

**Platzanalyse im Bereich der Zuwachszahnung (accessional
dentition)
im oberen und unteren Zahnbogen
als Planungsinstrument für die Molarendistalisation
Eine kephalometrische Studie**

Ariane Johanna Salzmann

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen Universität München zur Erlangung einer Doktorin der Zahnheilkunde (Dr. med. dent.) genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Herbert Deppe

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr. Dr. Andreas Kolk
2. apl. Prof. Dr. Per Sonne Holm

Die Dissertation wurde am 05.08.2024 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am 06.02.2025 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht zur Distalisation von Seitenzähnen	7
2.1 Erste und zweite Dentition	7
2.2 Zuwachszahnung	8
2.3 Zuwachszahnung und apikale Basis	10
2.4 Kieferorthopädische Verankerung	12
2.5 Qualität der Verankerung	12
2.6 Verlust der Verankerung	13
2.7 KFO-Apparaturen zur Verankerung	13
2.7.1 Zahngetragene Verankerung uni-maxillär eingesetzt	13
2.7.2 Zahngetragene Verankerung intermaxillär fest eingesetzt	14
2.7.3 Skelettale Verankerung	15
3 Fragestellung	17
4 Material und Methode	21
4.1 Material: kieferorthopädisch unbehandelte Patienten mit Behandlungsbedarf	21
4.1.1 Patientensample - Auswahlkriterien	21
4.2 Methode kephalometrische Studie am Fernröntgenseitenbild (FRS)	22
4.2.1 Technische Daten zur Erstellung des Fernröntgenseitenbild (FRS) . .	22
4.2.2 Ausgewählte technische Analysen am Fernröntgenseitenbild (FRS) .	23
4.2.3 Statistisches Vorgehen mit Methodenfehler	32

5	Ergebnisse	35
5.1	Welche sagittale Größe steht im Bereich der Zuwachszahnung zur Verfügung?	36
5.1.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	36
5.1.2	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach mesial in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	37
5.2	Welche Neigung weist der 6-Jahres-Molar (6-J-M) in Relation zur jeweiligen Kieferbasislinie auf (anguläre Messungen)?	38
5.3	Welche Differenzen liegen zwischen den linearen und angulären Messungen vor?	38
5.3.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	38
5.3.2	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach mesial in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	39
5.3.3	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	40
5.4	Welche Korrelationen können zwischen linearen und angulären Messungen erkannt werden? Differenzierung nach:	41
5.4.1	Dem Geschlecht	41
5.4.1.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal und nach mesial	41
5.4.1.2	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	43
5.4.2	Dem chronologischen Alter	43
5.4.2.1	Bezug auf das gesamte Patientenkollektiv	43
5.4.2.2	Altersgruppe	45
5.4.3	Bezüglich der Zeitspanne zwischen Zeitpunkt T1 (T1) und Zeitpunkt T2 (T2)	49
5.4.3.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal und nach mesial	49

5.4.3.2	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	50
5.4.4	Dem kieferorthopädischem Gesichtstyp (retrognath, orthognath, prognath)	51
5.4.4.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal und nach mesial	51
5.4.4.2	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	56
5.4.4.3	Vergleich zweier Gesichtstypen	56
5.5	Lineare Regressionen	57
5.5.1	Die Differenzen als abhängige Variablen	57
5.5.1.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal	57
5.5.1.2	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach mesial	59
5.5.1.3	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	59
5.5.2	Die Messungen zu Zeitpunkt T2 (T2) als abhängig und die Messungen zu Zeitpunkt T1 (T1) als unabhängige Variablen:	59
5.5.2.1	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach distal	60
5.5.2.2	Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-Jahres-Molar (6-J-M) nach mesial	61
5.5.2.3	Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren Zahnreihe (ZR)	61
6	Diskussion	63
6.1	Material- und Methodenkritik	63

6.2	Diskussion der Ergebnisse	64
6.2.1	Die Anfangsbefunde Zeitpunkt T1 (T1)	64
6.2.2	Die Endbefunde Zeitpunkt T2 (T2)	71
6.2.3	Vergleich der Differenzen der Strecken und Winkel in der oberen und unteren ZR	75
6.2.4	Interpretation der linearen Regressionsmodelle	85
7	Schlussfolgerung	89
8	Zusammenfassung	91
9	Veröffentlichung	99
10	Abbildungsverzeichnis	101
11	Tabellenverzeichnis	103
12	Literaturverzeichnis	107
13	Anhang	115
13.1	Statistische Auswertung	115
13.1.1	Weitere Tabellen zum Geschlecht	117
13.1.2	Weitere Tabellen zum chronologischen Alter	118
13.1.3	Weitere Tabellen zur Altersgruppe	118
13.1.4	Weitere Tabellen zur Zeitspanne zwischen Zeitpunkt T1 (T1) und Zeitpunkt T2 (T2)	119
13.1.5	Weitere Tabellen zum Gesichtstyp	120
13.1.6	Weitere Tabellen zu linearen Regressionen	121
13.1.7	Tabelle zum Vergleich zweier Gesichtstypen	129
13.1.8	Tabelle Literaturübersicht	130
13.2	Abkürzungen und Acronyme	132
14	Danksagung	135
15	Lebenslauf	137

1 Einleitung

Die Definition des Fachgebietes Kieferorthopädie, Teilgebiet der Zahnmedizin, die wiederum ein Teilgebiet der Medizin ist, bezieht sich auf das Erkennen (Diagnose), Verhüten (Prävention) und Behandeln (Prophylaxe/Therapie) von Zahn- und Gebissfehlstellungen (Schmuth, 1994; Schopf, 1991). Nach Erreichen eines Behandlungsergebnisses, das nach Andresen „kaufunktionell und ästhetisch als individuelles Optimum im Kauorgan“ eingestuft werden kann, verbunden mit einem „physischen und psychischen Wohlbefinden für den Patienten“ wird die kieferorthopädische Trias mit dem Bewahren (Retention) eines individuell als richtig einzustufenden Kieferorthopädie (KFO)-Befundes ergänzt (Andresen, 1932a; Andresen, 1932b; Ihlow & Rudzki, 2017; WHO, 1948).

Das Hauptaugenmerk der Kieferorthopädie ist international auf eine umfassende personalisierte Diagnose und Prognose ausgerichtet, ausführlich vorgelegt im Positionspapier der Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) von 2022 nach den Ergebnissen der Sechsten Deutschen Mundgesundheitsstudie erstellt (Jordan et al., n. d.). Die diagnostische Basis jeder KFO-Behandlungsplanung und KFO-Behandlungsdurchführung beinhaltet ebenfalls die immer erforderliche differenzial-diagnostische Abklärung eines KFO-Befundes. Dazu werden umfassende allgemeine und spezielle Anamnesen, klinisches Screening und technische Analysen von KFO-Befundunterlagen (Fotos, Röntgenbefunde, Modell/Scans) benötigt. Jede Differenzialdiagnose steht morphologisch in direkter Abhängigkeit zum skelettalen Wachstum, das von der Geburt bis zum pubertären Wachstumsende, und weiter eingeschlossen das Restwachstum in der sogenannten Adoleszenz, gravierende Unterschiede aufweist (Bjork, 1969; Björk, 1947, 1972; Enlow & Hans, 1996).

Die erwähnten Unterschiede betreffen physiologisch ablaufende morphologische Veränderungen im Viscerocranium, intraindividuell ebenso wie interindividuell. Nach der jährlichen Zuwachsrate des Körperwachstums hat Björk in seiner Wachstumskurve vier Zeitfenster differenziert, in denen „viel Wachstum“ (Kleinkind), „wenig Wachstum“ (Kind), „viel Wachstum“ (Jugendlicher), „kein Wachstum“ (Erwachsener) in Relation zur Gesichts- und Gebissentwicklung gesetzt werden kann (Bjork, 1969). Das von Ihlow und Rudzki ergänzte fünfte Zeitfenster ist der Gebissalterung zuzuordnen, vom Erwachsenenalter bis zum Senior (Ihlow & Rudzki, 2017). Für diesen „Aging-Bereich“ haben Thilander et al. bis zum 31. Lebensjahr, Bondevik et al. bis zum 43. Lebensjahr, morphologische Veränderungen, transversal, vertikal, sagittal, im Viscerocranium und Kauorgan aufgezeigt, die fortlaufend, aktuell bis zum 64. Lebensjahr, die kieferorthopädische Prognose nachhaltig beeinflussen (Bondevik, 2015; Ihlow & Rudzki, 2017; Thilander, 2009).

Das mit „morphologischem physiologischen Wandel“ ausgerüstete fünfte Zeitfenster der Wachstumskurve, wird vom Typ und Charakter des ererbten skelettalen Potentials für Maxilla und Mandibula, sei es eugnath oder dysgnath, beherrscht. Die pubertär abgelaufene Wachstumsrichtung der mandibulären Skelettstrukturen, bezogen auf Rotation und Translation, bleiben maßgebend für die altersbedingt zu erwartenden Veränderungen im Gebiss (Ihlow & Rudzki, 2017).

Die seit Jahrzehnten ansteigende Lebenserwartung, ebenso wie der zunehmende Zahnerhalt durch Kariesreduzierung, führen konsequent mehr erwachsene Patienten zur kieferorthopädischen Beratung und Behandlung. Für ererbte Dysgnathien stehen nicht selten kieferorthopädisch-chirurgisch Versorgungen an, darüber hinaus steigen interdisziplinär ausgerichtete Kooperationen mit der Zahnerhaltung und Parodontologie ebenso mit der zahnärztlichen Prothetik und Implantologie stark an.

Alle therapeutisch geplanten morphologischen Veränderungen stehen immer unter dem direkten Einfluss der das Zahnsystem umgebenden Muskulatur (Ascher, 1968). Der dentoalveoläre Bereich des Kauorgans, oberer und unterer Zahnbogen, sind davon direkt betroffen und reagieren lebenslang auf die muskuläre Dynamik. Das Gleiche gilt für das Kiefergelenk, dessen Lage in seiner Fossa für die Interkuspitation, Okklusion der Zahnreihen, mit verantwortlich ist. Davon sind sowohl die erste (Milchgebiss) als auch die zweite (perma-

ntes Gebiss) Dentition im Kauorgan betroffen. Der Wechsel der Dentitionen steht nicht im direkten Einklang mit dem Rhythmus des skelettalen Wachstums, Maxilla zu Mandibula, vor allem nicht während der pubertären Hauptwachstumszeit. Diese unterschiedliche Programmierung erschwert die KFO-Behandlungsplanung in diesem Zeitfenster, sowohl innerhalb der Zahnreihen als auch bezüglich der Okklusion.

Andererseits ist der Ablauf der dento-alveolären Entwicklung innerhalb der Zahnbögen von der Natur erstaunlich gut aufeinander abgestimmt und auf die Einstellung einer regelrechten intermaxillären Koordination der Zahnbögen vorprogrammiert (R. P. Hotz, 1974). Dies zeigen alle transversalen, vertikalen und sagittalen dento-alveolären Veränderungen:

Transversale Veränderungen im unteren Zahnbogen:

Hier steht eine ausgeprägte physiologische Breitenentwicklung in beiden Dentitionen immer dann an, wenn sich die Inzisivi im Durchbruch befinden (R. P. Hotz, 1970). Eine natürliche Verbreiterung des Zahnbogens mündet in einer Lückenbildung im Milchgebiss ca. ab dem vierten Lebensjahr, um so den Durchbruch der permanenten Inzisivi vorzubereiten (R. P. Hotz, 1970). Zur Aufnahme der breiteren permanenten Inzisivi folgt dann während deren Durchbruch die umfangreichste Vergrößerung im unteren Zahnbogen. Sie endet, wenn sich der untere Eckzahn im Durchbruch befindet, ca. ab dem 10. Lebensjahr und beginnt dann langsam, aber stetig, mit einer Verkleinerung (R. P. Hotz, 1970). Damit ist der erste morphologische Grenzbereich für KFO Zahnbewegungen definiert, die untere intercanine Distanz: ICD.

