parameter (Overjet und Molarenrelation) wiesen keine signifikanten Veränderungen im PAR auf. Dieses Ergebnis wird durch die Studie von Yavari et al. [137] und Jungbauer et al. [73] gestützt. Dennoch kam es zu einer messbaren und statistisch hochsignifikanten Zunahme des Overjets zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 ($p < 0,001$). Der therapeutisch eingestellte Overjet von 2,1 mm nahm innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums um 0,5 mm zu. Die Abweichungen zwischen den Ergebnissen des PAR und der metrischen Messungen sind möglich, da der PAR eine Einteilung < 2 mm nicht zulässt und geringere Abweichungen hiermit nicht erfasst werden. Die bestehenden Resultate sind dennoch zum Vorteil der Patienten, was auch durch vorhandene Studien bestätigt wird [24, 63]. Nach Einschätzung weiterer Studien lässt sich der Overjet als stabile okklusale Komponente beschreiben [53, 71, 137]. Der Stabilität des Overjets und der Molarenokklusion in der vorliegenden Untersuchung stehen die signifikanten Zunahmen ($p < 0,0167$) der Werte im Bereich des anterioren Unterkiefersegmentes und des Overbites gegenüber. Das Ausmaß der

Rezidive betrug für den Overbite 27 %. Die PAR-Wertung für das Unterkieferfrontzahnsegment näherte sich zum Zeitpunkt T3 dem Ausgangsbefund um 75 % an ($T1 = 2,0$; $T3 = 1,5$). Diese Bilanz bestätigt die Ergebnisse vorhandener Studien an Angle Klasse II Patienten [68, 71, 132]. Diese Entwicklungen wurden zudem auch an unbehandelten Patienten ohne kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit festgestellt [91]. In der Studie von Janson et al. [71] wiesen die Veränderungen des Overbites nach Therapieende Rezidive bis fast zum ursprünglichen Zustand auf. Die Autoren begründeten dies mit einer voranschreitenden vertikalen Entwicklung, welche bei den untersuchten Angle Klasse II/1 Patienten ausgeprägter ausgefallen ist als bei der unbehandelten Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse wurden anhand von FRS-Auswertungen erhoben. In der hier durchgeführten Studie wurde das Augenmerk auf die Auswertung von Kiefermodellen und damit auf die okklusalen Parameter gelegt, weshalb die Einschätzung von skelettalen Ursachen für die beschriebenen Rezidive nicht möglich war. Durch Studien [1, 134] an kieferorthopädisch unbehandelten Männern und Frauen sind skelettale Entwicklungen bei Erwachsenen nachgewiesen worden. Somit kann ein skelettaler Einfluss bei der Entstehung der gemessenen Rezidive der durchgeführten Studie angenommen werden. Weiterhin wird beschrieben, dass es im natürlichen Alterungsprozess zur Rotation des Unterkiefers kommt [134]. Dabei besteht beim weiblichen Geschlecht eine Tendenz zur Rotation nach anterior, einhergehend mit der Zunahme des Overbites. Bei Männern deutet die Rotation nach posterior. In diesen Fällen kommt es zu einer Abnahme des Overbites. Ein starkes Rezidiv des Overbites wird auch in einer älteren Studie von Janson et al. [68] beschrieben. Dabei kam es zu einer Zunahme des Overbites von 1,1 mm im posttherapeutischen Nachuntersuchungszeitraum. Dies entspricht einem Rezidiv von 40 % der erzielten therapeutischen Korrektur. Die Autoren setzten diese Entwicklung mit dem Ausmaß des prätherapeutischen Overbites in Verbindung. Dieser Zusammenhang wurde bereits mehrfach zustimmend diskutiert [132] und kann mit der vorliegenden Untersuchung nachvollzogen werden. In den durchgeführten Untersuchungen wurde der Overbite primär mit 2,9 Punkten bewertet und reduzierte sich auf 0,7 Punkte zum Zeitpunkt T2 ($p \leq 0,001$). Während der Nachuntersuchungszeit trat ein signifikantes Rezidiv von annähernd 30 % auf ($p \leq 0,001$). Die Analysen der Ergebnisse zeigten, dass durch statistische Korrelationen eine signifikante Abhängigkeit des Overbites vom Zeitpunkt T3 zum Ausgangszustand bestand und die therapeutische Veränderung ($T2 - T1$) signifikanten Einfluss auf die posttherapeutischen Veränderungen ausübte. Bei der Auswertung ist kritisch zu bewerten, dass der Overbite im Rahmen dieser Studie ausschließlich durch den PAR gemessen und verglichen worden ist. Bei den Messungen des PAR wird nicht zwischen einem offenen und tiefen Biss unterschieden, was Fehlinterpretationen ermöglicht. Zudem wird der Tiefbiss anhand der

durch die Oberkieferfrontzähne bedeckten Kronendrittel der unteren Schneidezähne gemessen. Eine detailliertere Messung wird nicht vorgenommen.

Im Gegensatz dazu standen die Ergebnisse der Studie von Pancherz et al. [104]. Diese gaben nach einer Untersuchungszeit von 32 Jahren zwar Veränderungen des Overbites und Overjets an, welche jedoch ohne Signifikanz und klinische Relevanz waren. Das Auftreten von frontalen Unregelmäßigkeiten im Unterkiefer wurde durch die Studie von Pancherz et al. [104] bestätigt. Die Autoren begründeten sie als physiologische dentoskelettale Erscheinungen im Erwachsenenalter. Nach einer Beobachtungszeit von 10 Jahren nach Therapieende gaben auch Francisoni et al. [53] die erzielten Korrekturen des Overbites, Overjets und der Bisslage als stabil an. Lediglich leichte, statistisch nicht signifikante Veränderungen dieser Komponenten traten auf. Die Messung der Molarenrelation deutete auf eine Überkompensation durch die Therapie hin ($T1 = 1,17$; $T2 = -3,27$ mm; $T3 = -2,95$ mm), welche sich leicht und ohne Signifikanz nach Therapieende in Richtung einer Neutralverzahnung einstellte. Bock et al. [25] berichteten bei Angle Klasse II/1 Patienten nach Herbst-Therapie von nicht signifikanten Veränderungen des Overbites und Overjets zum Ende der Retentionsphase nach 32 Monaten. Diese Studie gab auch die Molarenrelation als stabil innerhalb der Retentionsphase an. Eine weitere Untersuchung [51] beschrieb Langzeitveränderungen bei therapierten Angle Klasse II/1 Patienten nur im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe mit Neutralverzahnung. Innerhalb der Patientengruppe der Angle Klasse II/1 waren dort keine Rezidive nachweisbar. Hingegen fanden Otuyemi und Jones [101], dass auch bis zur idealen Okklusion austherapierte Angle Klasse II/1 Fälle Rezidive aufwiesen, welche sich zum Großteil auf die Entstehung von Frontzahnengständen zurückführen ließen.

In der Langzeitbeobachtung der vorliegenden Untersuchung bestanden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Ausmaß der Veränderungen nach Angle Klasse II/1 Therapie. Eine Studie mit unbehandelten Angle Klasse II Patienten hat gezeigt, dass in der Entwicklung zwischen dem 9. und dem 15. Lebensjahr ausschließlich signifikante Unterschiede in der metrischen Entwicklung der Schädelbasis und der Unterkieferlänge zwischen den Geschlechtern zu messen waren [33]. Eine weitere Untersuchung beschrieb Unterschiede zwischen den Geschlechtern ausschließlich in der Wachstumsrichtung der Mandibula. Die Ergebnisse zeigten, dass zwischen dem 10. und 14. Lebensjahr bei Mädchen verstärkt horizontale Entwicklungen und bei Jungen vertikales Wachstum der Mandibula stattfand [112]. Diese Tendenzen konnten aufgrund der gewählten Methodik durch die hier vorliegende Studie nur unzureichend bestätigt werden. Aussagen zu skelettalen Veränderungen waren nicht möglich, da ausschließlich Modellanalysen vorgenommen und damit dentale Befunde erhoben worden sind. Durch die vorliegenden Ergebnisse kann angenommen werden, dass es in den

dentalen Veränderungen keine geschlechtsspezifischen Entwicklungen bei Angle Klasse II/1 Patienten gibt. Leider ist die Studienlage dazu ungenügend. Weitere Studien mit diesem Fokus sind notwendig.

Es ist festzuhalten, dass in der vorliegenden Untersuchung Veränderungen nach Therapieende auftraten, welche sich in der Gesamtbewertung als signifikant darstellten. Nichtsdestotrotz waren die Werte der finalen Auswertungen deutlich geringer als zum Zeitpunkt vor der Therapie. Damit besteht ein ersichtlicher Vorteil für die Patienten durch die kieferorthopädische Therapie. Mehrere Studien [7, 42] untermauerten diese Befunde. Im Rahmen der Studie von Zinad et al. [138] wurden behandelte und unbehandelte Angle Klasse I Patienten und deren dentofaziale Entwicklung 5 und 10 Jahre nach kieferorthopädischer Therapie untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass Veränderungen nach kieferorthopädischer Therapie und im vergleichbaren Alter bei den unbehandelten Patienten im selben Ausmaß nachweisbar waren. Daraus schlossen die Autoren, dass die aufgetretenen Veränderungen physiologischen Ursprungs waren. In weiteren Untersuchungen wurde beschrieben, dass Veränderungen nach Behandlungsabschluss zu erwarten sind [85, 86, 101] und damit schwierig zwischen altersbedingten Umbauprozessen und kieferorthopädischen Rezidiven zu unterscheiden ist [14, 62, 129]. Diese Tendenz wurde durch die erhobenen Daten der vorliegenden Studie bestätigt. Physiologische Umbauprozesse können bis in die 5. Lebensdekade und darüber hinaus signifikant wahrgenommen werden [134]. In der Übersichtsarbeit von Wins et al. [135] wurde mit geringer Evidenz angegeben, dass die Therapie- sowie Retentions- und Nachsorgezeiträume, der Zeitpunkt der Therapie, die primäre Molarenrelation und der Overbite keine Faktoren zur Vorhersage der Stabilität des Behandlungsergebnisses einer Klasse II Therapie darstellen. Dafür fassten die Autoren zusammen, dass ein hoher Anomaliegrad und starke Veränderungen während der Therapie zu einem höheren Risiko für Rezidive führen. Diese Ergebnisse werfen die Frage auf, ob es Unterschiede in der Stabilität von Angle Klasse II/1 Patienten mit starker Ausprägung der Symptomatik z. B. einem Overjet > 6 mm, Molarenbeziehung > 1 PB und solchen mit moderater Anomalieausprägung (Overjet < 6 mm) gibt. Zur Erkenntnisgewinnung und Beantwortung dieser Überlegung wären aufbauende Folgestudien vorzugsweise in einem prospektiven Design notwendig.