Transversale Veränderungen im oberen Zahnbogen:

Eine physiologische Breitenentwicklung in beiden Dentitionen steht ebenfalls an, um für die breiteren, bleibenden Inzisivi Platz zu schaffen. Wieder kommt es zur Lückenbildung im Milchgebiss als Vorbereitung für den Durchbruch der permanenten Inzisivi. Die Aufnahme der breiteren permanenten Inzisivi benötigt später eine weitere Vergrößerung, die physiologisch bis zum 15. Lebensjahr erfolgt, dann aber auch wieder langsam teilweise verloren geht (R. P. Hotz, 1970; Moorrees, 1959).

Vertikale Veränderungen:

Durch den Zahndurchbruch am Zahnbogenende wird eine vertikale Veränderung im Gebiss

bewirkt, eine Bisserrhöhung. Dies gilt zuerst für den zweiten Milchmolaren, der als letzter Zahn der ersten Dentition ca. im 14.-18. Lebensmonat erscheint und zur ersten Bisshebung führt (R. Hotz, 1976). Innerhalb der zweiten Dentition bewirken der erste und zweite Molar, die sogenannten Zuwachszähne, weil ohne Vorgänger, eine zweite und dritte Bisshebung, ca. im 6. und 12. Lebensjahr (R. Hotz, 1976). Für diese Durchbruchzeit liegt eine große Streuung vor. Der dritte Zuwachszahn, der „8er“ oder Weisheitszahn, bewirkt keine Bisshebung. Er ist häufig nicht angelegt und variiert in höchstem Maße bezüglich seiner Durchbruchzeit (Nötzel & Schultz, 2009).

Sagittale Veränderungen:

In der unteren wie oberen Zahnreihe folgt die physiologische Längenentwicklung der Zahnbögen in beiden Dentitionen dem Prinzip der transversalen Entwicklung: zuerst Vergrößerung während des Zahndurchbruchs, dann Verkleinerung. Dies betrifft allerdings nur die anteriore Länge des Zahnbogens, wobei für die Messung vom Kontaktpunkt der mittleren Inzisivi ein Lot auf die Verbindungslinie distal der Eckzähne gefällt wird (R. Hotz, 1976; Sillman, 1964). Ein wesentlicher Unterschied betrifft den Bereich der sog. Stützzone, die in ihrem sagittalen Ausmaß im naturgesunden Gebiss (ohne frühzeitigen Zahnverlust) gleichbleibt. Die Stützzone beinhaltet den Eckzahn mit ersten und zweiten Milchmolar in der ersten Dentition und stellt ausreichend Platz für den Eckzahn mit ersten und zweiten Prämolaren zur Verfügung (Moyers, 1973).

Damit ist der zweite morphologische Grenzbereich für KFO- Zahnbewegungen definiert, die labio-linguale Stellung der unteren Inzisivi. Ihre Position steht in direkter Abhängigkeit von der individuellen Gesamtmorphologie des Gesichtes und dem Tonus der angrenzenden Muskulatur - dem Musculus mentalis (Segner & Hasund, 2003).

Die Gesamtlänge des Lotes, vom Kontaktpunkt der Inzisivi ausgehend zur Verbindungslinie distal der zweiten Milchmolaren bzw. des ersten Molaren, zeigt wieder eine Vergrößerung bis zum ca. 13. Lebensjahr, dann wieder eine Verkleinerung (Moorrees, 1959). In der oberen Zahnreihe sind die anterioren Vergrößerungen stets ausgeprägter als in der unteren Zahnreihe. Umgekehrt verhält es sich bei der anschließenden Verkleinerung, hier dominiert die untere Zahnreihe (Moorrees, 1959). Dies wird von Schwarze auf den Mesialdrift der Molaren zurückgeführt; auch initiiert durch eine interdendale Abrasion (R. Hotz, 1976; Schwarze, 1972).

Insbesondere die physiologisch gesteuerte Verkleinerung der sagittalen Zahnbogenlängen,

beginnend bereits im vorpubertären Zeitraum, teilweise erst zu Beginn der Pubertät, bedeutet eine große Herausforderung für die KFO-Behandlungsplanung und -durchführung. Dies betrifft vor allem kieferorthopädische Behandlungsaufgaben, bei denen ein Platzbedarf in den Zahnbögen dominiert, der häufig bei Engstandsbefunden therapeutisch benötigt wird.

Nach der Platzbilanz von Steiner, aktualisiert durch Hasund, stehen dabei innerhalb der Zahnbögen als Platzquellen zur Verfügung (Segner & Hasund, 1991; Steiner, 1953):

- **Protrusion der Inzisivi:**
Hier limitiert die anterior individuell zu berechnende Grenzlinie jeden Platzgewinn.
- **Lateral-Expansion im Eckzahnbereich:**
Hier führt im unteren Zahnbogen jede Erweiterung nach dem 10. Lebensjahr zwangsläufig zu einem Rezidiv, das nie mit geklebten Retainern verhindert werden darf, ansonsten sind, infolge der Falschbehandlung, Rezessionen und Kompressionen im Kiefergelenk vorprogrammiert (Ihlow & Rudzki, 2017).
- **Distalisation und Derotation der Seitenzähne:**
Hier können die Seitenzähne, beginnend beim 6-Jahres-Molar (6-J-M), in beiden Zahnreihen über zahn- oder skelettal getragene KFO-Verankerungen stationär gehalten werden (maximale Verankerung), oder der zweite und erste Molar nach distal geführt werden. Damit kann ein erforderlicher Platz im Frontbereich gewonnen werden; das gilt auch für Derotationen von Seitenzähnen, die einen Platzgewinn bringen. In der oberen Zahnreihe steht auch ein mittiger Platzgewinn durch die skelettale Erweiterung im Bereich der Gaumennaht zur Verfügung (Kahl-Nieke, 2001).
- **Aufrichtung von nach mesial gekippten Zähnen:**
Hier steht der Platzgewinn in Abhängigkeit zum verloren gegangenen Platz in der Stützone.
- **Interdentale Verkleinerung der Zähne durch proximale Schmelzreduktion:**

Nach der Bolton-Analyse lässt sich für den Frontbereich (von Eckzahn zu Eckzahn) und über den gesamten Zahnbogen (vom rechten ersten Molaren zum linken) die Größe der Platzquelle für die Platzbilanz berechnen (Bolton, 1958).

- Zahnextraktionen:

Die größte Platzquelle steht mit der Entfernung von Zähnen zur Verfügung, wenn ein Ex-Kasus differenzialdiagnostisch nachzuweisen ist.

Mit der Distalisation von Seitenzähnen steht ein non-invasiver Platzgewinn in den Zahnbögen zur Verfügung, die am besten die anterioren Grenzbereiche, transversal und sagittal, absichert und ist sowohl als Rezidivprophylaxe als auch als Aging-Vorsorge einzustufen (Ihlow & Rudzki, 2017).

Deshalb wäre es zweckmäßig, die Größe/Länge des Zahnbogenbereiches distal der Sechsjahrmolaren, den Bereich der Zuwachszahnung, „accessional dentition“, der schon von Baume in den diagnostisch-therapeutischen Fokus gesetzt wurde, zu erfassen, um sie prognostisch in die Platzanalyse korrekt einbringen zu können (Baume, 1950a).

2 Literaturübersicht zur Distalisation von Seitenzähnen

2.1 Erste und zweite Dentition

Die lückenlose Kenntnis über die zwei von der Natur dem Kauorgan zur Verfügung gestellten Dentitionen ist für die kieferorthopädische Diagnostik, Differenzialdiagnostik sowie Ableitung der individuell richtigen Behandlungsaufgaben unerlässlich (Nötzel & Schultz, 2009). Dies gilt auch für die Beurteilung von laufenden kieferorthopädischen Behandlungen und die Kontrolle des Behandlungsendes.

Die Natur hat für das Kauorgan zwei Dentitionen vorgesehen, die erste Dentition mit 20 Milchzähnen, die zweite Dentition mit 32 bleibenden Zähnen. Damit wird das Zahnalter eines Kauorganes differenziert, das zeitlich nicht konform ist, weder zum chronologischen Alter noch zum skelettalen Alter des Patienten.

Der Übergang zwischen der ersten und zweiten Dentition, das Wechselgebiss, ist nahezu unzähligen Variationen ausgesetzt. Chronologische Altersangaben dazu sind immer als Mittelwerte anzusehen und nicht zwingend real für den individuellen Patienten (Nötzel & Schultz, 2009). Im Seitenzahnbereich wechseln die Zähne im unteren zum oberen Zahnbogen in unterschiedlicher Reihenfolge. Die Eckzähne wechseln im unteren Zahnbogen als erste Seitenzähne, im oberen Zahnbogen als letzte (Nötzel & Schultz, 2009). Eine Persistenz des Milcheckzahnes gilt auch als Primärsymptom für eine Verlagerung des bleibenden Eckzahnes.

Wichtig ist auch der Hinweis, dass zunehmend Früh- oder Spätzahner auffallen. Dies be-

deutet, dass innerhalb der sogenannten Zuwachszahnung der 6-J-M, als erster Molar im Seitenzahnbereich nicht unbedingt im 6. Lebensjahr eruptiert. Das gleiche gilt für den zweiten Molaren im Bereich der Zuwachszahnung, den 12-Jahr-Molar. Die individuelle Variation ist groß (Janson, 1971; van der Linden, 2005).

2.2 Zuwachszahnung

Als Zuwachszahnung (accessional dentition) wird der posteriore Bereich in beiden Zahnbögen definiert, in den die drei Molaren, die keine Vorgänger im Gebiss aufweisen, durchbrechen (Baume, 1950a, 1950b; Harzer, 1999; Klink-Heckmann & Bredy, 1980). Im Oberkiefer (OK) liegen sie im Tuber maxillae, im Unterkiefer (UK) über dem Canalis mandibularis im Ramus ascendens (R. Hotz, 1976).

Als Basis für eine regelrechte zweite Dentition verweist Baume auf die notwendige Lückenbildung innerhalb der ersten Dentition, ca. ab dem 4. Lebensjahr im gesamten Frontzahnbereich. Dabei spielt die sogenannte Postlactealebene (= distale Fläche der zweiten Milchmolaren in Okklusion) eine entscheidende Rolle (Baume, 1950b).

Baume postuliert 1950 drei Varianten, die bei einer regelrecht ablaufenden zweiten Dentition eine korrekte, regelrechte Einstellung der ersten Molaren zueinander ermöglichen, interokklusal als Angle Klasse I-Okklusion bezeichnet:

Variante 1:

Die Klasse-I-Okklusion wird erreicht, wenn durch Führung der durchbrechenden ersten Molaren entlang der Postlactealebene, die distale Fläche des unteren zweiten Milchmolaren mesial zu der des oberen Molaren liegt. Die primär gerade Postlactealebene muss sich zu einer mesialen Stufe umbilden.

Variante 2:

Bei noch persistierender gerader Postlactealebene ist die Angle Klasse I – Einstellung möglich, wenn im unteren Seitenzahnbereich die sogenannte Primatenlücke vorliegt. Diese Primatenlücke zwischen Milcheckzahn und ersten Milchmolaren gibt den Freiraum

für die notwendige Mesialwanderung der beiden Milchmolaren und des ersten Molaren; allerdings benötigen die Milchmolaren dann eine okklusale Abrasion.

Variante 3:

In einem nicht regelrecht vorbereiteten Milchgebiss, also bei fehlender Lückenbildung, ist eine Mesialwanderung auch aufgrund fehlender Primatenlücken nicht möglich. Die Molaren sind somit gezwungen, distal einer geraden Postlactealebene durchzubrechen, woraus ein Höckerbiss resultiert. Eine Klasse-I-Okklusion kann sekundär nur dann erreicht werden, wenn beim Zahnwechsel zwischen dem Milchfünfner und dem zweiten Prämolaren infolge eines sehr großen mesio-distalen Größenunterschiedes (zweiter Milchmolar ist wesentlich breiter als der zweite Prämolare), der untere erste Molar nach Verlust des Milchfünfners nach mesial wandern kann (Baume, 1950b).

Diese drei unterschiedlichen Entwicklungen führen zu einer regelrechten okklusalen Zahnbeziehung. Zusammenfassend verweist Baume darauf, dass die bleibenden Molaren immer eine Tendenz haben nach mesial zu wandern, sobald sich eine Chance bietet, z.B. durch frühzeitigen Milchzahnverlust, später durch Karies (Kontaktpunktverlust) der bleibenden Zähne oder gar durch Extraktionen; das gilt für beide Zahnbögen. Ausgeprägte Mesialwanderung der Zähne im oberen Zahnbogen, vor allem wenn keine im unteren Zahnbogen stattfinden kann, endet unausweichlich in einer lokalen Angle Klasse-II Verzahnung (Baume, 1950b).

Auch Harzer untersuchte den Bereich der Zuwachszahnung und differenziert drei Gruppen von Zuwachszahnungen in Anlehnung an das chronologische Alter der Patienten.

Die erste Zuwachszahnung:

Diese steht mit circa sechs Jahren mit dem Durchbruch des ersten bleibenden Molaren an (Harzer, 1999).

Die zweite Zuwachszahnung:

Betrifft den Durchbruch des zweiten Molaren, wenn dem Durchbruch eine Verlängerung des Alveolarfortsatzes nach distal vorausgeht. Bleibt dies aus, kommt es zu Durchbruchsverzögerungen und Teilretentionen. Bezüglich der Durchbruchsreihenfolge zwischen unteren und oberen zweiten Molaren werden circa sechs Monate angegeben. Als

Konsequenz erscheint es daher wichtig, die regelrechte Gebissentwicklung mindestens bis zur Okklusionseinstellung der zweiten Molaren regelmäßig zu überwachen.

Die dritte Zuwachszahnung:

Bezieht sich auf den Durchbruch der dritten Molaren, den Weisheitszähnen, die aufgrund von Platzmangel im oberen Zahnbogen häufig nach bukkal, im unteren Zahnbogen nach lingual kippen. Bei engen Keimlagen können Komplikationen, wie dentitio difficilis auftreten (R. Hotz, 1976).

Innerhalb der sogenannten Zuwachszahnung stellt der zur Verfügung stehende Platz ein zentrales Problem für kieferorthopädische Diagnose, Planung und Therapie dar.

2.3 Zuwachszahnung und apikale Basis

Die sagittale Länge des zahntragenden Abschnitts im Bereich der ersten, zweiten und dritten Molaren wird in der Literatur unterschiedlich definiert.

Lundström definiert 1923 erstmalig den Begriff der apikalen Basis im Kauorgan. Damit wird der Übergang des Alveolarknochens (zahntragender Abschnitt) zur Kieferbasis sowohl maxillär, als auch mandibulär bezeichnet. Dieser Übergang liegt in Höhe der Apices der Zahnwurzeln. Lundström war davon überzeugt, dass mit einer orthodontischen Therapie (nur Zahnbewegungen) keine wachstumsbedingte Veränderung der apikalen Basis zu erreichen sei (Lundström, 1923). Für die Ermittlung der Größe dieser apikalen Basis, also dem Kieferanteil der über (im OK) bzw. unter (im UK) dem Wurzelbereich der Zähne liegt, transversal wie sagittal, stehen klinische und technische Analysen mit diagnostischer Konsequenz zur Verfügung:

Klinische Analysen am Patienten:

- Durch Palpation im Bereich der Umschlagfalte im OK und UK.

- Durch Vergleich des Verlaufs von vestibulär in der Umschlagfalte angelegter Tangenten (Schwarz, 1961).
- Durch Vergleich von Tangenten, die an die Kauflächen der ersten oberen Molaren gelegt werden und in Relation zur okklusalen Fläche des gegenüberliegenden Molaren das Ausmaß der vestibulären Molarenkipfung aufzeigt (McNamara, 2000).

Technische Analysen am Gipsmodell

Brodie untersucht 1966 die Größe der apikalen Basis, allerdings auch nur bis mesial der ersten bleibenden Molaren und folgt dem Ergebnis Lundströms mit der Feststellung, dass ein „bleibendes Missverhältnis zwischen Zahnbogen und apikaler Basis“ vorliegt (Brodie, 1966). Dieser Unterschied wird auf differierende Einflüsse zurückgeführt, die auf okklusaler Ebene im Bereich der Kronen und im Bereich der apikalen Basis maxillär und mandibulär zu erkennen sind.

Technische Analysen am Röntgenbild:

- Zweidimensional kann die transversale Größe der apikalen Basis am Fernröntgenfrontalbild (FRF) durch die jeweils tiefste Referenz der vestibulären Kontur der oberen bzw. unteren apikalen Basis beurteilt werden.
- Zweidimensional am Fernröntgenseitenbild (FRS) kann die sagittale Größe der apikalen Basis mit Hilfe der Punkte A und B (jeweils tiefste Referenz der vorderen Kontur vom oberen bzw. unteren Alveolarfortsatz in der Median-Sagittal-Ebene) beurteilt werden (Nötzel & Schultz, 2009).
- Mit dreidimensional bildgebenden Verfahren wie der Digitalen Volumen Tomographie (DVT) und Computertomographie (CT) kann eine größtmögliche Aussagekraft erlangt werden; diese muss immer bezüglich der Strahlenbelastung für den Patienten sorgfältig nach dem ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) abgewogen werden (RöV, 1987, 2002).

2.4 Kieferorthopädische Verankerung

Der Begriff „Verankerung“ wurde 1907 von Edward Angle vorrangig definiert und von Grünberg wie folgend übersetzt: „Die Bewegung eines oder mehrerer Zähne in eine der verschiedenen Richtungen ist nur durch Anwendung einer Kraft möglich, die in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Mechanik und Dynamik erfolgt. Nach den Gesetzen der Physik halten sich Wirkung und Gegenwirkung das Gleichgewicht und sind einander entgegengesetzt; der Widerstand der Verankerung ist größer als der des zu bewegendes Zahnes. Die beste Verankerung wäre eine unbewegliche Basis.“ (Angle, 1907; Angle et al., 1908).

Die Verankerung ist demnach der Widerstand gegenüber unerwünschten Zahnbewegungen (Daskalogiannakis, 2003; Kahl-Nieke, 2001). Jede Verankerung im menschlichen Körper ist nicht vollkommen, da immer Gegenkräfte wirken (actio = reactio, 3. Newton Axiom 1678). Dieses Gesetz, bezogen auf eine Abstützung im dentalen Bereich (den zahntragenden Abschnitt), bedeutet, dass die dentale Abstützung einer Zahnbewegung diese Kraft auf alle beteiligten Zähne überträgt (Diedrich, 1993).

2.5 Qualität der Verankerung

Die Wirksamkeit einer dentalen Verankerung als Widerlager ist an die Anzahl der Zähne gebunden, die zur Verankerung ausgewählt wurden, ebenso wie ihre morphologischen und funktionellen Gegebenheiten. Morphologie bezieht sich hier auf die Zahnart mit Wurzelanzahl und –länge, sowie die Achsenstellung der zu verankernden Zähne (Kahl-Nieke, 2001). Daraus lassen sich unterschiedliche Verankerungsqualitäten wie minimal, moderat oder maximal definieren (Gianelly & Goldman, 1971).

2.6 Verlust der Verankerung

Die Gegenbewegung des jeweiligen Verankerungszahns kann das gewünschte Behandlungsergebnis negativ beeinflussen. Diese als Nebenwirkungen bezeichneten Kräfte einer dental getragenen KFO-Apparatur führt zum Verankerungsverlust (Byloff & Darendeliler, 1997; Byloff et al., 1997). Dieser beruht auf der Entstehung reziproker Kräfte, die sich als Rotationen und Distalkippungen von Zähnen erkennen lassen (Byloff & Darendeliler, 1997; Byloff et al., 1997; Keles & Sayinsu, 2000). Auch eine Entzündung der Schleimhaut, eine Entstehung eines iatrogenen Kreuzbisses, eine Bissöffnung durch Extrusion von Molaren, auf die reziproke Kräfte einwirken, sind Zeichen eines Verankerungsverlusts (Bolla et al., 2002; Byloff & Darendeliler, 1997; Byloff et al., 1997; G. Kinzinger et al., 2000; G. S. Kinzinger et al., 2008; Segner & Hasund, 1991).

2.7 KFO-Apparaturen zur Verankerung

Um unerwünschte Zahnbewegungen und somit diese Verankerungsverluste zu vermeiden ist bei jeder kieferorthopädischen Behandlungsplanung der Verankerungscharakter der vorliegenden Malokklusion prognostisch zu eruieren und zu beachten. Neben der biologischen Verankerungsqualität der Zähne gehört auch die Auswahl eines dazu passenden mechanischen Verankerungsgerätes dazu (Diedrich, 1993). Hierfür stehen herausnehmbare sowie festsitzende Geräte zur Verfügung, die dental-getragen oder skelettal-gestützt sein können.

2.7.1 Zahngetragene Verankerung uni-maxillär eingesetzt

Für den **unteren Zahnbogen** eignen sich die Apparaturen Lingualbogen und Lipbumper (Dijkman, 1977; Grossen & Ingervall, 1995; Kahl-Nieke, 2001; Mershon, 1918; Nevant et al., 1991). Im **oberen Zahnbogen** stehen extra- und intraorale KFO-Geräte zur Verfügung. Als *extraorales* Gerät kommt der Headgear zum Einsatz (Kloehn, 1947). Er kann bei bestimmter Konstruktion und Kraft, auch zur Distalisation des 6-J-M verwendet werden (Kahl-

Nieke, 2001). Der Therapieerfolg ist maßgeblich von der Tragedauer (ca. 14 Stunden), der Akzeptanz und Mitarbeit der Patienten abhängig (Diedrich, 1993). Als *intraorales Gerät* soll die Nance-Apparatur bei richtiger Konstruktion und Position die Mesialwanderung der ersten Molaren verhindern, was jedoch selten gelingt, da die Zunge den palatinalen Kunststoffstopp nach mesial drücken kann und somit einen Verankerungsverlust einleitet (Nance, 1947). Der Transpalatinalbogen (TPA) dient der passiven posterioren Verankerung, insbesondere auch transversal mit gesichertem Erfolg (Ambrositsch & Bantleon, 2015; Goshgarian, 1972; Jäger et al., 1992; Schopf, 1991). Weiterentwicklungen erfolgten durch das ACCO-Gerät (acrylic resion cervicooccipital appliance) (Cetlin & Ten Hove, 1983; Fritz et al., 2003). Die Pendulum-Apparatur ermöglicht mit aktiven Komponenten in Form von zwei Titan-Molybdän-Alloy (TMA)-Federn eine distalisierende Kraft in beiden Kieferhälften (Ghosh & Nanda, 1996; Hilgers, 1992). Die Quadhelix-Apparatur ist für asymmetrische transversale und sagittale Bewegungen indiziert und ermöglicht unilaterale Expansion, Derotation und Distalisation (Ihlow & Rudzki, 2017; Schopf, 1991). Der Distal-Jet basiert auf zwei kraftapplizierenden Komponenten (Ni-Ti-Druckfedern) und kann im Idealfall translatorische Zahnbewegungen bewirken (Berg, 1986; Bolla et al., 2002; Carano & Testa, 1996; G. S. Kinzinger et al., 2008; G. S. M. Kinzinger & Diedrich, 2008).

2.7.2 Zahngetragene Verankerung intermaxillär fest eingesetzt

Bei den folgenden Geräten ist die Unabhängigkeit von der Patientencompliance von Vorteil. Als Beispiel sei die Herbst-Apparatur erwähnt. Sie bringt die Mandibula in eine definierte ventrale Position, von der aus eine Hemmung der maxillären alveolären Entwicklung sowie eine mandibuläre Vorentwicklung der mandibulären Alveole erreicht werden kann mit Korrektur der Klasse-II-Malokklusion bei Vergrößerung der unteren Gesichtshöhe (Pancherz, 1979). Diese drei Veränderungen gehen jedoch zu Lasten eines Verankerungsverlustes im unteren Seitenzahnbereich, sichtbar in einer Proklination der Unterkieferinzisivi (Konik et al., 1997; Pancherz, 1979). Ähnlich wirken das Forsus™-Gerät (Forsus Fatigue Resistant Device, 3M Unitek, Monrovia, Kalifornien, USA) und die SUS-Apparatur (Sabbagh Universal Spring, Dentaurum, Ispringen, Deutschland). Auch sie nutzen eine Kombination aus skelettalen und dento-alveolären Effekten um eine Angle-Klasse-I Verzahnung zu erzielen

(Cacciatore et al., 2014; Hemmatpour et al., 2017).