Unabhängig von der Gebissanomalie wurde in der Literatur eine Korrelation zwischen der prätherapeutischen PAR-Gesamtwertung und der Langzeitstabilität berechnet [18, 100, 138]. Dieser Zusammenhang konnte im Fall der vorliegenden Ergebnisse der ermittelten Spearman-Korrelation für die Angle Klasse II/1 Gebissanomalie nicht bestätigt werden. Die Werte wiesen darauf hin, dass das Ausmaß der Gebissanomalie (PAR T1) einen geringen und

nicht signifikanten Einfluss ($p = 0,243$) auf die Veränderungen nach Behandlungsabschluss und damit auf die Langzeitstabilität der Ergebnisse hat. Das Treffen einer Vorhersage zu posttherapeutischen Veränderungen basierend auf den hier dargestellten Daten war somit anhand der Ausgangssituation nicht möglich. Es gilt zu beachten, dass ein positiver Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Gebissanomalie und der möglichen Reduktion bis zur Nachuntersuchung besteht ($r = 0,745$, $p < 0,001$). Gesamtheitlich betrachtet, deuteten die Ergebnisse darauf hin, dass die Therapie der Angle Klasse II/1 Gebissanomalie zu stabilen Langzeitergebnissen führt, wenn Veränderungen in der Unterkieferfrontzahnstellung als natürlicher Alterungsprozess angesehen werden. Dies bestätigt die Aussagen vorhandener Studien [27, 48, 66, 69, 101]. Thilander [129] beschrieb, dass es aufgrund erweiterter Kenntnisse in der modernen Kieferorthopädie zu einer gesteigerten Stabilität der Behandlungsergebnisse kommt und somit eine Verminderung der Notwendigkeit zur Retention besteht. Trotzdem schloss sie Rezidive nicht kategorisch aus. Ob die allgemeine Empfehlung einer Langzeitretention für Patienten mit einer Angle Klasse II/1 Gebissanomalie ausgesprochen werden kann, ist noch zu diskutieren.

VERÄNDERUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON LANGZEITRETENTION

Die bisherigen Betrachtungen der Ergebnisse fanden unabhängig von der Beachtung von vorhandenen Retentionsgeräten im Nachuntersuchungszeitraum statt. Es wurde beschrieben, dass Rezidive bei Angle Klasse II/1 Patienten unabhängig von einer stattgefundenen Retention in gleichem Maße auftreten können [136]. Damit wurde die Notwendigkeit einer Retention als Rezidivprävention bei Angle Klasse II/1 Patienten in Frage gestellt. Im Rahmen dieser Analysen sollte die Frage besprochen werden, ob Retentionsgeräte nach abgeschlossener Therapie Veränderungen in der Okklusion verhindern können. Für diese Analyse wurden die Patientenfälle in Abhängigkeit der Anwendung eines Retentionsgerätes im Zeitraum T2 - T3 in zwei Gruppen unterteilt. Zu T3 war bei 58 % der Patienten in mindestens einem Kiefer (vermehrt im Unterkiefer) ein geklebter Retainer vorhanden. Es konnten zum Zeitpunkt T3 keine Unterschiede der PAR-Wertung zwischen Probanden mit Retentionsgeräten und ohne festgestellt werden ($p = 0,259$). Es ist jedoch zu beachten, dass es ohne statistische Signifikanz im Vergleich der Gruppen dennoch geringere Gesamtindexwerte bei den Patienten mit Retainer gab. Dieser Unterschied lag bei 1,7 Punkten. Somit war im Rahmen der vorliegenden Untersuchung das Ausmaß und das Auftreten von Veränderungen nach Behandlungsabschluss unabhängig vom Tragen eines Retentionsgerätes. Besonders die Veränderungen in der Unterkieferfrontzahnstellung können trotz geklebten Retainers weiterhin auftreten und die Stabilität in der Transversalen gefährden.

Damit wird die Aussage bekräftigt, dass die vermehrt im Unterkiefer fest verklebten Retainer nicht vollständig dem physiologischen Trend der Unterkieferfrontzähne, einen tertiären Engstand zu entwickeln, entgegenwirken können [125]. In der Untersuchung durch Steinnes et al. [125] wurden Zunahmen der Frontzahnirregularitäten im Unterkiefer bei Patienten mit Retainer von 0,7 mm im Nachuntersuchungszeitraum von 8,5 Jahren gemessen. Dies war dennoch signifikant geringer als bei Patienten ohne Retentionsgerät innerhalb des angegebenen Untersuchungszeitraumes (1,8 mm, $p = 0,001$).

In Anbetracht der Langzeitüberprüfung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse kann die Aussage getroffen werden, dass die Stabilität der Behandlungsergebnisse bei Angle Klasse II/1 Patienten unabhängig vom Vorliegen eines Retentionsgerätes ist. Dafür können Veränderungen als native Alterungsprozesse in Erscheinung treten. Auch in dieser Untersuchung kam es zu einer signifikanten Zunahme ($T3 - T2$ $p \leq 0,0167$) von Kontaktpunktabweichungen im Unterkieferfrontzahnsegment. Janson et al. [71] gaben signifikante Veränderung der Frontzahnstellung durch die kieferorthopädische Therapie mit ebenfalls signifikantem Rezidiv nach Ende der Therapie an. Dennoch zeigten die Autoren auf, dass die Patienten mit geklebtem Retainer signifikant geringere Werte zum Ausgangszustand aufwiesen. Ein Zusammenhang zwischen initialen Frontzahnunregelmäßigkeiten und späteren Veränderungen (24 Jahre Nachuntersuchung) bestanden dabei laut Dyer et al. [40] nicht ($p = 0,024$). Eine ähnliche Aussage wurde bereits durch Little et al. [87] getroffen, die dynamische und konstante Veränderungen auch nach der 4. Lebensdekade erfassten. Damit kann sich der Meinung von Zinad et al. [138] angeschlossen werden, dass eine temporäre Retention ausreichend sein kann, da auch lebenslange Retainer keine Garantie sind, um die Einflüsse physiologischer Entwicklungen im Laufe des Lebens zu verhindern.

Daneben wurde in der Auswertung einer anderen Studie [27] ein entscheidender Unterschied ($p < 0,05$) der PAR-Gesamtwerte der Patienten mit fixierten Retainern zu Patienten ohne Retainer angegeben. Der PAR-Gesamtwert betrug bei Patienten mit Retainer bis zu 4,9 Punkten weniger und war damit der idealen Okklusion näher (1,7 PAR-Punkte) [27]. Diese Ergebnisse zur Stabilität in Abhängigkeit von Retentionsgeräten decken sich mit weiteren veröffentlichten Studien [2, 80]. Zusätzlich müssen Studien über natürliche, altersbedingte Entwicklungen beachtet werden. Es wird der lebenslange Einfluss der oralen Muskulatur und Haltung auf Änderungen im Zahnbogen beschrieben und eine Langzeitretention empfohlen [1]. Hinzu kommen der diskutierte Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Rezidiven und dem Grad der therapeutischen Korrektur [48] sowie die Tendenz der behandelten Okklusion, sich zurück in ihre prätherapeutische Ausgangsform umzustellen [13, 23].

Es wird ersichtlich, dass eine eindeutige Aussage und Empfehlung über die langfristige Anwendung von Retentionsgeräten durch die diverse Studienlage zurzeit nicht getroffen werden kann. Viele individuelle Faktoren spielen bei der Stabilität eingestellter dentaler und skelettaler Werte eine Rolle. Zur Entwicklung einer klaren Behandlungsempfehlung werden weitere Studien mit Fokus auf diese Fragestellung notwendig sein.

ERGEBNISSE NACH DEN RICHMOND-KATEGORIEN

Die quantitative Beurteilung des Behandlungserfolges und der Langzeitstabilität mittels des PAR sind unter anderem durch die Einteilung der PAR-Differenzen in Kategorien möglich. Die von Richmond et al. [109] erarbeiteten Kategorien geben eine Orientierung über den Grad der Entwicklung innerhalb eines Beobachtungszeitraums an. Veränderungen während der Behandlung oder innerhalb der Nachuntersuchungszeit können damit verglichen und bewertet werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigten auf, dass 54 % der untersuchten Angle Klasse II/1 Patientenfälle durch die Behandlung in eine verbesserte Okklusion gebracht werden konnten und ein Anteil von 46 % eine starke Reduktion ihrer PAR-Gesamtwerte und Annäherung an eine ideale Okklusion erfahren haben. Diese Resultate deckten sich mit Ergebnissen vorhandener Untersuchungen, welche Behandlungsergebnisse mittels des PAR bewertet haben [45, 56]. Eine ältere Studie verzeichnete schlechtere Therapieergebnisse zum Behandlungsende mit einem Anteil von 8,3 % der Fälle in der Kategorie keine Veränderung oder verschlechtert (verbessert = 49,1 %; stark verbessert = 42,6 %) [3]. Es muss beachtet werden, dass in den Vergleichsstudien keine Differenzierung der untersuchten Probanden in Anomalieklassen bestand. Dies lässt einen Vergleich des Behandlungsstandards im Allgemeinen jedoch nicht in Bezug auf die Behandlung von Angle Klasse II Patienten zwischen den Studien zu. Verglichen mit den Referenzwerten der Richmond-Kategorien kann festgehalten werden, dass alle untersuchten Patientenfälle der vorliegenden Studie eine Verbesserung durch die Therapie erfahren haben.

Die alleinige Betrachtung der Behandlungsergebnisse anhand der Einteilung nach Richmond kann zu Fehlinterpretationen führen [98, 120]. Behandlungsfälle mit einem geringen PAR-Ausgangswert (< 22 Punkten) können mit einem hohen Therapiestandard behandelt worden sein und ein optimales Ergebnis aufweisen. Eine Differenz von ≥ 22 Punkten kann bei diesen Fällen allerdings nicht erreicht werden und sie werden nur die Einstufung in die Kategorie verbessert erhalten. Ein hoher PAR-Ausgangswert (> 22 Punkten) ermöglicht eine stärkere Reduktion durch die kieferorthopädische Therapie verglichen mit dem prätherapeutischen Anomaliegrad. Damit ist die Gruppierung abhängig vom Ausgangswert und kann bei geringem

prätherapeutischen Wert der Anomalie mittels PAR nie als stark verbessert angesehen werden [28].

Mit Hilfe eines Nomogramms können die behandelten Fälle deutlicher verglichen und Fehlinterpretationen minimiert werden [31]. In den hier dargestellten Nomogrammen wird ersichtlich, dass ein Großteil der untersuchten Behandlungen auf PAR-Gesamtwerte unter 5 Punkten therapiert worden ist und damit eine als ideal bezeichnete Okklusion erreicht hat [108]. Insgesamt 88 % der Patienten haben eine Verminderung des PAR um ≥ 70 % erfahren. Veränderungen ab diesem Wert deuten auf einen hohen Therapiestandard hin.