2.7.3 Skelettale Verankerung

Skelettal gestützte Verankerungen sind inzwischen weit verbreitet, auch hier ist der Behandlungserfolg von der Patientencompliance weitestgehend unabhängig. Ihr entscheidender Vorteil liegt in der besseren Verankerungsstabilität (G. S. Kinzinger et al., 2009). Mittels der skelettal eingebrachten temporary anchorage devices (TADs) können Molaren körperlich nach distal bewegt werden (Wilmes et al., 2013). Unerwünschte Nebenwirkungen wie Verankerungsverlust, Kronenkipfung und Protrusion der Frontzähne treten selten auf (Keles & Sayinsu, 2000; Wilmes et al., 2013). Implantate, vor allem mittig im palatinalen Oberkieferbereich eingesetzt, oder zwei bis sogar vier TADs paramedian eingebracht, sichern allen daran befestigte Distalisationskonstruktionen eine nahezu sichere stationäre Verankerung (Ludwig et al., 2011; Wilmes et al., 2013; Wilmes et al., 2015). Die Distalisationskraft wirkt dann ausschließlich nach distal, nach mesial wirkende Kräfte werden abgefangen, da das Verankerungselement der zu bewegenden Einheit einen größeren Widerstand entgegengesetzt (Kahl-Nieke, 2001). Diese Krafteinwirkung führt zu einer Bewegung der Zähne im Alveolarknochen und mildert die sonst gefürchteten bekannten Nebenwirkungen ab (Creekmore & Eklund, 1983; Wilmes & Drescher, 2010).

Mit Implantaten ist eine direkte und indirekte Verankerung möglich. Bei der direkten Verankerung geht die Kraft von dem am Implantat befestigten Element aus (Beispiel: Distal-jet, Pendelapparatur), bei der indirekten Verankerung sind Zähne zwischengeschaltet (G. Kinzinger et al., 2005). Ein effektives Distalisationsgerät sollte eine stabile Verankerung gewährleisten und einen direkten Verankerungsmodus bieten (Nienkemper et al., 2014). Für die skelettale Verankerung wurde dies in Studien nachgewiesen (Kanomi, 1997; G. Kinzinger et al., 2005; Nienkemper et al., 2014).

Unter den zahlreichen Varianten von palatinal skelettal verankerten Distalisierungsapparaturen hat sich der **Beneslider** am meisten durchgesetzt (Wilmes & Drescher, 2010; Wilmes et al., 2013). Mit dem Beneslider wird eine Compliance unabhängige, effiziente und nahezu

körperliche Distalisation der oberen Molaren möglich (Wilmes & Drescher, 2010; Wilmes et al., 2013; Wilmes et al., 2006). Vergleicht man FRS vor und nach der Behandlung mit dem Beneslider, so beträgt die Kippung der bewegten Molaren $1,9 \pm 1,3^\circ$ beziehungsweise weniger als 2° was deutlich weniger ist, als bei anderen Apparaturen, wo Kippungen bis zu $14,5^\circ$ beobachtet wurden (G. S. Kinzinger et al., 2008; Wilmes & Drescher, 2010; Wilmes et al., 2013). Die Distalisierungsstrecke beträgt mit dem Beneslider $4,6 \pm 1,5$ mm (Wilmes & Drescher, 2010). Da während der Distalisation der Molaren auch die Eckzähne und Prämolaren nach distal wandern, wird die Behandlung oft nur noch mittels Bracket-Therapie oder Aligner-Schienen zum Abschluss gebracht (Wilmes et al., 2013).

Der **Longslider**, eine Modifikation des Beneslider, hat zum Ziel, die mechanischen Vorteile handelsüblicher Nickel-Titan-Federn zu nutzen, um ein Gerät zu entwickeln, das die erforderlichen Kräfte zur Distalisierung von Molaren und zusätzlich die erforderliche Kraft zur Überwindung der auftretenden Reibung des skelettal verankerten Geräts aufbringt (Longerich et al., 2014). Der Grundaufbau entspricht dem bereits erwähnten Beneslider; der Longslider kann Kräfte bis zu 5,88 N entwickeln und inaktiviert sich nach Erreichen des Behandlungsziels selbst (Longerich et al., 2014). Der Unterschied zwischen dem Beneslider und dem Longslider liegt in der verwendeten Kraft: Beim Beneslider werden Druckkräfte für die Distalisierung verwendet, beim Longslider Zugkräfte (Longerich et al., 2014). Das Behandlungsziel einer Klasse-I-Verzahnung konnte bei den untersuchten Patienten erreicht werden. Die erreichte Distalisierungsstrecke betrug $0,81 \pm 0,02$ mm pro Monat verbunden mit einer leichten Palatinalkippung der Molaren (Longerich et al., 2014). Ein weiterer festgestellter Effekt war die distale Bewegung der Zähne mesial des ersten bleibenden Molaren, ohne dass sie mit einer kieferorthopädischen Apparatur versehen wurden; dadurch konnte zusätzlich auch ein frontaler Engstand aufgelöst werden (Longerich et al., 2014). Die Stabilität des Behandlungsergebnisses wurde durch mehrjährige Nachuntersuchungen kontrolliert (Longerich et al., 2014). Der Vorteil des Longsliders liegt wie beim Beneslider darin, dass die Molarendistalisation nur mit minimalen dentalen Nebenwirkungen verbunden ist. Zusätzlich bietet der Longslider durch die Verwendung von Nickel-Titan-Drähten eine Zahnbewegung mit kontrollierten, konstanten Kräften (Longerich et al., 2014). Bei Patienten mit mangelnder Mitarbeit ist durch die automatische Inaktivierung bei Erreichen der eingestellten Distalisierungsstrecke keine Überaktivierung zu befürchten (Longerich et al., 2014).

3 Fragestellung

Kephalometrische Auswertungen von FRS sind ein essentieller Bestandteil der kieferorthopädischen Diagnostik. Das FRS dient zur zweidimensionalen Darstellung des Viszerokraniums in der Lateralebene. Neben dem Gesichtsskelett (anteriore Schädelbasis, Maxilla und Mandibula), dem zahntragenden Abschnitt (Alveole) und den Zähnen wird auch das Weichgewebsprofil abgebildet.

Insbesondere im Bereich der sogenannten Zuwachszahnung (siehe Abschnitt 2.2) werden für die vorliegende Studie zusammen mit dem Weichgewebsprofil, vertikale und sagittale Messungen von Interesse sein.

Der hier vornehmlich im Mittelpunkt des Interesses stehende posteriore Abschnitt im zahntragenden Alveolarbereich vom oberen und unteren Zahnbogen (trigonum retromandibulare), beginnend distal des zweiten Prämolaren, ist für die Molaren der zweiten Dentition vorgesehen. In diesen Bereich hinein erfolgt eine therapeutische kieferorthopädische Distalisation von Molaren und Prämolaren, wenn diese Behandlungsaufgabe im Behandlungskonzept entsprechend der individuellen diagnostischen Basis erforderlich wird.

Demzufolge ist es von klinischem und wissenschaftlichem Interesse, die sagittale Größe = Länge dieser sogenannten Zuwachszahnung (accessional dentition) zu kennen, vor allem in dem Zeitraum, in dem eine kieferorthopädische Behandlung indiziert und geplant ist. Um relevante Daten für diese Platzanalyse zu erhalten, waren folgende Informationen erforderlich:

I. Welche sagittale Größe steht im Bereich der Zuwachszahnung zur Verfügung (lineare Messungen)?

1.) **Bei einer Längenmessung nach distal**

- Im OK: Ausgehend vom 6-J-M im OK zur Pterygoid-Vertikale (PTV)
- Im UK: Ausgehend vom 6-J-M im UK zur Ramus-Anterior-Vertikale (RAV)

2.) **Bei einer Längenmessung nach mesial**

- Im OK: Ausgehend vom 6-J-M zum am weitesten ventral stehenden mittleren oberen Schneidezahn.
- Im UK: Ausgehend vom 6-J-M zum am weitesten ventral stehenden mittleren unteren Schneidezahn

II. Welche Neigung weist der 6-J-M in Relation zur jeweiligen Kieferbasislinie auf (anguläre Messungen)?

- Im OK: Der Winkel (kranial-mesial) der Zahnachse des 6-J-M im Oberkiefer zur Nasallinie (NL). Information über die „Kippung der Zahnachse“.
- Im UK: Der Winkel (kaudal-distal) der Zahnachse des 6-J-M im Unterkiefer zur Mandibularlinie (ML). Information über die „Kippung der Zahnachse“.

III. Welche Differenzen liegen zwischen den linearen und angulären Messungen vor?

IV. Welche Korrelationen können zwischen linearen und angulären Messungen erkannt werden? Differenzierung nach:

1.) Geschlecht (männlich, weiblich)

2.) Chronologischem Alter

a) Bezug auf das gesamte Patientenkollektiv

b) Altersgruppe:

- (Gruppe 1) < kleiner als 13 Jahre alt

- (Gruppe 2) \geq gleich und älter als 13 Jahre alt

3.) Bezüglich der Zeitspanne zwischen Zeitpunkt T1 (T1) und Zeitpunkt T2 (T2)

4.) Kieferorthopädischem Gesichtstyp (retrognath, orthognath, prognath)

4 Material und Methode

4.1 Material: kieferorthopädisch unbehandelte Patienten mit Behandlungsbedarf

4.1.1 Patientensample - Auswahlkriterien

Für die vorliegende Studie wurden 110 Patienten im Alter von 11,72 bis 14,30 Jahren (Medianwert 12,97 Jahre) aus den digitalisierten Patientenakten (Ivoris) einer kieferorthopädischen Fachpraxis in München Mitte ausgewählt.

Die untersuchte Gruppe bestand aus 67 Mädchen (60,9 %) und 43 Jungen (39,1 %). Für den Zeitraum zwischen T1 (Behandlungsbeginn) und T2 (Behandlungsende) betrug der Medianwert für das gesamte Untersuchungskollektiv 3,02 Jahre (Interquartilsabstand (IQR) [2.76, 3.67]).

Das Patientengut wurde retrospektiv aus den digitalisierten Patientenakten zusammengestellt. Der Befund, nach der Modelldiagnostik vorgegeben, musste als Angle Klasse II ausgewiesen sein und durch Fotoanalyse und Fernröntgenseitenbild bestätigt sein. Als hier relevante Behandlungsaufgabe stand die Distalisation der Oberkiefermolaren an. Gleichzeitig wurde auch der untere Zahnbogen therapiert, immer mit einer festsitzenden Apparatur (Bracketsystem) jedoch ohne aktive Distalisation im Molarenbereich. Die Patienten hatten zuvor keine kieferorthopädische Behandlung erfahren. Die Studie wurde von der örtlichen Ethikkommission genehmigt (Genehmigungsnummer 196/17S) und es wurde von allen Patienten eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme eingeholt.

Von den Patienten mussten zwei FRS zur Verfügung stehen. T1 bezeichnet einen Zeitraum

vor den aktiven Maßnahmen, T2 den Zeitpunkt nach der aktiven Gesamtbehandlung. Nicht mitaufgenommen wurden Patienten mit Anomalien des Zahndurchbruchs, Nichtanlangen, Extraktions- und operative Fälle, zweite Molaren mit einem GAT Stadium < 2 (Krone voll mineralisiert) (Gat et al., 1984) und nicht suffizienten Röntgenbildern. Auch ausgeschlossen wurden Patienten nicht kaukasischer Abstammung.

4.2 Methode kephalometrische Studie am FRS

4.2.1 Technische Daten zur Erstellung des FRS

Die FRS wurden mit dem Fernröntgengerät Orthoralix 9200 der Firma Gendex erstellt. Die Stromstärke wurde auf 7 mA, die Belichtungszeit auf 8 s und die Spannung auf 72 kV eingestellt.