In der Langzeitbetrachtung sind Veränderungen aufgetreten, welche zu einer Zunahme der PAR-Gesamtwerte geführt haben. Durch den erneuten Anstieg des PAR-Gesamtwertes einiger Fälle sind diese in niedrigere Kategorien abgefallen. Dennoch wiesen weiterhin 96 % der Behandlungen nach ca. 8 Jahren eine Verbesserung von mindestens 30 % ihres Ausgangsbefundes auf. In einer vergleichenden Untersuchung lag nach einer Nachuntersuchungszeit von 6,5 Jahren eine Verbesserung der Okklusion von mindestens 30 % bei 84 % der Fälle vor [83]. Diese Ergebnisse ähneln sich trotz der unterschiedlichen Beobachtungszeiträume. Damit können sie die Aussage von Zinad et al. [138] unterstützen, dass signifikante Zunahmen der Index-Werte bis etwa 5 Jahre nach Behandlungsabschluss auftreten. Danach sind nur noch geringere Veränderungen wahrnehmbar [138].

Die Einteilung nach Richmond und die Aufstellung der Ergebnisse in einem Nomogramm können einer schnellen und quantitativen Beurteilung von Behandlungsergebnissen nach Behandlungsende und in der Langzeituntersuchung dienen. Die Auswertung kann damit für epidemiologische Zwecke transparent und vergleichbar dargestellt werden. Für die Praxis bietet die Einteilung vor allem die Möglichkeit zur Eigenkontrolle und der Anwendung im statistischen, betriebswirtschaftlichen Bereich.

5.2 METHODIK

Nach der Überprüfung und Besprechung der ermittelten Ergebnisse rückt die Betrachtung der Methodik in den Vordergrund. Das Studiendesign bestand aus retrospektiven Vermessungen von Diagnostikmodellen zu drei verschiedenen Zeitpunkten. Zur Analyse der Modelle wurde der PAR als okklusaler Index gewählt. Die Untersuchung fand an 50 freiwilligen, kieferorthopädisch therapierten Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie statt.

PATIENTENGRUPPE

Die Größe des Studienkollektivs von 50 Patienten war im Rahmen kieferorthopädischer Studien bereits eine repräsentative Menge. Viele andere Studien wiesen geringere Fallzahlen auf (14 - 39) [7, 53, 71, 104]. Ein Vergleich mit Kontrollgruppen wäre notwendig, um die Evidenz der Untersuchung anzuheben [29]. Eine Kontrollgruppe von Patienten gleichen Geschlechts und Alters mit eugnatem Gebiss oder Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie ohne Therapie zur Berücksichtigung der Therapiewirkung waren hier nicht möglich. Ein Grund dafür war das retrospektive Studiendesign. Außerdem wäre eine Kontrollgruppe von Angle Klasse II/1 Patienten ohne therapeutische Interventionen zu rekrutieren aus ethischer Sicht nicht vertretbar. Von der Anwendung historischer unbehandelter Kontrollgruppen wurde durch eine aktuelle Studie abgeraten [105]. Die Autoren gaben an, dass Studien mit historischen Kontrollgruppen im Vergleich zu randomisiert kontrollierten Studien stärkere Behandlungseffekte und signifikante Therapieergebnisse erzielten, was deutliche systematische Bias bedeutet. Somit ist zu beachten, dass für diese Studie keine Kontrollgruppe zur Verfügung stand.

Des Weiteren enthielten die Einschlusskriterien keine Einschränkungen in Bezug auf die stattgefundene Therapie, außer dem Ausschluss von Extraktionstherapien, um eine möglichst hohe Zahl an studienrelevanten Fällen zu regenerieren. Unter diesen Umständen wurden unterschiedlich therapierte Studienfälle in die Untersuchungen aufgenommen und die Homogenität der Gruppe in Bezug auf die Behandlungsart wurde eingeschränkt. Damit geht einher, dass es unter anderem unterschiedliche Behandler gab und somit selbst die Art und Weise der Anwendung der verwendeten Behandlungsgeräte nicht nachvollziehbare Differenzen aufwiesen. Diese Ungenauigkeiten wurden in der vorliegenden Studie erkannt und akzeptiert, um einen möglichst aussagekräftigen Patientenpool zu erhalten.

Der limitierende Faktor für die Rekrutierung von Probanden war das Auffinden und Kontaktieren der ehemaligen Patienten. Diese Limitation wurde auch durch andere Studien beschrieben [73, 91, 101, 125]. Kieferorthopädische Behandlungen fanden regulär im Jugendalter statt. Die meisten Patienten beendeten kurz darauf ihre schulische Ausbildung und der Start einer Berufsausbildung ging häufig mit einem Wohnortswechsel einher. Im Rahmen der Patientenakquirierung für diese Studie lagen bei > 50 % ungültige Kontaktdaten vor. Zudem lag die Beteiligungsbereitschaft bei den kontaktierbaren Patienten bei 40 %. Diese Beteiligung lag etwas unterhalb der Angaben vorhandener Langzeitstudien, welche von Teilnahmen zwischen 47 - 80 % berichteten [60, 76, 125].

Die Untersuchungen der vorliegenden Studie wurden retrospektiv durchgeführt. Daher konnte der Einfluss einer Verzerrung durch Selektion (Selection Bias) nicht ausgeschlossen werden.

Es wäre möglich, dass sich Patienten, die mit ihrer Therapie und dem Langzeitresultat besonders zufrieden waren oder eine Nachuntersuchung bzw. Zweitmeinung wünschten, vermehrt zur Teilnahme bereit erklärt haben, ähnlich wie in einer anderen Studie beschrieben [73]. Durch diese selektierte Teilnahme bestand die Möglichkeit, dass die in die Studie eingeschlossenen Patientenfälle eine geringere Diversität ihrer Behandlungs- und Langzeitergebnisse aufwiesen. Daraus können nicht ermittelbare systematische Fehler entstanden sein [13, 101].

Mit dem vorliegenden Studiendesign wurde bereits versucht, einen möglichst langen Nachuntersuchungszeitraum abzudecken. Ein prospektives Studiendesign hätte hier den Vorteil gehabt, dass der Kontakt zu den Patienten bestehen geblieben wäre und mehrere Messungen innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums hätten stattfinden können. In der vorhandenen Literatur wurde diskutiert, dass besonders in den ersten Jahren nach Therapieende die Behandlungsergebnisse Veränderungen aufwiesen und später an Stabilität gewannen [133]. Um diese Fragestellung genauer zu beleuchten, wären weitere Untersuchungen mit prospektiver Ausrichtung sinnvoll.

METHODE

Für die Durchführung einer Studie ist die Definition und Auswahl einer geeigneten Patientengruppe ebenso bedeutsam wie die Methodik. Die Modellvermessung mit Verwendung okklusaler Indizes ist für empirische Studien ein sehr gutes Mittel [79, 120, 121]. Die Vorzüge der Modellvermessung liegen dabei in der Reproduzierbarkeit und Objektivierbarkeit durch Angabe eindeutiger Definitionen und Messoperationen [79]. Außerdem eignet sich die Anwendung eines Index zur Beurteilung des Anomalieschweregrades und der Abschätzung des Schweregrades der Behandlung [37]. In der hier beschriebenen Studie wurde der PAR als anzuwendende Methode ausgesucht. Der PAR ist ein vergleichsweise junges diagnostisches Mittel und wurde gezielt für die Wissenschaft ebenso wie für die praktische Anwendung entwickelt [108, 128]. Die Reliabilität und Validität dieser Methode wurde bereits durch mehrere Studien untersucht und als sehr gut bewertet [32, 109]. In der Anwendung hat der PAR den Vorteil, dass er das Ausmaß einer zugrundeliegenden Gebissanomalie in Zahlen übersetzt und damit vergleichbare Werte generiert. Durch die wiederholte Messung von Modellen zur Validierung wurde mittels der Dahlberg-Formel ein zufälliger Fehler von $D = 1,47$ Punkte ermittelt. In vergleichender Literatur wird der zufällige Fehler nach Dahlberg mit $D = 0,7 - 0,96$ [2, 67] angegeben. Nach den zusammengetragenen Empfehlungen einer Anwendungsstudie zum Dahlberg-Fehler werden Abweichungen im Bereich $< 10\%$ der Gesamtvarianz als ideal angesehen [55]. Der Fehlerwert der vorliegenden

Studien von 1,47 Punkte liegt im Vergleich zur Gesamtvarianz bei 6 % und kann damit als akzeptable Abweichung bewertet werden. Es ist zu beachten, dass der Dahlberg-Fehler durch seine Berechnungsformel sehr anfällig für kleinste Abweichungen ist und systematische Fehler nicht mit berücksichtigt [55]. Diese Tatsachen können zu dem erhöhten Fehlerwert in dieser Studie geführt haben. Anhand weiterer Fehlerberechnungen mittels Pearson-Korrelation wurden starke Zusammenhänge zwischen den ersten und zweiten Messungen der Modelle ermittelt.

Es bestehen jedoch Grenzen in der Beurteilung des Behandlungserfolgs mittels eines okklusalen Index, da Behandlungsergebnisse durch das Zusammenspiel verschiedener Faktoren entstehen [18, 101, 109]. Zur objektiven Auswertung müssten morphologische, biologische, psychologische, soziologische und funktionelle Auswirkungen mit in Betracht gezogen werden [16]. Parameter der fazialen Ästhetik, mögliche Wurzelresorptionen und Parodontopathien sowie die dynamische Okklusion und Dekalzifizierungen werden nicht beachtet. Diese spielen dennoch eine große Rolle bei der Bewertung des Erfolges einer kieferorthopädischen Therapie [109]. Für diese Auswertungen sind Röntgenbilder, Fotoanalysen und die Beurteilung durch den Patienten notwendig [57]. Andererseits beurteilen Patienten Therapieerfolge anhand der sichtbaren Zahnstellungen und können okklusale Verbesserungen am Modell und in einfachen Zahlen ausgedrückt, wie sie durch den PAR zusammengefasst werden, leichter nachvollziehen [13, 72]. Der Fokus der vorliegenden Untersuchung lag auf der quantitativen Beurteilung der okklusalen Behandlungsergebnisse und ihrer Stabilität. Die Anwendung eines okklusalen Index bot sich für diese Fragestellung optimal an und die Anfertigung von Fotografien oder Röntgenaufnahmen wurde hier als nicht notwendig und zielführend erachtet. Zudem wäre die Durchführung von röntgenologischen Aufnahmen ohne medizinische Notwendigkeit aufgrund des Strahlenschutzgesetzes mit keiner ethisch vertretbaren Indikationsstellung zu rechtfertigen [44].

Kritisch zu betrachten ist der PAR selbst. Der gewichtete PAR legt einen Schwerpunkt auf die offensichtlich ästhetischen Komponenten, in denen Abweichungen von Overjet, Overbite und der Mittellinien mit den Faktoren 6, 2 bzw. 4 versehen sind. Daraus resultiert ein höherer Einfluss dieser Parameter in der Gesamtwertung. In der Umkehrung lässt die Gesamtwertung jedoch keine Rückschlüsse auf das Ausmaß einzelner Faktoren zu. So kann es passieren, dass durch die Reduktion des Overjets von 8 auf 2 mm die Wertung bereits um 18 Punkte gesenkt wird [59], wohingegen die Überstellung eines im Kreuzbiss stehenden Zahnes mit nur -2 Punkten bewertet wird. Im speziellen Fall der Angle Klasse II/1 ist die Einschätzung des Overjets und die Reduktion während der Behandlung ein wichtiger Teilschritt und kann durchaus höher in die Wertung einfließen. Zur differenzierten Beurteilung in der hier

dargestellten Studie wurde deshalb der Overjet separat in mm gemessen und verglichen. Zum Abschluss einer erfolgreichen Therapie ist allerdings auch die Einstellung der Molaren in eine Klasse I-Verzahnung wünschenswert. Hier weist der PAR eine Schwachstelle auf. Die Bewertung der Molarenrelation ist unabhängig von der vorliegenden Angle Klasse. Sie orientierte sich allein an der Höcker-Fossa-Beziehung der Sechsjahrmolaren und stellte eine Distal- sowie Mesialokklusion mit 1 PB einer Neutralokklusion gleich. Die um 1 PB abweichende Lagebeziehung der Sechsjahrmolaren kann in der Praxis jedoch große Unterschiede im Therapieausmaß und Schwierigkeitsgrad ausmachen. Die Entwickler argumentieren damit, dass durch die geschaffene Gewichtung einzelner Summanden der PAR-Gesamtwert das Ausmaß der Anomalie und damit die Abweichung von der idealen Okklusion deutlicher repräsentiere [108]. Die Anpassungen der Faktoren einzelner Parameter in Abhängigkeit von den zu betrachtenden Anomalien oder des Anwendungslandes wurde in Studien diskutiert und Modifikationen wurden erstellt [37, 121]. Aufgrund einer möglichst globalen Vergleichbarkeit fand in der vorliegenden Untersuchung der gewichtete PAR ohne Abwandlung Anwendung, da bereits durchgeführte Studien sich auf diesen bezogen hatten. Dies bot die Möglichkeit des leichten und direkten Abgleiches mit Daten unterschiedlicher Regionen. Studien über die Anwendung des PAR bestätigten, dass dieser Index von klinischer und wissenschaftlicher Bedeutung ist, da er den Vergleich zwischen verschiedenen Behandlern, Praxen, Behandlungsgeräten und Anomaliegruppen zulässt [18, 46, 128].

Es kann geschlussfolgert werden, dass die Behandlungsqualität und die allumfassende Beurteilung des Therapieerfolgs durch einen okklusalen Index nicht vollständig dargestellt werden kann. In der Praxis werden zur abschließenden Befundung weitere Unterlagen herangezogen und Untersuchungen durchgeführt. Zur Gestaltung repräsentativer Ergebnisse für die Erfolgsdarstellung vor dem Patienten und in der Epidemiologie ist der PAR dennoch sinnvoll und stellt eine einfach zu erlernende, valide und verlässliche Methode dar [108].

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Der bestmögliche Therapieerfolg und die Langzeitstabilität der Ergebnisse sind elementare Ziele der kieferorthopädischen Behandlung. Die Datenlage zu dieser Thematik ist derzeit ungenügend. Das Ziel dieser Arbeit bestand in der quantitativen Bewertung des Therapieerfolgs einer Angle Klasse II/1 Gebissanomalie und der Analyse der Langzeitstabilität der erzielten Behandlungsergebnisse, um damit Rückschlüsse für therapeutische und Retentionskonzepte für Angle Klasse II/1 Patienten zu ziehen.

Die Probandengruppe setzte sich aus 50 (26 männlich, 24 weiblich) ehemaligen Angle Klasse II/1 Patienten aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsmedizin Rostock (UMR) und aus mehreren kieferorthopädischen Fachpraxen in Weimar, Jena, Rostock und Umgebung zusammen. Die Auswahl der Patienten fand nach festgelegten Einschlusskriterien statt. Das durchschnittliche Alter der Patienten zu den Zeitpunkten des Therapiebeginns (T1), des Therapieabschlusses (T2) und der posttherapeutischen Nachuntersuchung (T3) betrug jeweils $10,5 \pm 2,0$, $15,3 \pm 2,0$ und $22,8 \pm 4,6$ Jahre. Die durchschnittliche Behandlungszeit belief sich auf $4,8 \pm 1,1$ Jahre. Die bereits durch die Behandlung vorhandenen diagnostischen Kiefermodelle zu T1 und T2 wurden zur Auswertung herangezogen. Die Nachuntersuchung fand nach durchschnittlich $7,6 \pm 4,4$ Jahren statt. Basierend auf diesen Nachuntersuchungen wurde für jeden Patienten ein aktuelles Gipsmodell der Kiefer hergestellt. Zum Zeitpunkt T3 befand sich bei 29 Patienten ein geklebter Retainer in situ. Bei 21 Patienten handelte es sich ausschließlich um Lingualretainer im Unterkiefer von Zahn 33 - 43. Acht Patienten wiesen Retainer im Ober- und Unterkiefer auf.

Die Kiefermodelle wurden mittels gewichtetem PAR nach Richmond et al. [108] zu den drei Zeitpunkten analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS® Statistics V. 26 und 27 durch deskriptive Datenanalyse und einfache Varianzanalyse mit Mehrfachwiederholung (rmANOVA).

Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass sich der PAR-Gesamtwert von Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie signifikant durch die kieferorthopädische Behandlung von durchschnittlich 25,4 (T1) auf 3,3 (T2) reduzierte. Im Vergleich zum PAR-Gesamtwert zu T2 war, bedingt durch allgemeine Alterungsprozesse und gering auftretende Rezidive, ein leichter Anstieg des PAR-Gesamtwertes zu T3 nachweisbar. Daraus ergab sich eine signifikante Reduktion des Anomaliegrades durch die kieferorthopädische Behandlung, die auch im Langzeitergebnis noch signifikant nachweisbar war (T3 - T1; $p \leq 0,001$). In der Auswertung der Einzelkomponenten des PAR wird deutlich, dass alle Komponenten eine signifikante Veränderung durch die Therapie erfahren haben. Demgegenüber kam es zwischen T2 und T3 bei fünf der sieben Parameter zu nicht signifikanten Veränderungen. Damit bewiesen diese Komponenten auch in der Langzeitbetrachtung (T3 - T1) eine signifikante Verbesserung der

prätherapeutischen Gebissanomaliesituation. Darunter befanden sich die Anomalie prägenden Komponenten sagittal vergrößerter Overjet und Molarenrelation. Eine posttherapeutisch geringere Stabilität wiesen die Messungen der Kontaktpunktabweichungen im anterioren Unterkiefersegment auf. Zwischen T2 und T3 kam es hierbei zu einer signifikanten Zunahme der Abweichungen im Unterkiefer. Zudem wies der Overbite ebenfalls eine signifikante Zunahme zwischen T2 und T3 auf. Die Ergebnisse wurden auch gruppiert von der Abhängigkeit eines geklebten Retainers zum Zeitpunkt T3 analysiert. Sie zeigten, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den PAR-Gesamtwerten von Patienten mit oder ohne Kleberretainer gab. Der durchschnittliche PAR-Gesamtwert lag bei der Gruppe mit Retentionsgeräten jedoch bei 1,7 Punkten unter dem Wert der Vergleichsgruppe.

Die therapeutischen und posttherapeutischen PAR-Veränderungen wurden in Kategorien nach Richmond (unverändert / verschlechtert, verbessert, stark verbessert) eingeteilt und interpretiert. Die therapeutisch bedingte Reduktion des PAR-Gesamtwertes bewirkte bei allen Patienten eine Verbesserung des Dysgnathiegrades und damit die Einstufung in die äquivalente Kategorie. Ein großer Anteil der Patienten (46 %) wurde durch die Therapie auf ein stark verbessertes Niveau der Gebissituation gebracht. In der Langzeitkontrolle reduzierte sich die Anzahl an Patienten mit stark verbessertem PAR-Gesamtwert auf 14 (28 %). Zwei Patienten wurden im Langzeitverlauf als unverändert angesehen, da sich ihr PAR-Gesamtwert in dieser Zeit stark dem Ausgangsniveau annäherte. Die Ergebnisse eines Großteiles der behandelten Angle Klasse II/1 Fälle lagen weiterhin in der Kategorie „verbessert“.

Diese Resultate lassen sich als Therapieerfolg der Angle Klasse II/1 Behandlung betrachten und zeigten auf, dass eine Verbesserung des Schweregrades der Gebissanomalie bei guter Langzeitstabilität (mindestens 5 Jahre) möglich ist. Demnach lässt sich für diese Patienten ein deutlicher Vorteil aus der kieferorthopädischen Therapie ziehen. Für den unteren Frontzahn-bereich und den Overbite gilt das jedoch nicht. In diesen Bereichen neigen die Patienten zu einem instabilen Behandlungsergebnis. Die gezielte Retention in diesem Bereich und die größere Aufmerksamkeit bei der Therapie dieser beiden Parameter könnten möglicherweise das Langzeitergebnis verbessern. Es besteht nach wie vor Forschungsbedarf, um die Aussagekraft dieser Ergebnisse zu verifizieren. Zukünftig sollten weiterführende prospektive Langzeitstudien an umfangreicheren behandelten Patientengruppen mit geeigneten Kontrollgruppen erfolgen.

VII. THESEN

1. Die Angle Klasse II/1 ist eine der häufigsten Gebissanomalien in Deutschland und Europa und weist einen progredienten Charakter während der Gebissentwicklung auf.
2. Die Langzeitstabilität der Behandlungsergebnisse ist ein avisiertes Ziel der Angle Klasse II/1 Therapie. Diese Thematik wird durch die derzeitige Datenlage nicht vollständig geklärt.
3. Das Ziel dieser Arbeit bestand in der quantitativen Bewertung der Behandlungsergebnisse der kieferorthopädischen Therapie von Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalien und der Analyse deren Langzeitstabilität. Damit sollten Rückschlüsse für therapeutische und Retentionskonzepte für Angle Klasse II/1 Patienten gezogen werden. Es galt auch zu erfassen, ob geschlechtsspezifische Unterschiede in der posttherapeutischen Stabilität auftreten und ob Kleberetainer eine Auswirkung auf die Langzeitstabilität ausüben.
4. In der Studie wurden 50 therapierte Angle Klasse II/1 Patienten (24 weiblich, 26 männlich) unter Einhaltung von Ein- und Ausschlusskriterien retrospektiv untersucht.
5. Die vorliegende retrospektive Studie analysierte kieferorthopädische Diagnostikmodelle von Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie zu den Zeitpunkten des Therapiebeginns (T1), des Therapieabschlusses (T2) und der posttherapeutischen Nachuntersuchung von mindestens 5 Jahren (T3) mittels Peer Assessment Rating Index (PAR). Der PAR ist ein validiertes Modellanalyseverfahren, welches die Veränderung des Schweregrades einer Gebissanomalie unter der Therapie zulässt.
6. Die Ergebnisse zeigten, dass die Therapie (T1 - T2) der Angle Klasse II/1 Gebissanomalie zu einer Reduktion der PAR-Gesamtwerte von durchschnittlich 25,4 auf 3,3 führte. Dies entspricht einer Veränderung um 86,6 % und beschreibt das Erreichen einer fast idealen Okklusion bei den behandelten Patienten. Geschlechtsspezifische Unterschiede konnten dabei jedoch nicht festgestellt werden.
7. In der Langzeitbetrachtung (T1 - T3) ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den PAR-Gesamtwerten. Die Behandlung führte zu einer durchschnittlichen Reduktion der PAR-Werte um 72 % und damit zu einer deutlichen Verbesserung des Schweregrades der Gebissanomalie.
8. Die Molarenrelation und der sagittale Overjet wurden durch die Therapie signifikant verbessert. Die Ergebnisse waren ebenfalls langzeitstabil.
9. Ein frontaler Engstand im Unterkiefer und ein Tiefbiss entwickelten sich signifikant häufiger in der Zeit zwischen Behandlungsabschluss und Nachuntersuchungszeitpunkt.