Zur Erzielung einer möglichst guten Röntgenaufnahme wurde der Patient unter zu Hilfe-nahme eines Kephalostaten in eine korrekte Position geführt. Die Ausrichtung des Kopfes erfolgte nach der Frankfurter Horizontalen (Verbindungsline des Porus acusticus externus und dem Infraorbitalrand). Um Doppelkonturen zu vermeiden, wurde darauf geachtet, dass die Bipupillarlinie in der Horizontalen liegt. Die Bildebene wurde parallel zur Mediansagittalebene des Objekts angebracht, um eine maßstäbliche Abbildung ohne Verzerrungen zu ermöglichen. Der Verlauf des Zentralstahls verlief senkrecht durch den Porus acusticus externus und damit auch senkrecht durch die Bildebene. Obwohl diese Maßnahmen ergriffen wurden, erhielt man eine vergrößerte Abbildung des Objekts. Durch eine der Auswertung vorhergehende Eichung der Bilder konnte diese Fehler aber beseitigt werden. Je größer der Fokus-Filmabstand, desto geringer sind die Verzeichnungen. Ein Abstand von 4 m führt zu den geringsten Verzerrungen, kann aber meist in einer Praxiseinrichtung nicht verwirklicht werden, so dass die Aufnahmen bei einem Abstand von 1,50 m durchgeführt wurden. (Gahl, 2019).

4.2.2 Ausgewählte technische Analysen am FRS

Ausgewertet wurden die prä- und posttherapeutischen FRS mit dem Computerprogramm *ivoris diagnostic*. Für die Auswertung wurde eine neue Maske erstellt, die nur die benötigten skelettalen und dentalen Punkte, Hilfslinien und Streckenmessungen enthielt. Folgende Referenzpunkte wurden für die Auswertung angelehnt an Segner und Hasund verwendet (Segner & Hasund, 1991):

S	Sella	Zentrum der Sella turcica, Mittelpunkt des größten Durchmessers der knöchernen Krypte
N	Nasion	Der anteriorste Punkt der Sutura nasofrontalis; lag eine V-Form vor, so wurde der am weitesten posterior liegende Punkt des V's verwendet
Ba	Basion	Der am weitesten posterior und kaudal gelegener Punkt des Clivus
Spa	Spina nasalis anterior	Anteriorster Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior
A	A-Punkt	Tiefster Punkt der anterioren Kontur des OK-Alveolarfortsatzes
B	B-Punkt	Tiefster Punkt der anterioren Kontur des UK-Alveolarfortsatzes
Gn/Me	Gnathion/Menton	Kaudalster Punkt der UK-Symphyse
Pg	Pogonion	Der am weitesten anterior gelegene Punkt des knöchernen Kinns

Tab. 4.1: Definitionen der verwendeten Referenzpunkte

Bei Strukturen, die paarig angelegt sind, kann es aufgrund von Fehlern in der Abbildungsgeometrie zu Doppelkonturen kommen. Lag so ein Fall vor, so wurde zwischen je zwei aufgefundenen Punkten die Mitte verwendet.

Pm	Pterygomaxillare	Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten bzw. weichen Gaumens im Bereich des nach mesial einstrahlenden ampullenartigen Schattens der Fossa pterygopalatina
Ar	Artikulare	Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae. Da der Punkt nur auf dem Profilröntgenbild zu finden ist, ist er als konstruierter Punkt zu betrachten

Tab. 4.2: Skelettale Referenzpunkte mit möglicher Doppeldarstellung

tgo	Gonion-Tangentenpunkt	Schnittpunkt der Tangente vom kaudalsten Rand des Corpus mandibulae (Mandibularlinie) mit der Tangente von Ar zum Ramus ascendens (Ramuslinie)
Sp'	Spina Strich	Schnittpunkt der Linie Nasion-Gnathion und Spina-Pterygoidmaxillare (NL)

Tab. 4.3: Konstruierte Referenzpunkte

iPOK1	Inzisivus superius	Inzisalste Punkt des am weitesten nach anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahnes
aPOK1	Apex des mittleren OK-Schneidezahnes	Apikalster Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahnes
iPUK1	Inzisivus inferior	Inzisalste Punkt des am weitesten anterior stehenden unteren mittleren Schneidezahnes
aPUK1	Apex des mittleren UK-Schneidezahns	Apikalster Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden unteren mittleren Schneidezahnes

Tab. 4.4: Dentale Referenzpunkte

Um die Strecken messen zu können, wurden weitere Punkte bestimmt und definiert:

Pt	Pterygoidpunkt	Hinterer oberer Rand der pterygomaxillären Fissur
RA	Ramus-Anterior-Punkt	Schnittpunkt der Okklusionslinie mit dem anterioren Rand des Ramus ascendens

Tab. 4.5: weitere Punkte

kPO6	Koronaler Punkt des 6-J-M im OK	Koronalster Punkt des 6-J-M im Bereich der Fissur zwischen dem distalen und mesialen Höckern auf der Zahnlängsachse
ZO6	Zentroid Punkt des 6-J-M im OK	Mittelpunkt zwischen der größten mesialen und distalen Konvexität der Krone des 6-J-M
SZGO6	Schmelz-Zement-Grenze des 6-J-M im OK	Punkt an der Schmelz-Zement-Grenze auf der Längsachse des 6-J-M
WZO6	Widerstandszentrum des 6-J-M im OK	Widerstandszentrum des 6-J-M auf Höhe der Trifurkation/Furkation der bukkalen Wurzeln
AO6	Apex des 6-J-M im OK	Zentraler Punkt der Verbindungslinie der bukkalen Wurzeln des 6-J-M
dPO6	Distalster Punkt des 6-J-M im OK	Distalster Punkt der klinischen Krone des 6-J-M
kPU6	Koronaler Punkt des 6-J-M im UK	Koronalster Punkt des 6-J-M im Bereich der Fissur zwischen den mesialen und medialen vestibulären Höckerspitzen auf der Zahnlängsachse
ZU6	Zentroid des 6-J-M im UK	Mittelpunkt zwischen der größten mesialen und distalen Konvexität der Krone des 6-J-M

SZGU6	Schmelz-Zement-Grenze des 6-J-M im UK	Punkt an der Schmelz-Zement-Grenze auf der Längsachse des 6-J-M
WZU6	Widerstandszentrum des 6-J-M im UK	Widerstandszentrum des 6-J-M auf Höhe der Bifurkation der Wurzeln
AU6	Apex des 6-J-M im UK	Zentraler Punkt der Verbindungslinie der Wurzeln des 6-J-M
dPU6	Distalster Punkt des 6-J-M im UK	Distalster Punkt der klinischen Krone des 6-J-M

Tab. 4.6: Dentale Referenzpunkte im OK und UK

Auf Grundlage dieser Punkte wurden folgenden Referenzlinien erstellt:

NSL	Nasion-Sella-Linie	Verbindung der Punkte Nasion und Sella
NL	Nasallinie	Verbindung der Punkte Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare
OL	Okklusionslinie	Verbindung zwischen der distobukkalen Höcker Spitze des ersten oberen Molaren und dem Punkt Inzisivus superius (Pancherz, 1982)
ML	Mandibularlinie	Verbindung zwischen Gonion-Tangentenpunkt und Gnathion

Tab. 4.7: Horizontale Referenzlinien

NA-Linie	Verbindung der Punkte Nasion und A-Punkt, dient der Beschreibung der sagittalen Position des OK
NB-Linie	Verbindung der Punkte Nasion und B-Punkt, dient der Beschreibung der sagittalen Position des UK
NPg-Linie	Verbindung der Punkte Nasion und Pogonion, dient der Beschreibung der sagittalen Position des knöchernen Kinns

Tab. 4.8: Vertikale Referenzlinien

Ramus-Linie		Verbindung der Punkte Artikulare und Gonion-Tangentenpunkt
Clivus-Linie		Verbindung der Punkte Sella und Basion (hintere Schädelbasis)
PtV	Pterygoidvertikale	Senkrechte zum Nasalplanum durch den Pterygoidpunkt
OIP	Okklusionslinie perpendiculare	Eine Senkrechte auf der Okklusionslinie durch den Punkt Sella
RAV	Ramus-Anterior-Vertikale	Parallele Verschiebung der Okklusionslinie perpendiculare zum anterioren Rand des Ramus ascendens
N-Gn-Linie	Nasion-Gnathion-Linie	Verbindung der Punkte Nasion und Gnathion

Tab. 4.9: Weitere benötigte Referenzlinien

SNA-Winkel	Beschreibung der sagittalen Position des OK in Relation zur anterioren Schädelbasis
SNB-Winkel	Beschreibung der sagittalen Position des UK in Relation zur anterioren Schädelbasis
ANB-Winkel	Beschreibung der sagittalen Relation von OK zu UK
SNPg-Winkel	Beschreibung der sagittalen Position des UK. Prinzipiell gleiche Beschreibung wie SNB-Winkel, kann bei Differenzen jedoch Rückschluss auf die sagittale Stellung der Zähne und den knöchernen Kinnvorsprung geben
ML-NSL-Winkel	Beschreibung der vertikalen Relation des UK zur anterioren Schädelbasis
NL-NSL-Winkel	Beschreibung der vertikalen Relation des OK zur anterioren Schädelbasis
ML-NL-Winkel	Beschreibung des Neigungswinkel des UK zum OK und somit der Divergenz der beiden Kieferbasen
NSBa-Winkel	Beschreibung der Abknickung der Schädelbasis und somit der Relation des Clivus zur anterioren Schädelbasis
Gn-tgo-Ar	Beschreibung der Relation des Ramus zum Corpus

Tab. 4.10: Auswertungsvariablen für die automatische Auswertung

kPO6-PtV	Strecken der koronalen Punkte des 6-J-M zur PTV im OK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Zahnkronen in der Sagittalen.
SZGO6-PtV	Strecken der Schmelz-Zement-Grenzen des 6-J-M zur PTV im OK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Schmelz-Zement-Grenzen in der Sagittalen.
ZO6-PtV	Strecken der Zentroide des 6-J-M zur PTV im OK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Zentroide in der Sagittalen.
WZO6-PtV	Strecken der Widerstandszentren des 6-J-M zur PTV . Die Strecken beschreiben die Positionen der Widerstandszentren in der Sagittalen.
AO6-PtV	Strecken der Apices des 6-J-M zur PTV im OK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Wurzelspitzen in der Sagittalen.
dPO6-PtV	Strecken der distalsten Punkte des 6-J-M zur PTV im OK. Die Strecken beschreiben die Positionen der distalsten Punkte der Zahnkronen in der Sagittalen.

Tab. 4.11: Messung nach distal in der oberen Zahnreihe (ZR)

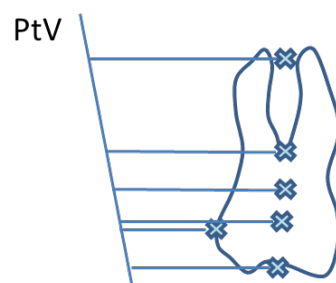


Abb. 4.1: Messung nach distal in der oberen ZR

kPU6-RAV	Strecken der koronalen Punkte des 6-J-M zur RAV im UK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Zahnkronen in der Sagittalen.
SZGU6-RAV	Strecken der Schmelz-Zement-Grenzen des 6-J-M zur RAV im UK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Schmelz-Zement-Grenzen in der Sagittalen.
ZU6-RAV	Strecken der Zentroide des 6-J-M zur RAV im UK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Zentroide in der Sagittalen.
WZU6-RAV	Strecken der Widerstandszentren des 6-J-M zur RAV. Die Strecken beschreiben die Positionen der Widerstandszentren in der Sagittalen.
AU6-RAV	Strecken der Apices des 6-J-M zur RAV im UK. Die Strecken beschreiben die Positionen der Wurzelspitzen in der Sagittalen.
dPU6-RAV	Strecken der distalsten Punkte des 6-J-M zur RAV im UK. Die Strecken beschreiben die Positionen der distalsten Punkte der Zahnkronen in der Sagittalen.