10. Patienten mit oder ohne Kleberretainer im Unterkiefer wiesen keine signifikanten Unterschiede in der Langzeitstabilität in Bezug auf ihre PAR-Gesamtwerte auf.
11. Die Stabilität nach kieferorthopädischer Therapie ist multifaktoriellen Einflüssen ausgesetzt. Die vorliegende Studie hat sich auf die Analyse dentaler, am Modell erfassbarer Komponenten beschränkt. Demnach können über die Behandlungsergebnisse auf skelettaler Basis und deren Langzeitstabilität keine Aussagen getroffen werden.
12. Aus den zuvor genannten Aspekten ergibt sich die Notwendigkeit, in der Zukunft prospektiv angelegte Langzeitstudien zur Qualität kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse und deren Langzeitstabilität durchzuführen. In diesen gilt es die Faktoren zu identifizieren, die stabilitätsfördernd und weniger rezidivbegünstigend sind.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Akgül AA, Toygar TU (2002) Natural craniofacial changes in the third decade of life: a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(5): 512–522. doi: 10.1067/mod.2002.128861
 2. al Yami EA, Am Kuijpers-Jagtman, van 't Hof MA (1999) Stability of orthodontic treatment outcome: follow-up until 10 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 115(3): 300–304
 3. al Yami EA, Kuijpers-Jagtman AM, van 't Hof MA (1998) Occlusal outcome of orthodontic treatment. *Angle Orthod* 68(5): 439–444. doi: 10.1043/0003-3219(1998)068<0439:OOOOT>2.3.CO;2
 4. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS et al. (2018) Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press J Orthod* 23(6): 40.e1-40.e10. doi: 10.1590/2177-6709.23.6.40.e1-10.onl
 5. Andresen V, Häupl K (1945) Funktions-Kieferorthopädie, die Grundlagen des "Norwegischen Systems", 4.th edn., Leipzig, Barth
 6. Andrews LF (1972) The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 62(3): 296–309
 7. Angelieri F, Franchi L, Cevitanes LHS et al. (2014) Long-term treatment effects of the FR-2 appliance: a prospective evaluation 7 years post-treatment. *Eur J Orthod* 36(2): 192–199. doi: 10.1093/ejo/cjt026
 8. Angle EH (1913) Die Okklusioanomalien der Zähne. Hermann Meusser, Berlin
 9. Antonini A, Marinelli A, Baroni G et al. (2005) Class II malocclusion with maxillary protrusion from the deciduous through the mixed dentition: a longitudinal study. *Angle Orthod* 75(6): 980–986. doi: 10.1043/0003-3219(2005)75[980:CIMWMP]2.0.CO;2
 10. Artun J, Garol JD, Little RM (1996) Long-term stability of mandibular incisors following successful treatment of Class II, Division 1, malocclusions. *Angle Orthod* 66(3): 229–238. doi: 10.1043/0003-3219(1996)066<0229:LTSOMI>2.3.CO;2
 11. Ata-Ali F, Plasencia E, Lanuza-Garcia A et al. (2019) Effectiveness of lingual versus labial fixed appliances in adults according to the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 155(6): 819–825. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.07.018
 12. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, JR et al. (1997) Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111(5): 502–509
-

13. BeGole EA, Sadowsky C (1999) Methodologies for evaluating long-term stability of dental relationships after orthodontic treatment. *Semin Orthod* 5(3): 142–150
14. Behrents RG (1985) The biological basis for understanding craniofacial growth during adulthood. *Prog Clin Biol Res* 187: 307–319
15. Bennett TG, Tulloch JFC, Vig KWL et al. (1975) Overjet Stability after Treatment of Class II Division 1 Malocclusions. *Br J Orthod* 2(4): 239–246. doi: 10.1179/bjo.2.4.239
16. Berg R (1991) Evaluation of orthodontic results--a discussion of some methodological aspects. *Angle Orthod* 61(4): 261–266. doi: 10.1043/0003-3219(1991)061<0261:EOORAD>2.0.CO;2
17. Bilbo EE, Marshall SD, Southard KA et al. (2018) Long-term skeletal effects of high-pull headgear followed by fixed appliances for the treatment of Class II malocclusions. *Angle Orthod* 88(5): 530–537. doi: 10.2319/091517-620.1
18. Birkeland K, Furevik J, Boe OE et al. (1997) Evaluation of treatment and post-treatment changes by the PAR Index. *Eur J Orthod* 19(3): 279–288
19. Bishara SE, Chadha JM, Potter RB (1973) Stability of intercanine width, overbite, and overjet correction. *Am J Orthod* 63(6): 588–595
20. Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B et al. (1997) Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: a longitudinal study. *Angle Orthod* 67(1): 55–66. doi: 10.1043/0003-3219(1997)067<0055:CIDSIU>2.3.CO;2
21. Bishara SE, Treder JE, Jakobsen JR (1994) Facial and dental changes in adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106(2): 175–186. doi: 10.1016/S0889-5406(94)70036-2
22. Bjering R, Sandvik L, Midtbø M et al. (2017) Stabilität der Ausformung im Frontzahnbereich 10 Jahre nach Beendigung der Retention (Stability of anterior tooth alignment 10 years out of retention). *J Orofac Orthop* 78(4): 275–283. doi: 10.1007/s00056-017-0084-2
23. Blake M, Bibby K (1998) Retention and stability: a review of the literature. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 114(3): 299–306
24. Bock N, Pancherz H (2006) Herbst treatment of Class II division 1 malocclusions in retrognathic and prognathic facial types. *Angle Orthod* 76(6): 930–941. doi: 10.2319/100605-352

25. Bock NC, Bremen J von, Ruf S (2010) Occlusal stability of adult Class II Division 1 treatment with the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138(2): 146–151. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.09.031
 26. Bock NC, Bremen J von, Ruf S (2016) Stability of Class II fixed functional appliance therapy--a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod* 38(2): 129–139. doi: 10.1093/ejo/cjv009
 27. Bock NC, Saffar M, Hudel H et al. (2017) Long-term (≥ 15 years) post-treatment changes and outcome quality after Class II:1 treatment in comparison to untreated Class I controls. *Eur J Orthod*. doi: 10.1093/ejo/cjx051
 28. Bock NC, Saffar M, Hudel H et al. (2017) Outcome quality and long-term (≥ 15 years) stability after Class II:2 Herbst-multibracket appliance treatment in comparison to untreated Class I controls. *Eur J Orthod*. doi: 10.1093/ejo/cjx091
 29. Bondemark L, Holm A-K, Hansen K et al. (2007) Long-term stability of orthodontic treatment and patient satisfaction. A systematic review. *Angle Orthod* 77(1): 181–191. doi: 10.2319/011006-16R.1
 30. Braga Santos SR, Martins de Araújo T, Vogel CJ et al. (2021) Auswertung der anteroposterioren und vertikalen Stabilität 25 Jahre nach Angle-Klasse-II/1-Behandlung mit zervikalem Headgear (Evaluation of anteroposterior and vertical stability 25 years after Angle class II division 1 treatment with cervical headgear). *J Orofac Orthop* 82(6): 382–390. doi: 10.1007/s00056-020-00277-9
 31. Buchanan IB, Russell JI, Clark JD (1996) Practical application of the PAR index: an illustrative comparison of the outcome of treatment using two fixed appliance techniques. *Br J Orthod* 23(4): 351–357
 32. Buchanan IB, Shaw WC, Richmond S et al. (1993) A comparison of the reliability and validity of the PAR Index and Summers' Occlusal Index. *The European Journal of Orthodontics* 15(1): 27–31. doi: 10.1093/ejo/15.1.27
 33. Chung C-H, Wong WW (2002) Craniofacial growth in untreated skeletal Class II subjects: a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(6): 619–626. doi: 10.1067/mod.2002.129195
 34. Ciger S, Aksu M, Germeç D (2005) Evaluation of posttreatment changes in Class II Division 1 patients after nonextraction orthodontic treatment: cephalometric and model analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127(2): 219–223. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.08.015
-

35. Dager MM, McNamara JA, Baccetti T et al. (2008) Aging in the craniofacial complex. *Angle Orthod* 78(3): 440–444. doi: 10.2319/031607-136.1
36. de Lima DV1, de Freitas KM, de Freitas MR et al. (2013) Stability of molar relationship after non-extraction Class II malocclusion treatment. *Dental Press J Orthod* 18(2): 42–54
37. DeGuzman L, Bahiraei D, Vig KW et al. (1995) The validation of the Peer Assessment Rating index for malocclusion severity and treatment difficulty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(2): 172–176
38. Drage KJ, Hunt NP (1990) Overjet relapse following functional appliance therapy. *Br J Orthod* 17(3): 205–213. doi: 10.1179/bjo.17.3.205
39. Driscoll-Gilliland J, Buschang PH, Behrents RG (2001) An evaluation of growth and stability in untreated and treated subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120(6): 588–597. doi: 10.1067/mod.2001.118778
40. Dyer KC, Vaden JL, Harris EF (2012) Relapse revisited--again. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 142(2): 221–227. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.03.030
41. Ehmer U (2000) Ätiologie und Pathogenese von Dysgnathiem. In: Diedrich P, Bauer W, Haunfelder D (eds) *Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik*, 4. Aufl. Urban & Fischer, München, pp 73–105
42. Elms TN, Buschang PH, Alexander RG (1996) Long-term stability of Class II, Division 1, nonextraction cervical face-bow therapy: I. Model analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 109(3): 271–276
43. Emrich RE, Brodie AG, Blayney JR (1965) Prevalence of Class 1, Class 2, and Class 3 malocclusions (Angle) in an urban population. An epidemiological study. *J Dent Res* 44(5): 947–953. doi: 10.1177/00220345650440053301
44. (2004) European guidelines on radiation protection in dental radiology. *Radiation Protection* 136
45. Fadiga MS, Diouf JS, Diop Ba K et al. (2014) The PAR index for evaluation of treatment outcomes in orthodontics: a clinical audit of 50 cases. *Int Orthod* 12(1): 84–99. doi: 10.1016/j.ortho.2013.12.013
46. Fellner U, Schlömer R (1996) Der PAR-Index - eine praktikable Methode der Qualitätssicherung. *Kieferorthopädie*(10): 193–200
47. Ferrazzini G (2008) Class II/2 malocclusion: early treatment with removable appliances and stability after 20 years. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 118(9): 814–819