Tab. 4.12: Messung nach distal in der unteren ZR

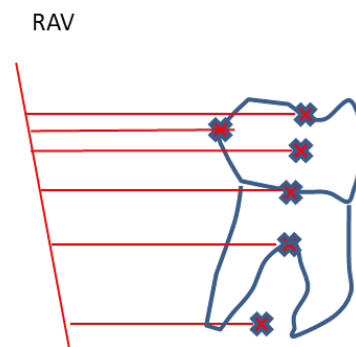


Abb. 4.2: Messung nach distal in der unteren ZR

iPOK1.kPO6	Strecke zwischen der koronalen (kPO6) und inzisalen (iPOK1) Referenz
aPOK1.aPO6	Strecke zwischen den Apices des 6-J-M (aPO6) und dem mittleren Incisivus (aPOK1)

Tab. 4.13: Messung nach mesial in der oberen ZR

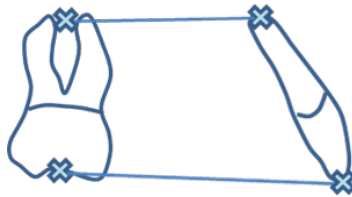


Abb. 4.3: Messung nach mesial in der oberen ZR

iPUK1-kPU6	Strecke zwischen der koronalen (kPU6)) und inzisalen (iPUK1) Referenz
aPUK1.aPU6	Strecke zwischen den Apices des 6-J-M (aPU6) und dem mittleren Incisivus (aPUK1)

Tab. 4.14: Messung nach mesial in der unteren ZR

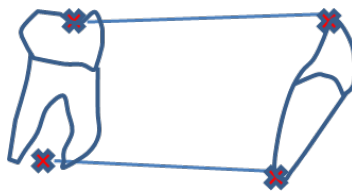


Abb. 4.4: Messung nach mesial in der unteren ZR

ZAO6-NL	Zahnachse des 6-J-M im OK zur Nasallinie
ZAU6-ML	Zahnachse des 6-J-M im UK zur Mandibularlinie

Tab. 4.15: Anguläre Messung im OK und UK

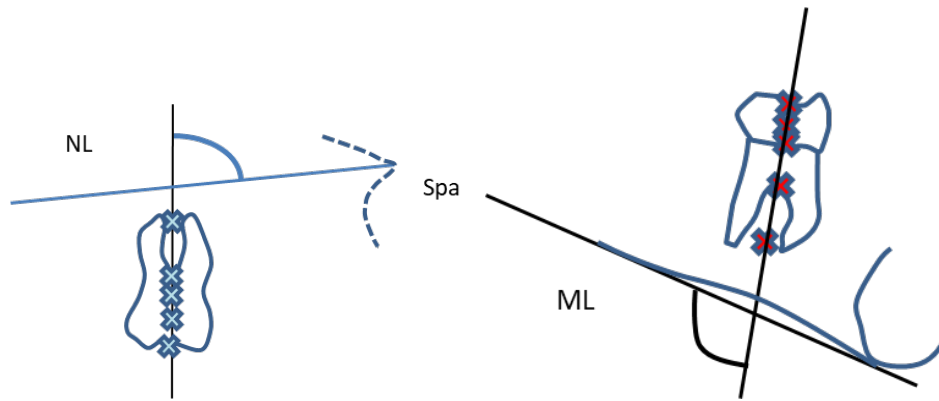


Abb. 4.5: Anguläre Messung im OK und UK

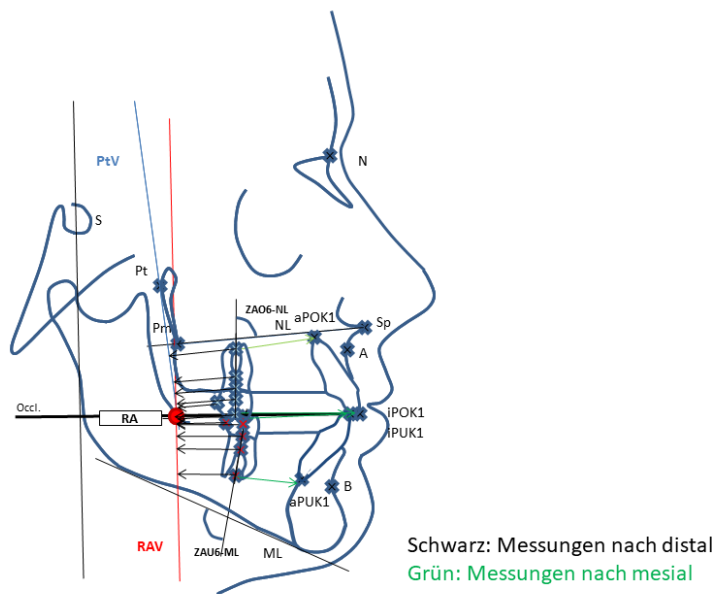


Abb. 4.6: Alle Punkte und Winkel

4.2.3 Statistisches Vorgehen mit Methodenfehler

Alle Analysen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms R Version 4.0.2 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) unterstützend durch Herrn Bernhard Ulm durchgeführt.

Die kontinuierlichen Variablen wurden mittels Median und Interquartilsabstand repräsen-

tiert, die diskreten mit absoluten und relativen Zahlen. Für den Vergleich der Geschlechter wurden Mann Whitney U Tests verwendet, für den Vergleich der unterschiedlichen Messungen mit den Gesichtstypen wurden Kruskal Wallis und Tukey post hoc Tests angewandt. Für den Zusammenhang zwischen zwei stetigen Variablen kam der Korrelationskoeffizient nach Spearman zum Einsatz. Für multivariate Vergleiche wurden lineare Regressionsmodelle erstellt. Ein alpha von 5% wurde als Signifikanzniveau gewählt.

Zur Bestimmung des Methodenfehlers wurden die FRS im Abstand von zwei Wochen erneut vermessen, um daraus den Methodenfehler nach Dahlberg und den Zuverlässigkeitskoeffizienten nach Houston zu berechnen (Dahlberg, 1940; Houston, 1983), siehe (Kapitel 13).

5 Ergebnisse

	Level	Overall
N		110
Geschlecht (%)	female	67 (60.9)
	male	43 (39.1)
Alter (median [IQR])		12.97 [11.72, 14.30]
Alter 13 (%)	< 13 (Gruppe 1)	55 (50.0)
	≥ 13 (Gruppe 2)	55 (50.0)
Zeit zwischen T1 und T2 (median [IQR])		3.02 [2.76, 3.67]

Tab. 5.1: Übersicht über die Patientenverteilung

Die in Tabelle 5.1 dargestellte Differenzierung der 110 Patienten nach Geschlecht zeigt 67 (60,9 %) weibliche und 43 (39,1 %) männliche Patienten. Das Patientenalter zeigt im Medianwert zu Behandlungsbeginn (T1) 12,97 Jahre.

Das Alter der Patienten wurde in zwei Gruppen unterteilt: Gruppe 1 (< 13 Jahre) und Gruppe 2 (≥13 Jahre) bestanden aus jeweils 55 Patienten. Der Zeitraum zwischen T1 (Behandlungsbeginn) und T2 (Behandlungsende) betrug im Medianwert im gesamten Untersuchungskollektiv 3,02 Jahre (unterste Grenze 2,76 Jahre, oberste Grenze 3,67 Jahre). Die Differenzierung nach Gesichtstyp nach Björk weißt 48 retrognathe, 52 orthognathe und 10 prognathe Gesichter auf (Björk, 1947).

Die Medianwerte jeder Variable der kephalometrischen Auswertung zu den Zeitpunkten T1

und T2 sowie die durch die kieferorthopädische Behandlung festgestellten Veränderungen sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Für die statistische Bewertung der Abhängigkeiten von den Faktoren Geschlecht, Alter, Alter eingeteilt, Zeit und Gesichtstyp sind die p-Werte der einzelnen Variablen aufgeführt.

5.1 Welche sagittale Größe steht im Bereich der Zuwachszahnung zur Verfügung?

5.1.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal in der oberen und unteren ZR

A06.PTV_Anfang (median [IQR])	25.90 [23.80, 27.80]
WZO6.PTV_Anfang (median [IQR])	24.30 [22.42, 26.90]
SZGO6.PTV_Anfang (median [IQR])	22.50 [20.70, 25.48]
ZO6.PTV_Anfang (median [IQR])	21.80 [19.83, 24.80]
kPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	22.50 [20.60, 25.45]
dPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	16.25 [14.00, 19.20]
A06.PTV_Ende (median [IQR])	26.05 [23.55, 29.08]
WZO6.PTV_Ende (median [IQR])	25.35 [22.70, 27.87]
SZGO6.PTV_Ende (median [IQR])	24.15 [21.35, 26.87]
ZO6.PTV_Ende (median [IQR])	23.30 [20.60, 25.85]
kPO6.PTV_Ende (median [IQR])	24.05 [21.50, 27.23]
dPO6.PTV_Ende (median [IQR])	17.75 [14.88, 20.28]

Tab. 5.2: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR (sechs Messungen)

AU6.RAV_Anfang (median [IQR])	15.95 [13.35, 18.45]
WZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	17.45 [15.50, 20.00]
SZGU6.RAV_Anfang (median [IQR])	17.75 [15.17, 20.30]
ZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	18.20 [15.85, 20.60]
kPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	17.65 [15.43, 20.08]
dPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	12.10 [9.85, 14.57]
AU6.RAV_Ende (median [IQR])	19.10 [16.62, 21.60]
WZU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.80 [19.38, 23.08]
SZGU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.85 [19.33, 22.80]
ZU6.RAV_Ende (median [IQR])	21.15 [19.75, 23.20]
kPU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.85 [19.30, 23.45]
dPU6.RAV_Ende (median [IQR])	14.90 [13.50, 17.25]

Tab. 5.3: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR (sechs Messungen)

5.1.2 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial in der oberen und unteren ZR

iPOK1.kPO6_Anfang (median [IQR])	36.55 [34.32, 39.00]
aPOK1.aPO6_Anfang (median [IQR])	24.85 [23.42, 26.15]
iPOK1.kPO6_Ende (median [IQR])	38.20 [35.42, 40.40]
aPOK1.aPO6_Ende (median [IQR])	26.10 [23.83, 28.65]

Tab. 5.4: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR (zwei Messungen)

iPUK1.kPU6_Anfang (median [IQR])	33.00 [31.00, 35.18]
aPUK1.aPU6_Anfang (median [IQR])	28.35 [26.33, 30.50]
iPUK1.kPU6_Ende (median [IQR])	34.30 [31.90, 36.20]
aPUK1.aPU6_Ende (median [IQR])	26.25 [24.02, 28.80]

Tab. 5.5: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR (zwei Messungen)

5.2 Welche Neigung weist der 6-J-M in Relation zur jeweiligen Kieferbasislinie auf (anguläre Messungen)?

ZAO6.NL.Winkel_Anfang (median [IQR])	102.55 [99.62, 106.00]
ZAO6.NL.Winkel_Ende (median [IQR])	99.85 [96.83, 103.30]

Tab. 5.6: Winkel zwischen der Zahnachse mit der NL

ZAU6.ML.Winkel_Anfang (median [IQR])	86.55 [81.48, 90.38]
ZAU6.ML.Winkel_Ende (median [IQR])	84.35 [81.00, 88.07]

Tab. 5.7: Winkel zwischen der Zahnachse mit ML

5.3 Welche Differenzen liegen zwischen den linearen und angulären Messungen vor?

5.3.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal in der oberen und unteren ZR

A06.PTV_Differenz (median [IQR])	0.20 [-2.08, 2.77]
WZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	0.80 [-1.50, 3.60]
SZGO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.35 [-0.98, 3.68]
ZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.25 [-1.05, 3.60]
kPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.45 [-0.75, 4.18]
dPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.15 [-1.05, 3.77]

Tab. 5.8: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

AU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.25 [0.43, 6.75]
WZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.60 [0.92, 7.15]
SZGU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.55 [0.53, 6.75]
ZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.40 [0.80, 6.88]
kPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.75 [0.90, 7.20]
dPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.05 [0.75, 6.20]

Tab. 5.9: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Alle Strecken wurden im Median größer, jedoch unterschiedlich für die einzelnen Referenzen. In der unteren ZR fiel eine größere Streckenzunahme auf.