48. Fidler BC, Artun J, Joondeph et al. (1995) Long-term stability of Angle Class II, division 1 malocclusions with successful occlusal results at end of active treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(3): 276–285
49. Firestone AR, Beck FM, Beglin FM et al. (2002) Evaluation of the peer assessment rating (PAR) index as an index of orthodontic treatment need. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(5): 463–469. doi: 10.1067/mod.2002.128465
50. Fisk GV, Culbert, Grainger RM et al. (1953) The morphology and physiology of distocclusion. *Am J Orthod.*(3-12)
51. Foncatti CF, Castanha Henriques JF, Janson G et al. (2017) Long-term stability of Class II treatment with the Jasper jumper appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 152(5): 663–671. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.03.029
52. Forsberg CM, Eliasson S, Westergren H (1991) Face height and tooth eruption in adults--a 20-year follow-up investigation. *Eur J Orthod* 13(4): 249–254. doi: 10.1093/ejo/13.4.249
53. Francisconi MF, Henriques JFC, Janson G et al. (2013) Stability of Class II treatment with the Bionator followed by fixed appliances. *J Appl Oral Sci* 21(6): 547–553. doi: 10.1590/1679-775720130002
54. Fröhlich FJ (1962) Changes in untreated Class II type malocclusions. *Angle Orthod.* 32(3): 167–179
55. Galvao MCS, Sato JR, Coelho EC (2012) Dahlberg formula - a novel approach for its evaluation. *Dental Press J Orthod* 2012 Jan-Feb(17(1)): 115–124
56. González-Gil-de-Bernabé P, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM et al. (2014) Evaluation of treatment outcomes in a 3 years post-graduate orthodontic program using the peer assessment rating (par). *J Clin Exp Dent* 6(4): e364-8. doi: 10.4317/jced.51512
57. Gottlieb EL (1975) Grading your orthodontic treatment results. *Journal of clinical orthodontics*(9 (3)): 155–161
58. Grabowski R, Kundt G, Stahl F (2007) Interrelation between occlusal findings and orofacial myofunctional status in primary and mixed dentition: Part III: Interrelation between malocclusions and orofacial dysfunctions. *J Orofac Orthop* 68(6): 462–476. doi: 10.1007/s00056-007-0717-y
59. Hamdan AM, Rock WP (1999) An appraisal of the Peer Assessment Rating (PAR) Index and a suggested new weighting system. *Eur J Orthod* 21(2): 181–192

60. Harradine NW, Pearson MH, Toth B (1998) The effect of extraction of third molars on late lower incisor crowding: a randomized controlled trial. *Br J Orthod* 25(2): 117–122. doi: 10.1093/ortho/25.2.117
61. Harris EF (1997) A longitudinal study of arch size and form in untreated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111(4): 419–427
62. Heikinheimo K, Nyström M, Heikinheimo T et al. (2012) Dental arch width, overbite, and overjet in a Finnish population with normal occlusion between the ages of 7 and 32 years. *Eur J Orthod* 34(4): 418–426. doi: 10.1093/ejo/cjr025
63. Hellekant M, Lagerström L, Gleerup A (1989) Overbite and overjet correction in a Class II, division 1 sample treated with Edgewise therapy. *The European Journal of Orthodontics* 11(2): 91–106. doi: 10.1093/oxfordjournals.ejo.a035984
64. Henrikson J, Persson M, Thilander B (2001) Long-term stability of dental arch form in normal occlusion from 13 to 31 years of age. *Eur J Orthod* 23(1): 51–61
65. Holman JK, Hans MG, Nelson S et al. (1998) An assessment of extraction versus nonextraction orthodontic treatment using the peer assessment rating (PAR) index. *Angle Orthod* 68(6): 527–534. doi: 10.1043/0003-3219(1998)068<0527:AAOEVN>2.3.CO;2
66. Janson G, Araki J, Camardella LT (2012) Posttreatment stability in Class II nonextraction and maxillary premolar extraction protocols. *Orthodontics (Chic)* 13(1): 12–21
67. Janson G, Araki J, Estelita S et al. (2014) Stability of class II subdivision malocclusion treatment with 3 and 4 premolar extractions. *Prog Orthod* 15: 67. doi: 10.1186/s40510-014-0067-4
68. Janson G, Caffer DdC, Henriques JFC et al. (2004) Stability of Class II, division 1 treatment with the headgear-activator combination followed by the edgewise appliance. *Angle Orthod* 74(5): 594–604. doi: 10.1043/0003-3219(2004)074<0594:SOCIDT>2.0.CO;2
69. Janson G, Camardella LT, Della Araki JV et al. (2010) Treatment stability in patients with Class II malocclusion treated with 2 maxillary premolar extractions or without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138(1): 16–22. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.08.033
70. Janson G, Leon-Salazar V, Leon-Salazar R et al. (2009) Long-term stability of Class II malocclusion treated with 2- and 4-premolar extraction protocols. *Am J Orthod*

- Dentofacial Orthop 136(2): 154.e1-10; discussion 154-5. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.01.020
71. Janson G, Nakamura A, Chiqueto K et al. (2007) Treatment stability with the eruption guidance appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop 131(6): 717–728. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.04.048
72. Janson G, Souza JEP de, Freitas MR de et al. (2004) Occlusal changes of Class II malocclusion treatment between Fränkel and the eruption guidance appliances. Angle Orthod 74(4): 521–525. doi: 10.1043/0003-3219(2004)074<0521:OCOCIM>2.0.CO;2
73. Jungbauer R, Koretsi V, Proff P et al. (2020) Twenty-year follow-up of functional treatment with a bionator appliance: A retrospective dental cast analysis. Angle Orthod 90(2): 209–215. doi: 10.2319/042419-292.1
74. Kahl-Nieke B (2005) Retention, Stabilität, Rezidiv. In: Diedrich P, Booy C, Haunfelder D et al. (eds) Kieferorthopädie III, Studienausg. der 4. Aufl. 2002. Urban & Schwarzenberg, München [u.a.], pp 209–239
75. Kahl-Nieke B (2010) Einführung in die Kieferorthopädie. Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie ; mit 10 Tabellen, 3., überarb. Aufl. Dt. Ärzte-Verl., Köln
76. Kerosuo H, Heikinheimo K, Nyström M et al. (2013) Outcome and long-term stability of an early orthodontic treatment strategy in public health care. Eur J Orthod 35(2): 183–189. doi: 10.1093/ejo/cjs087
77. Kim H-Y (2013) Statistical notes for clinical researchers: Evaluation of measurement error 2: Dahlberg's error, Bland-Altman method, and Kappa coefficient. Restor Dent Endod 38(3): 182–185. doi: 10.5395/rde.2013.38.3.182
78. Kirschneck C, Proff P (2018) 5 Stabilitätsfaktoren und Stabilitätsprognose. In: Ihlow D, Rudzki I (eds) Kieferorthopädische Retention. Kriterien, Regeln und Maßnahmen der Rezidivprophylaxe. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp 90–127
79. Koch R, Bartsch A (1994) Die Bewertung kieferorthopädischer Behandlungen. Fortschritte der Kieferorthopädie 55(5): 251–260. doi: 10.1007/BF02173756
80. Lagerström L, Fornell A-C, Stenvik A (2011) Outcome of a scheme for specialist orthodontic care, a follow-up study in 31-year-olds. Swed Dent J 35(1): 41–47
81. Lanteri V, Farronato G, Lanteri C et al. (2018) The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index. Quintessence Int 49(7): 581–587. doi: 10.3290/j.qi.a40511
-

82. Lerstøl M, Torget O, Vandevska-Radunovic V (2010) Long-term stability of dentoalveolar and skeletal changes after activator-headgear treatment. *Eur J Orthod* 32(1): 28–35. doi: 10.1093/ejo/cjp042
 83. Linklater RA, Fox NA (2002) The long-term benefits of orthodontic treatment. *Br Dent J* 192(10): 583–587. doi: 10.1038/sj.bdj.4801433
 84. Lippold C, van den Bos L, Hohoff A et al. (2003) Interdisciplinary study of orthopedic and orthodontic findings in pre-school infants. *J Orofac Orthop* 64(5): 330–340
 85. Little RM (1990) Stability and relapse of dental arch alignment. *Br J Orthod* 17(3): 235–241
 86. Little RM, Riedel RA, Artun J (1988) An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 93(5): 423–428
 87. 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(4): 349–365
 88. Liu S, Oh H, Chambers DW et al. (2017) Validity of the American Board of Orthodontics Discrepancy Index and the Peer Assessment Rating Index for comprehensive evaluation of malocclusion severity. *Orthod Craniofac Res* 20(3): 140–145. doi: 10.1111/ocr.12195
 89. Luppapornlarp S, Johnston LE (1993) The effects of premolar-extraction: a long-term comparison of outcomes in "clear-cut" extraction and nonextraction Class II patients. *Angle Orthod* 63(4): 257–272. doi: 10.1043/0003-3219(1993)063<0257:TEOPAL>2.0.CO;2
 90. Lux CJ, Dücker B, Pritsch M et al. (2009) Occlusal status and prevalence of occlusal malocclusion traits among 9-year-old schoolchildren. *Eur J Orthod* 31(3): 294–299. doi: 10.1093/ejo/cjn116
 91. Massaro C, Miranda F, Janson G et al. (2018) Maturational changes of the normal occlusion: A 40-year follow-up. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 154(2): 188–200. doi: 10.1016/j.ajodo.2017.10.028
 92. McGuinness NJP, Burden DJ, Hunt OT et al. (2011) Long-term occlusal and soft-tissue profile outcomes after treatment of Class II Division 1 malocclusion with fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 139(3): 362–368. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.05.035
-

93. Miethke R-R (2000) Therapie der Klasse II/1. In: Diedrich P, Berg R, Haunfelder D (eds) Kieferorthopädie II. Therapie, 4. Aufl., vol 2. Urban & Fischer, München, pp 299–313
94. Myser SA, Campbell PM, Boley J et al. (2013) Long-term stability: postretention changes of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 144(3): 420–429. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.05.004
95. Nelson B, Hägg U, Hansen K et al. (2007) A long-term follow-up study of Class II malocclusion correction after treatment with Class II elastics or fixed functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132(4): 499–503. doi: 10.1016/j.ajodo.2005.10.027
96. Ngan PW, Byczek E, Scheick J (1997) Longitudinal evaluation of growth changes in Class II division 1 subjects. *Semin Orthod* 3(4): 222–231
97. Nötzel F, Schultz C (2009) Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis, 2., überarb. Aufl. Dt. Zahnärzte-Verl., Köln
98. O'Brien KD, Robbins R, Vig KW et al. (1995) The effectiveness of Class II, division 1 treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(3): 329–334
99. Oltramari PV, Conti AC, Navarro RL et al. (2007) Importance of occlusion aspects in the completion of orthodontic treatment. *Braz Dent J* 18(1): 78–82
100. Ormiston JP, Huang GJ, Little RM et al. (2005) Retrospective analysis of long-term stable and unstable orthodontic treatment outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 128(5): 568. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.07.047
101. Otuyemi OD, Jones SP (1995) Long-term evaluation of treated class II division 1 malocclusions utilizing the PAR index. *Br J Orthod* 22(2): 171–178
102. Pancherz H (1991) The nature of class II relapse after herbst appliance treatment: A cephalometric long-term investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 100(3): 220–233. doi: 10.1016/0889-5406(91)70059-6
103. Pancherz H, Anehus-Pancherz M (1993) The headgear effect of the Herbst appliance: a cephalometric long-term study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 103(6): 510–520. doi: 10.1016/0889-5406(93)70090-B
104. Pancherz H, Bjerklin K, Lindskog-Stokland B et al. (2014) Thirty-two-year follow-up study of Herbst therapy: a biometric dental cast analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 145(1): 15–27. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.09.012

105. Papageorgiou SN, Koretsi V, Jäger A (2017) Bias from historical control groups used in orthodontic research: a meta-epidemiological study. *Eur J Orthod* 39(1): 98–105. doi: 10.1093/ejo/cjw035
 106. Pecora NG, Baccetti T, McNamara JA, JR (2008) The aging craniofacial complex: a longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134(4): 496–505. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.11.022
 107. Ramanathan C (2006) PAR index in the evaluation of the stability of the orthodontic treatment results. A review. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 49(4): 203–207. doi: 10.14712/18059694.2017.133
 108. Richmond S, Shaw WC, O'Brien KD et al. (1992) The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. *Eur J Orthod* 14(2): 125–139
 109. Richmond S, Shaw WC, Roberts CT et al. (1992) The PAR Index (Peer Assessment Rating): methods to determine outcome of orthodontic treatment in terms of improvement and standards. *Eur J Orthod* 14(3): 180–187
 110. Richmond S, Turbill EA, Andrews M (1993) Calibration of non-dental and dental personnel in the use of the PAR Index. *Br J Orthod* 20(3): 231–234
 111. Riedel RA (1960) A review of the retention problem. *Angle Orthod* 30: 179–199. doi: 10.1043/0003-3219(1960)030<0179:AROTRP>2.0.CO;2
 112. Rothstein T, Phan XL (2001) Dental and facial skeletal characteristics and growth of females and males with Class II Division 1 malocclusion between the ages of 10 and 14 (revisited). Part II. Anteroposterior and vertical circumpubertal growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 120(5): 542–555. doi: 10.1067/mod.2001.118628
 113. Rudzki I (2018) 1 Kieferorthopädische Retention. In: Ihlow D, Rudzki I (eds) *Kieferorthopädische Retention. Kriterien, Regeln und Maßnahmen der Rezidivprophylaxe*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp 14–20
 114. Rudzki I, Fanghänel J, Kirschneck C (2018) 4 Retentionskriterien - Rezidivgefahren - Retentionsphase. In: Ihlow D, Rudzki I (eds) *Kieferorthopädische Retention. Kriterien, Regeln und Maßnahmen der Rezidivprophylaxe*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, pp 55–89
 115. Sadowsky C, Sakols EI (1982) Long-term assessment of orthodontic relapse. *Am J Orthod* 82(6): 456–463
-

116. Schopf P (2008) Curriculum Kieferorthopädie I. Schädel- und Gebissentwicklung, Prophylaxe, kieferorthopädische Diagnostik, herausnehmbare Behandlungsgeräte, 4., überarb. und erw. Aufl. Curriculum Kieferorthopädie / Peter Schopf, Bd. 1. Quintessenz-Verl., Berlin
117. Schopf P (2008) Curriculum Kieferorthopädie II. Werkstoffe, festsitzende Apparaturen, kieferorthopädische Therapie, interdisziplinäre Aspekte, Anhang: kieferorthopädische Abrechnung, 4., überarb. und erw. Aufl. Curriculum Kieferorthopädie / Peter Schopf, Bd. 2. Quintessenz-Verl., Berlin [u.a.]
118. Schudy GF (1974) Posttreatment craniofacial growth. Its implications in orthodontic treatment. Am J Orthod 65(1): 39–57. doi: 10.1016/0002-9416(74)90156-0
119. Schulze C (1982) Lehrbuch der Kieferorthopädie. Die normale und abnorme Entwicklung des Gebisses, die Umbauvorgänge im Parodontium und Kiefergelenksbereich, Morpho- bzw. Pathogenese und Ätiologie der Dysgnathien. Quintessenz-Bibliothek, / von Christian Schulze ; Bd. 3. Quintessenz-Verl., Berlin
120. Shaw WC, Richmond S, O'Brien KD et al. (1991) Quality control in orthodontics: indices of treatment need and treatment standards. Br Dent J 170(3): 107–112
121. Shaw WC, Richmond S, O'Brien KD (1995) The use of occlusal indices: a European perspective. Am J Orthod Dentofacial Orthop 107(1): 1–10
122. Simons ME, Joondeph DR (1973) Change in overbite: a ten-year postretention study. Am J Orthod 64(4): 349–367. doi: 10.1016/0002-9416(73)90243-1
123. Sinclair PM, Little RM (1985) Dentofacial maturation of untreated normals. Am J Orthod 88(2): 146–156
124. Stahl F, Baccetti T, Franchi L et al. (2008) Longitudinal growth changes in untreated subjects with Class II Division 1 malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop 134(1): 125–137. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.06.028
125. Steinnes J, Johnsen G, Kerosuo H (2017) Stability of orthodontic treatment outcome in relation to retention status: An 8-year follow-up. Am J Orthod Dentofacial Orthop 151(6): 1027–1033. doi: 10.1016/j.ajodo.2016.10.032
126. Tammoscheit U-G (op. 1996) Epidermiologie, Pathogenese und Ätiologie. In: Miethke R-R, Drescher D (eds) Kleines Lehrbuch der Angle-Klasse II,1 unter besonderer Berücksichtigung der Behandlung, vol 1. Quintessenz Verlag, Berlin, pp 19–34

127. Taner L, Uzuner FD, Çaylak Y et al. (2019) Peer Assessment Rating (PAR) Index as an Alternative for Orthodontic Treatment Need Decision in Relation to Angle Classification. *Turk J Orthod* 32(1): 1–5. doi: 10.5152/TurkJOrthod.2019.18048
 128. Templeton KM, Powell R, Moore MB et al. (2006) Are the Peer Assessment Rating Index and the Index of Treatment Complexity, Outcome, and Need suitable measures for orthognathic outcomes? *Eur J Orthod* 28(5): 462–466. doi: 10.1093/ejo/cji120
 129. Thilander B (2000) Biological basis for orthodontic relapse. *Semin Orthod* 6(3): 195–205. doi: 10.1053/sodo.2000.8085
 130. Thilander B (2000) Orthodontic relapse versus natural development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 117(5): 562–563. doi: 10.1016/S0889-5406(00)70200-9
 131. Tsiopas N, Nilner M, Bondemark L et al. (2013) A 40 years follow-up of dental arch dimensions and incisor irregularity in adults. *Eur J Orthod* 35(2): 230–235. doi: 10.1093/ejo/cjr121
 132. Uhde MD, Sadowsky C, BeGole EA (1983) Long-term stability of dental relationships after orthodontic treatment. *Angle Orthod* 53(3): 240–252. doi: 10.1043/0003-3219(1983)053<0240:LSODRA>2.0.CO;2
 133. Vaden JL, Harris EF, Gardner RL (1997) Relapse revisited. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111(5): 543–553
 134. West KS, McNamara JA, JR (1999) Changes in the craniofacial complex from adolescence to midadulthood: a cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 115(5): 521–532
 135. Wins SM, Antonarakis GS, Kiliaridis S (2015) Predictive factors of sagittal stability after treatment of Class II malocclusions: A systematic review. *Angle Orthod*. doi: 10.2319/052415-350.1
 136. Wood CM (1983) The Effect of Retention on the Relapse of Class II Division I Cases. *Br J Orthod* 10(4): 198–202. doi: 10.1179/bjo.10.4.198
 137. Yavari J, Shrout MK, Russell CM et al. (2000) Relapse in Angle Class II Division 1 Malocclusion treated by tandem mechanics without extraction of permanent teeth: A retrospective analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118(1): 34–42. doi: 10.1067/mod.2000.104409
 138. Zinad K, Schols AMWJ, Schols JGJH (2016) Another way of looking at treatment stability. *Angle Orthod* 86(5): 721–726. doi: 10.2319/101515-697.1
-

139. Zitouni M, Acar YB (2021) Treatment outcome and long-term stability of class II correction with forsus fatigue resistant device in non-growing patients. *Orthod Craniofac Res* 24(1): 130–136. doi: 10.1111/ocr.12416

IX. ANHANG

9.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABB. 1 KLINISCHE DARSTELLUNG DER ANGLE KLASSE II/1 GEBISSANOMALIE IN DER SAGITTALLEN EBENE	4
ABB. 2 SCHEMA ZUR DARSTELLUNG DER PATIENTENREKRUTIERUNG.....	23
ABB. 3 DARSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSZEITPUNKTE UND VISUALISIERUNG DES STUDIENDESIGNS	26
ABB. 4 VERWENDETER KIEFERORTHOPÄDISCHER MESSSCHIEBER, ZÜRICHER MODELL	26
ABB. 5 VERWENDETES PAR-LINEAL NACH RICHMOND.....	27
ABB. 6 DARSTELLUNG DER ZU UNTERSUCHENDEN EBENEN IM RAHMEN DER PAR- MODELLVERMESSUNG	28
ABB. 7 AUFSICHT EINES OBERKIEFERMODELLS ZUR DARSTELLUNG DER UNTERTEILUNG DES KIEFERS IN DREI SEGMENTE ZUR ERHEBUNG DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNG IN DEN SEITLICHEN UND FRONTALEN ABSCHNITTEN	29
ABB. 8 BOXPLOT ZUM STATISTISCHEN VERGLEICH MITTELS RMANOVA DER PAR-GESAMT- WERTE ZWISCHEN DEN DREI MESSZEITPUNKTEN T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2.....	37
ABB. 9 DARSTELLUNG PAR-GESAMTWERTE ZU T1, T2 UND T3 DER PATIENTEN MIT UND OHNE RETENTIONSGERÄT ZUM ZEITPUNKT T2.....	39
ABB. 10 DARSTELLUNG PAR ZU DEN DREI ZEITPUNKTEN IM VERGLEICH ZWISCHEN DEN PATIENTEN MIT UND OHNE RETENTIONSGERÄT ZU T3	40
ABB. 11 NOMOGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER PAR-DIFFERENZEN ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN T2 - T1 ALLER PATIENTENFÄLLE MIT ABGRENZUNG DER KATEGORIEN NACH RICHMOND UND DER 70 %-GERADE ZUR BEURTEILUNG DES THERAPIESTANDARDS	48
ABB. 12 NOMOGRAMM ZUR DARSTELLUNG DER PAR-DIFFERENZEN ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN T3 - T1 ALLER PATIENTENFÄLLE MIT ABGRENZUNG DER KATEGORIEN NACH RICHMOND UND DER 70 %-GERADE ZUR BEURTEILUNG DES THERAPIESTANDARDS	49