5.3.2 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial in der oberen und unteren ZR

iPOK1.kPO6_Differenz (median [IQR])	1.70 [-0.55, 3.80]
aPOK1.aPO6_Differenz (median [IQR])	1.25 [-0.88, 4.27]

Tab. 5.10: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Die Strecken wurden im Median größer.

iPUK1.kPU6_Differenz (median [IQR])	1.25 [-1.00, 3.60]
aPUK1.aPU6_Differenz (median [IQR])	-2.15 [-4.40, 0.27]

Tab. 5.11: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

Die inzisalen Strecken wurden im Median größer, die apikalen verkleinerten sich.

5.3.3 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

ZAO6.NL.Winkel_Differenz [IQR]	(median	-3.30 [-6.65, 0.70]
ZAU6.ML.Winkel_Differenz [IQR]	(median	-2.45 [-6.52, 2.90]

Tab. 5.12: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

Beide Winkel verkleinerten sich im Median, jedoch moderat unterschiedlich für die entsprechenden Referenzen.

5.4 Welche Korrelationen können zwischen linearen und angulären Messungen erkannt werden? Differenzierung nach:

5.4.1 Dem Geschlecht

5.4.1.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal und nach mesial

Die Strecken wurden im Median sowohl bei den männlichen, als auch den weiblichen Patienten größer, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Eine Mesialkipfung war zu T1 erkennbar, siehe Tabelle 13.3.

Strecke	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
	67	43		67	43		67	43	
AU6.RAV	15.90 [13.70, 18.40]	16.00 [11.90, 18.45]	ns	18.50 [17.00, 20.60]	20.00 [16.50, 23.05]	0.032	2.70 [0.00, 6.05]	4.60 [0.95, 9.85]	0.051 (ns)
WZU6.RAV	17.90 [15.65, 20.25]	17.10 [14.55, 19.35]	ns	20.70 [19.25, 22.30]	22.40 [19.95, 25.30]	0.038	2.80 [0.05, 5.50]	4.60 [1.85, 9.05]	0.018
SZGU6.RAV	18.00 [15.80, 20.35]	17.40 [15.05, 20.05]	ns	20.50 [19.30, 21.95]	22.20 [19.65, 25.35]	0.023	2.90 [0.05, 5.30]	4.60 [1.85, 9.30]	0.011

Strecke	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
ZU6.RAV	18.30 [16.35, 20.50]	18.10 [15.50, 20.15]	ns	20.90 [19.60, 22.25]	22.40 [20.05, 25.40]	0.027	2.90 [0.40, 5.70]	4.90 [1.75, 8.75]	0.020
kPU6.RAV	17.90 [15.70, 20.10]	17.50 [15.20, 19.75]	ns	20.40 [19.30, 22.10]	22.20 [19.65, 25.20]	0.019	2.60 [0.45, 6.35]	5.30 [1.80, 8.10]	0.011
dPU6.RAV	12.20 [10.45, 14.55]	11.80 [9.40, 14.45]	ns	14.80 [13.45, 15.90]	16.50 [14.15, 19.55]	0.030	2.70 [0.00, 5.05]	4.70 [2.10, 7.80]	0.018

Tab. 5.13: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Die Strecken wurden sowohl bei den männlichen, als auch den weiblichen Patienten im Median größer. Ein signifikanter Unterschied wurde zu T2 und für die Differenz festgestellt. Eine Mesialkipfung des 6-J-M zu T1 war erkennbar.

Strecke	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
	67	43		67	43		67	43	
iPOK1.kPO6	36.60 [34.55, 38.85]	36.30 [33.80, 39.10]	ns	37.00 [34.95, 40.45]	39.10 [37.25, 40.10]	ns	1.60 [-0.60, 3.30]	2.00 [-0.20, 5.60]	ns
aPOK1.aPO6	24.90 [23.65, 25.95]	24.60 [23.15, 26.25]	ns	25.60 [23.80, 27.55]	27.70 [24.55, 30.05]	0.033	0.80 [-1.20, 3.15]	2.20 [-0.05, 5.00]	0.038

Tab. 5.14: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Die Strecken vergrößerten sich im Median, für die apikale Messung mit signifikantem Unterschied.

Die Strecken in der unteren ZR wurden im Median tendenziell größer, jedoch ohne signifikanten Unterschied, siehe Tabelle 13.4.

5.4.1.2 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Winkel	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
	67	43		67	43		67	43	
ZAO6.NL.Winkel	102.10 [99.35, 105.95]	104.10 [100.30, 106.05]	ns	100.10 [97.25, 103.55]	99.70 [96.00, 101.75]	ns	-2.90 [-6.60, 1.60]	-4.10 [-6.70, 0.30]	ns
ZAU6.ML.Winkel	86.60 [81.00, 90.35]	86.40 [82.85, 90.45]	ns	85.20 [82.10, 88.40]	82.30 [80.10, 86.00]	0.014	-1.20 [-5.65, 4.00]	-2.90 [-8.80, 0.15]	0.039

Tab. 5.15: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

In der oberen wie unteren ZR wurden die Winkel kleiner, in der oberen ZR ohne signifikanten Unterschied, in der unteren ZR mit signifikanten Unterschied für T2 und die Differenz.

5.4.2 Dem chronologischen Alter

5.4.2.1 Bezug auf das gesamte Patientenkollektiv

Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
A06.PTV	0.376	0.000	0.145	0.131	-0.151	0.116
WZO6.PTV	0.437	0.000	0.186	0.052	-0.192	0.045
SZGO6.PTV	0.446	0.000	0.219	0.021	-0.184	0.054
ZO6.PTV	0.463	0.000	0.244	0.010	-0.198	0.038
kPO6.PTV	0.442	0.000	0.204	0.033	-0.231	0.015
dPO6.PTV	0.525	0.000	0.240	0.012	-0.239	0.012

Tab. 5.16: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

Es wurden für T1 für alle Strecken und für T2 sowie für die Differenz für einige Strecken ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und der Größe der Strecken festgestellt.

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
AU6.RAV	0.321	0.001	0.078	0.419	-0.212	0.026
WZU6.RAV	0.388	0.000	0.120	0.213	-0.269	0.004
SZGU6.RAV	0.408	0.000	0.138	0.150	-0.296	0.002
ZU6.RAV	0.446	0.000	0.133	0.166	-0.315	0.001
kPU6.RAV	0.462	0.000	0.089	0.358	-0.349	0.000
dPU6.RAV	0.459	0.000	0.178	0.063	-0.321	0.001

Tab. 5.17: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zu T1 und für die Differenz gezeigt werden.

Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial

In der oberen ZR konnte ein signifikanter Zusammenhang zu T1 sowohl für die apikale, als auch für die inzisale Messung gezeigt werden. Zu T2 fiel ein signifikanter Zusammenhang für die inzisale Messung auf. Für die inzisale Messung in der unteren ZR konnte ein signifikanter Zusammenhang zu T1 und zu T2 festgestellt werden, siehe Tabelle 13.5 und Tabelle 13.6.

Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Winkel	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
ZAO6.NL.Winkel	-0.430	0.000	-0.197	0.039	0.162	0.091
ZAU6.ML.Winkel	0.282	0.003	0.149	ns	-0.115	ns

Tab. 5.18: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

Ein signifikanter Zusammenhang konnte für T1 und T2 für den Winkel in der oberen ZR gezeigt werden, in der unteren ZR für T1.

5.4.2.2 Altersgruppe

Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal

Strecke	Gruppe 1 (<13)	Gruppe 2 (\geq 13)	p
n	55	55	
A06.PTV_Anfang median [IQR])	25.10 [23.55, 26.80]	27.00 [24.40, 28.95]	0.005
WZO6.PTV_Anfang median [IQR])	23.60 [22.10, 25.65]	26.20 [23.15, 28.00]	0.001
SZGO6.PTV_Anfang (median [IQR])	21.90 [20.40, 23.85]	24.60 [21.60, 26.80]	0.001
ZO6.PTV_Anfang (median [IQR])	21.10 [19.30, 23.15]	23.50 [20.85, 26.00]	<0.001
kPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	21.80 [20.10, 24.30]	24.70 [21.10, 26.75]	0.001
dPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	15.20 [13.35, 17.35]	18.10 [15.45, 20.80]	<0.001

A06.PTV_Ende (median [IQR])	25.40 [23.60, 28.90]	26.80 [23.60, 29.20]	ns
WZO6.PTV_Ende (median [IQR])	24.40 [22.40, 27.50]	26.10 [23.55, 28.95]	ns
SZGO6.PTV_Ende (median [IQR])	22.90 [20.90, 26.05]	25.00 [22.20, 27.80]	ns
ZO6.PTV_Ende (median [IQR])	21.70 [20.20, 24.90]	24.10 [21.75, 26.80]	0.034
kPO6.PTV_Ende (median [IQR])	23.60 [21.10, 26.75]	25.00 [22.85, 28.20]	0.095
dPO6.PTV_Ende (median [IQR])	16.60 [14.70, 19.30]	18.30 [16.35, 21.00]	0.033
A06.PTV_Differenz (median [IQR])	0.40 [-1.60, 3.50]	-0.10 [-2.10, 2.20]	ns
WZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.10 [-1.35, 4.05]	0.60 [-1.50, 2.70]	ns
SZGO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.60 [-0.75, 4.75]	0.80 [-1.05, 3.25]	ns
ZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.90 [-0.80, 4.40]	0.90 [-1.30, 3.00]	ns
kPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	2.20 [0.10, 5.00]	1.10 [-1.20, 3.35]	ns
dPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.70 [-0.70, 4.85]	0.80 [-1.15, 2.95]	ns

Tab. 5.19: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

Zu T1 waren die Medianwerte der gemessenen Strecken in Gruppe 1 kleiner als in Gruppe 2. Für alle Distanzen bestand eine signifikante Korrelation zwischen der Größe der gemessenen Strecken und dem Alter der Patienten. Auch zu T2 waren die Medianwerte für die gemessenen Strecken in Gruppe 1 kleiner als in Gruppe 2. Für die Referenzen Zentroid (Z) und distalster Punkt (dP) zur PTV gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Größe der gemessenen Strecke und welcher Gruppe der Patient zugeordnet war. Für die Differenzen wurde das Signifikanzniveau nicht erreicht.

Strecke	Gruppe 1 (<13)	Gruppe 2 (≥ 13)	p
n	55	55	
AU6.RAV_Anfang (median [IQR])	15.00 [11.50, 17.30]	16.70 [14.50, 18.85]	0.024
WZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	16.30 [13.75, 19.25]	18.20 [16.50, 20.75]	0.004
SZGU6.RAV_Anfang (median [IQR])	16.60 [13.00, 19.00]	18.20 [16.80, 20.75]	0.002
ZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	17.20 [13.35, 19.05]	18.60 [17.40, 21.20]	<0.001
kPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	16.70 [13.15, 18.65]	18.60 [17.10, 21.35]	<0.001
dPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	11.30 [7.50, 12.85]	13.00 [11.55, 15.25]	<0.001
AU6.RAV_Ende (median [IQR])	19.10 [17.35, 20.80]	19.30 [16.50, 22.00]	ns
WZU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.70 [19.45, 22.80]	20.90 [19.45, 23.75]	ns
SZGU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.50 [19.30, 22.50]	21.20 [19.65, 23.20]	ns
ZU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.60 [19.65, 23.00]	21.60 [20.20, 23.90]	ns
kPU6.RAV_Ende (median [IQR])	20.40 [19.35, 23.15]	21.10 [19.30, 23.50]	ns
dPU6.RAV_Ende (median [IQR])	14.60 [13.25, 16.60]	15.10 [14.10, 17.85]	ns
AU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.90 [1.15, 8.85]	3.10 [-0.55, 5.95]	ns
WZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	4.40 [1.50, 7.70]	2.70 [0.25, 5.60]	0.063
SZGU6.RAV_Differenz (median [IQR])	4.60 [1.50, 7.75]	3.10 [-0.15, 4.95]	0.032
ZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	4.90 [1.30, 7.65]	2.90 [-0.15, 4.75]	0.023
kPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	5.40 [1.40, 7.80]	2.30 [-0.15, 5.05]	0.007
dPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	4.80 [1.80, 6.85]	2.60 [-0.55, 4.45]	0.019

Tab. 5.20: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Zu T1 waren die Medianwerte für die gemessenen Strecken in Gruppe 1 kleiner als in Gruppe 2. Für alle Strecken gab es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Größe der gemessenen Strecke und dem Patientenalter. Zu T2 waren die Medianwerte für die gemessenen Strecken in Gruppe 1 (geringfügig) kleiner als in Gruppe 2, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Für die Differenzen konnte für vier Strecken ein signifikanter Zusammenhang gezeigt werden.

Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial

Bei diesen Messungen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Zum T1 war der Medianwert für die koronale Strecke in Gruppe 1 größer als in Gruppe 2, was sich als signifikant erwies. Dies zeigt sowohl Tabelle 13.7 als auch Tabelle 13.8.

Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Winkel	Gruppe 1 (<13)	Gruppe 2 (≥13)	p
n	55	55	
ZAO6.NL.Winkel_Anfang (median [IQR])	104.90 [101.20, 107.05]	101.60 [97.45, 104.10]	<0.001
ZAO6.NL.Winkel_Ende (median [IQR])	100.70 [97.85, 104.15]	99.20 [95.85, 102.15]	0.058
ZAO6.NL.Winkel_Differenz (median [IQR])	-3.90 [-8.40, 0.10]	-2.70 [-5.40, 0.70]	ns
ZAU6.ML.Winkel_Anfang (median [IQR])	84.90 [80.60, 89.45]	87.90 [83.00, 92.00]	0.016
ZAU6.ML.Winkel_Ende (median [IQR])	83.80 [79.35, 87.95]	85.00 [82.25, 88.05]	ns
ZAU6.ML.Winkel_Differenz (median [IQR])	-2.50 [-5.95, 3.75]	-1.90 [-7.10, 1.20]	ns

Tab. 5.21: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

Zu T1 war der Medianwert des gemessenen Winkel im OK in Gruppe 1 größer als in Gruppe 2, im UK in Gruppe 1 kleiner als in Gruppe 2. Dies zeigte sich als signifikant.

5.4.3 Bezüglich der Zeitspanne zwischen T1 und T2

5.4.3.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal und nach mesial

Für die Streckenmessung nach distal in der oberen ZR konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden, siehe Tabelle 13.9.

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
AU6-RAV	-0.173	0.070	0.180	0.061	0.261	0.006
WZU6-RAV	-0.212	0.026	0.129	ns	0.285	0.003
SZGU6-RAV	-0.216	0.023	0.102	ns	0.279	0.003
ZU6-RAV	-0.225	0.018	0.106	ns	0.277	0.003
kPU6-RAV	-0.227	0.017	0.095	ns	0.267	0.005
dPU6-RAV	-0.175	0.067	0.069	ns	0.212	0.026

Tab. 5.22: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Hier lagen signifikante positive Korrelationen zwischen den Streckengrößen aller Referenzpunkte mit der Zeit vor.

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
iPOK1.kPO6	-0.051	ns	0.063	ns	0.075	ns
aPOK1.aPO6	-0.090	ns	0.253	0.008	0.256	0.007

Tab. 5.23: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Für die apikale Strecke in der oberen ZR nach mesial lag eine signifikante positive Korrelation vor, in der unteren ZR wurde das Signifikanzniveau nicht erreicht, siehe Tabelle 13.10.

5.4.3.2 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Hier wurden negative Korrelationen ohne Signifikanz aufgezeigt, siehe Tabelle 13.11.

5.4.4 Dem kieferorthopädischem Gesichtstyp (retrognath, orthognath, prognath)

Gesichtstyp	Anzahl
retrognath	48
orthognath	52
prognath	10

Tab. 5.24: Verteilung der Gesichtstypen

5.4.4.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal und nach mesial

Strecke	O	P	R	p
n	52	10	48	
A06.PTV_Anfang (median [IQR])	26.90 [24.37, 28.20]	26.65 [26.08, 27.73]	24.90 [22.80, 26.83]	0.019
WZO6.PTV_Anfang (median [IQR])	25.65 [23.37, 27.72]	25.65 [23.97, 26.72]	23.15 [21.20, 25.77]	0.010
SZGO6.PTV_Anfang (median [IQR])	23.25 [21.78, 26.70]	24.45 [22.32, 25.58]	20.90 [19.70, 24.30]	0.004
ZO6.PTV_Anfang (median [IQR])	22.60 [21.17, 25.42]	23.45 [21.80, 24.20]	20.30 [18.28, 23.50]	0.005
kPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	24.15 [21.78, 26.40]	24.30 [21.73, 24.87]	21.15 [18.52, 24.30]	0.004

dPO6.PTV_Anfang (median [IQR])	17.25 [15.43, 19.78]	17.60 [16.30, 18.92]	14.85 [12.90, 17.72]	0.008
A06.PTV_Ende (median [IQR])	27.30 [24.80, 30.38]	27.75 [25.92, 29.18]	24.90 [23.08, 27.45]	0.006
WZO6.PTV_Ende (median [IQR])	26.40 [23.90, 29.52]	27.05 [25.15, 27.92]	24.10 [21.58, 26.65]	0.004

SZGO6.PTV_Ende (median [IQR])	25.05 [22.48, 28.30]	25.85 [24.40, 27.05]	22.20 [20.27, 25.35]	0.001
ZO6.PTV_Ende (median [IQR])	24.25 [21.78, 27.92]	25.25 [23.58, 26.12]	21.30 [19.15, 24.42]	0.001
kPO6.PTV_Ende (median [IQR])	25.40 [22.98, 28.30]	25.75 [24.25, 27.67]	22.85 [20.28, 25.65]	0.002
dPO6.PTV_Ende (median [IQR])	18.70 [16.62, 22.35]	19.75 [17.00, 20.48]	15.95 [13.47, 18.68]	0.001
A06.PTV_Differenz (median [IQR])	0.60 [-2.15, 3.40]	0.90 [-0.53, 2.53]	-0.45 [-2.02, 2.42]	ns
WZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	0.90 [-2.55, 4.35]	1.80 [0.00, 2.82]	0.60 [-1.12, 2.82]	ns
SZGO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.40 [-2.05, 4.53]	1.85 [0.52, 3.20]	1.15 [-0.68, 3.35]	ns
ZO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.40 [-1.57, 4.40]	2.10 [1.50, 3.55]	0.60 [-0.95, 3.35]	ns
kPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.75 [-1.12, 4.95]	3.50 [0.78, 4.42]	1.10 [-0.45, 3.18]	ns
dPO6.PTV_Differenz (median [IQR])	1.40 [-2.10, 4.92]	2.70 [0.63, 3.90]	0.85 [-0.90, 2.68]	ns

Tab. 5.25: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

Im retrognathen Gesichtstyp fielen kleinere Messwerte auf, als im prognathen oder orthognathen. Es lag ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gesichtstypen zu T1 und T2 vor.

Strecke	O	P	R	p
n	52	10	48	
AU6.RAV_Anfang (median [IQR])	17.60 [14.78, 20.02]	13.50 [11.62, 16.38]	14.80 [12.73, 16.75]	<0.001
WZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	19.10 [16.95, 21.02]	16.30 [14.15, 17.72]	16.35 [14.38, 17.70]	<0.001
SZGU6.RAV_Anfang (median [IQR])	19.05 [17.32, 20.80]	17.15 [13.78, 18.55]	16.55 [14.50, 18.22]	0.001
ZU6.RAV_Anfang (median [IQR])	19.10 [17.70, 21.27]	17.45 [13.93, 18.73]	17.00 [14.60, 18.52]	0.001
kPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	19.00 [16.90, 21.60]	17.20 [13.77, 19.00]	16.50 [14.12, 18.02]	0.001
dPU6.RAV_Anfang (median [IQR])	13.35 [11.47, 15.48]	11.50 [7.90, 12.85]	11.30 [8.52, 12.80]	0.003
AU6.RAV_Ende (median [IQR])	19.85 [17.30, 22.55]	19.50 [17.72, 20.53]	18.60 [16.38, 20.65]	ns
WZU6.RAV_Ende (median [IQR])	21.05 [19.98, 23.70]	20.85 [19.80, 22.10]	20.60 [18.90, 22.58]	ns
SZGU6.RAV_Ende (median [IQR])	21.35 [19.38, 23.12]	21.00 [20.10, 21.75]	20.35 [19.15, 22.45]	ns

ZU6.RAV_Ende (median [IQR])	21.80 [19.98, 23.72]	21.55 [20.45, 22.35]	20.60 [19.65, 22.85]	ns
kPU6.RAV_Ende (median [IQR])	21.55 [19.30, 23.58]	21.30 [19.98, 23.32]	20.40 [19.28, 22.73]	ns
dPU6.RAV_Ende (median [IQR])	15.30 [13.52, 17.83]	15.35 [14.00, 17.40]	14.65 [13.33, 16.55]	0.420
AU6.RAV_Differenz (median [IQR])	3.05 [-0.48, 6.00]	4.75 [1.92, 9.47]	3.45 [1.32, 7.10]	0.150
WZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	2.20 [-0.30, 5.50]	4.65 [1.95, 8.73]	4.25 [1.93, 8.35]	0.035
SZGU6.RAV_Differenz (median [IQR])	2.40 [-0.23, 5.50]	3.75 [1.50, 7.92]	4.50 [2.30, 7.80]	0.044
ZU6.RAV_Differenz (median [IQR])	2.00 [0.15, 4.70]	3.95 [1.55, 7.68]	5.10 [2.38, 7.55]	0.028
kPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	1.80 [0.30, 5.23]	3.65 [1.50, 8.38]	5.35 [1.75, 7.73]	0.024
dPU6.RAV_Differenz (median [IQR])	2.50 [-0.52, 4.80]	4.40 [1.82, 7.55]	4.75 [1.95, 7.03]	0.065

Tab. 5.26: vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR

Für die Messung nach distal in der unteren ZR konnte ein signifikanter Unterschied zu T1 für alle Referenzen und für einzelne auch für die Differenz gezeigt werden.

Die Strecken in der oberen ZR nach mesial vergrößerten sich. Im retrognathen Gesicht fielen tendenziell kürzere Strecken auf, siehe Tabelle 13.12.

Strecke	O	P	R	p
n	52	10	48	
iPUK1.kPU6_Anfang (median [IQR])	33.25 [31.30, 35.73]	35.15 [32.80, 36.57]	32.65 [30.35, 34.42]	0.051
aPUK1.aPU6_Anfang (median [IQR])	28.35 [26.20, 30.27]	31.20 [30.80, 32.75]	28.00 [26.25, 29.83]	0.002
iPUK1.kPU6_Ende (median [IQR])	34.15 [31.45, 36.47]	34.95 [32.75, 36.50]	34.35 [31.90, 35.70]	ns
aPUK1.aPU6_Ende (median [IQR])	26.95 [24.15, 29.60]	26.10 [25.38, 27.60]	25.90 [23.95, 28.80]	ns
iPUK1.kPU6_Differenz (median [IQR])	1.40 [-1.10, 3.73]	-0.05 [-2.67, 3.27]	1.25 [-0.45, 3.75]	ns
aPUK1.aPU6_Differenz (median [IQR])	-1.95 [-4.32, 1.72]	-4.65 [-8.25, -3.50]	-2.05 [-3.67, 0.10]	0.019

Tab. 5.27: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

In der unteren ZR wurde bei der inzisalen Messung bei den orthognathen und retrognathen Gesichtstypen eine Tendenz zur Vergrößerung der Strecken, bei den retrognathen Gesichtstypen eine Tendenz zur Verkleinerung der Strecken festgestellt. Für die apikale Messung lag ein signifikanter Unterschied zu T1 vor. Bezüglich der Differenz wurde apikal eine Streckenverkleinerung mit signifikantem Unterschied zwischen den Gesichtstypen festgestellt.

5.4.4.2 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Für die Winkelmessung im OK wurde ein signifikanter Unterschied zu T1 festgestellt. Der Winkel verkleinerte sich, am stärksten bei den Prognathen, jedoch ohne signifikanten Unterschied.

Auch der Winkel im UK verkleinerte sich, jedoch ohne signifikanten Unterschied. Siehe Tabelle 13.13.

5.4.4.3 Vergleich zweier Gesichtstypen

Für eine bessere Übersicht werden folgend nur die signifikanten Ergebnisse aufgeführt, die vollständige Tabelle (Tabelle 13.28) befindet sich im Anhang.

-