9.2 TABELLENVERZEICHNIS

TAB. 1 GESCHLECHTSSPEZIFISCHE DARSTELLUNG DER PATIENTEN DER UNTERSUCHUNGS-GRUPPE ZU DEN UNTERSUCHUNGSZEITPUNKTEN T1, T2, T3	23
TAB. 2 UNTERSUCHUNGSZEITRÄUME T1 - T2 UND T2 - T3 IN JAHREN MIT GESCHLECHTSSPEZIFISCHER UNTERTEILUNG	24
TAB. 3 HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER VORHANDENEN RETENTIONSGERÄTE ZU DEN ZEIT-PUNKTEN T2 UND T3	25
TAB. 4 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNG INNERHALB DER SEGMENTE.....	29
TAB. 5 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER SAGITTALEN, VERTIKALEN UND TRANSVERSALEN VERZAHNUNG IM SEITENZAHNBEREICH	30
TAB. 6 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER SAGITTALEN VERZAHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH	31
TAB. 7 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER VERTIKALEN VERZAHNUNG IM FRONTZAHNBEREICH	32
TAB. 8 PAR-EINTEILUNG UND BEWERTUNG DER INTERMAXILLÄREN MITTELLINIENABWEICHUNG..	32
TAB. 9 PAR-KOMPONENTEN UND DEREN MULTIPLIKATIONSFAKTOREN ZUR BESTIMMUNG DES GEWICHTETEN PAR	33
TAB. 10 ABHÄNGIGKEIT DER BEHANDLUNGS- UND LANGZEITERGEBNISSE T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2 VON DEN PAR-GESAMTWERTEN DER EINZELNEN MESSZEITPUNKTE T1, T2, T3 MITTELS SPEARMAN-KORRELATION.....	38
TAB. 11 PAR-GESAMTWERTE ZU T1, T2 UND T3 UND STATISTISCHER GESCHLECHTSSPEZIFISCHER VERGLEICH ZWISCHEN DEN MESSWERTEN T2 - T1, T3 - T1 UND T3 - T2.....	38
TAB. 12 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN AUSWERTUNG DER PAR-KOMPONENTEN INNERHALB DER UNTERSUCHUNGSZEITRÄUME T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2 MIT ANGABE DER P-WERTE	41
TAB. 13 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE DES OVERJETS, DES OVERBITES UND DER KONTAKTPUNKTABWEICHUNGEN IM UNTERKIEFERFRONTZAHNBEREICH MITTELS DER SPEARMAN-KORRELATION ZUR ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DER VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN T2 - T1 ZU T3 - T2 UND DES ZUSAMMENHANGS DER AUSGANGSWERTE ZU T1 ZU DEN RESULTATEN ZU T3	42

TAB. 14 ERGEBNISSE UND STATISTISCHE AUSWERTUNG DER SEPARATEN MESSUNGEN DES OVERJETS UND DER MOLARENBISSLAGE ZU DEN DREI MESSZEITPUNKTEN T1, T2, T3 UND DEREN MITTLERE DIFFERENZ IN DEN UNTERSUCHUNGSZEITRÄUMEN T2 - T1, T3 - T1, T3 - T2.....	43
TAB. 15 ERGEBNISSE DER STATISTISCHEN ANALYSE MITTELS DER SPEARMAN-KORRELATION ZUR ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES DER AUSGANGSWERTE (T1) VON OVERJET UND MOLARENOKKLUSION AUF DIE VERÄNDERUNGEN ZWISCHEN T2 - T1 UND T3 - T2	44
TAB. 16 DESKRIPTIVE STATISTIK ZUR EINGRUPPIERUNG NACH DEM BEHANDLUNGSERGEBNIS DER MOLARENRELATION UND DES OVERJETS ZU T2 MIT DEN DAZUGEHÖRIGEN PAR- GESAMTWERTEN ZU T3	45
TAB. 17 KREUZTABELLE ZUR EINTEILUNG DER PATIENTENFÄLLE IN DREI KATEGORIEN NACH RICHMOND ZUM VERGLEICH DER VERÄNDERUNGEN DER KATEGORISIERUNG ZWISCHEN DEN MESSZEITPUNKTEN ZUM THERAPIEENDE (T2) UND ZUR NACHUNTERSUCHUNG (T3)	46

9.3 BEFUNDBOGEN ZUR DATENSAMMLUNG

Befund**Prob.-Code:****Prob.-Nr.:****Datum:**

Schleimhäute, Zunge, Lippen:

Zahnschema:

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8

Wann war die letzte zahnärztliche Untersuchung?

Wurden nach der kieferorthopädischen Behandlung weitere größere zahnärztliche Therapien durchgeführt? Wenn ja, was und in welchem Zeitraum?

Alter der Einzelzahnprothetik:

Wurden zusätzliche kieferorthopädische Maßnahmen durchgeführt? Wann? In welcher Praxis/Klinik?

Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der kieferorthopädischen Behandlung? (in Schulnoten angeben)

Nach Abschluss der Behandlung:

Heute:

Würden Sie sich ein zweites Mal für diese Behandlung entscheiden?

Bewertungsbogen

Datum:

Prob.-Nr.:

T1 _ Datum:

Parameter												ungew. PAR	Gew. PAR
Oberkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Unterkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Okklusion im Seitenzahn- bereich	Sagittal	rechts				Links							X1
	Transversal	rechts				Links							X1
	vertikal	rechts				links							X1
Overjet	Positiv				negativ								X6
Overbite	Positiv				negativ								X2
Intermax. Mittellinie													X4
	Gesamtwert												

Overjet in mm:

Okklusion an 16 in PB:

Okklusion an 26 in PB:

T2_Datum:

Parameter												ungew. PAR	Gew. PAR
Oberkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Unterkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Okklusion im Seitenzahn- bereich	Sagittal	rechts				Links							X1
	Transversal	rechts				Links							X1
	vertikal	rechts				links							X1
Overjet	Positiv				negativ								X6
Overbite	Positiv				negativ								X2
Intermax. Mittellinie													X4
	Gesamtwert												

Overjet in mm:

Okklusion an 16 in PB:

Okklusion an 26 in PB:

T3_Datum:

Parameter												ungew. PAR	Gew. PAR
Oberkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Unterkiefer Kontaktpunkt- abweichung	Anteriores Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X1
	Posteriore Segment	3-2		2-1		1-1		1-2		2-3			X0
Okklusion im Seitenzahn- bereich	Sagittal	rechts				Links							X1
	Transversal	rechts				Links							X1
	vertikal	rechts				links							X1
Overjet	Positiv				negativ								X6
Overbite	Positiv				negativ								X2
Intermax. Mittellinie													X4
	Gesamtwert												

Overjet in mm:

Okklusion an 16 in PB:

Okklusion an 26 in PB:

Retentionszeitraum:

Retentionsgeräte:

9.4 EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Rostock

(Abgabedatum)

(Vollständige Unterschrift)

9.5 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich allen Personen und Institutionen meinen Dank aussprechen, die mir ermöglicht haben, diese Arbeit hervorzubringen.

Mein erster Dank geht an meine Doktormutter Frau Prof. Dr. med. dent. Franka Stahl für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit der Umsetzung dieser Studie, ihre Unterstützung und ihr Vertrauen während der langjährigen Zusammenarbeit.

Des Weiteren möchte ich Frau Dr. Kathrin Duske danken, die jederzeit für wissenschaftliche Fragen bereit stand, geduldig sich die Zeit genommen hat, meine verschiedenen schriftlichen Versionen dieser Arbeit durchzuschauen und daraus letztlich die Fassung entstehen konnte, die nun zur Veröffentlichung bereit liegt.

Ein weiterer Dank geht an das Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock. Die dortigen Mitarbeiterinnen haben mich in der statistischen Auswertung beraten und mich in die Biostatistik eingeführt.

Ein großer Dank geht an die Fachzahnarztpraxen Dr. Wurschi, Dr. Wege, Dr. Geber, Dr. Fischer, Dr. Neubert und Dr. Hartung. Diese Praxen haben mir den Zugang zu ihren Patientenarchiven gewährt und mich in der Probandenakquisition und Datensammlung deutlich weitergebracht. Dafür bin ich sehr dankbar.

Im Besonderen möchte ich meiner Mutter als Arbeitgeberin und Kollegin danken. Sie stellte ihre Praxisräume und Material zur Verfügung, damit die Probandenuntersuchungen und die Abdrucknahmen der Patienten aus Thüringen vor Ort stattfinden konnten.

Der Mecklenburg-Vorpommerschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitäten Greifswald und Rostock e. V. möchte ich für die finanzielle Unterstützung der Studie danken. Durch die großzügige Gabe von Drittmitteln wurde es überhaupt erst ermöglicht, den ehemaligen Patienten einen Anreiz zur Studienteilnahme zu geben. Außerdem wurde die Kongressteilnahme bei der 92. Jahrestagung der DGKFO finanziell durch die Gesellschaft unterstützt.

Zuletzt möchte ich meiner Familie und meinen Freunden einen herzlichen Dank aussprechen. Meinem Vater und Sophia gebührt ein großer Dank für die Unterstützung bei der Formatierung und Durchsicht der schriftlichen Arbeit. Meinen Freundinnen und meiner Schwester danke ich für ihre emotionale Unterstützung über die vielen Jahre hinweg.

9.6 LEBENSLAUF

Name	Lisa-Sophie Fuchs
Geburtsdatum, -ort	20.02.1993; Jena
Email-Adresse	lisa-sophie.fuchs@posteo.de
Staatsangehörigkeit	deutsch

BILDUNGSWEG

11/2017	Approbation als Zahnärztin
10/2012 - 10/2017	Studium der Zahnmedizin, Universitätsmedizin Rostock
07/2009 - 07/2010	Auslandsschuljahr, 11. Klasse, Te Aroha College, Te Aroha, Neuseeland
08/1999 - 07/2012	Jenaplan-Schule Jena; Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

BERUFLICHE TÄTIGKEIT

Seit 02/2021	Weiterbildungsassistentin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Kliniken und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde „Hans Morl“ der Universitätsmedizin Rostock
03/2018 – 02/2021	Vorbereitungsassistentin in der Zahnarztpraxis Dr. Gabriele Fuchs in Jena

WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT

11/2017 – 02/2018	Promotionsstudium zum Thema: <i>Untersuchung der Langzeitstabilität kieferorthopädischer Behandlungen von Patienten mit Angle Klasse II/1 Gebissanomalie</i> an der Poliklinik für Kieferorthopädie, Universitätsmedizin Rostock
-------------------	--

KONFERENZEN UND PUBLIKATIONEN

06/2022	Poster zur Promotionsstudie auf der 97. Jahrestagung der EOS in Limassol, Zypern
10/2019	Vortrag zur Promotionsstudie auf dem Hauptkongress der 92. Jahrestagung der DGKFO in Nürnberg, Deutschland
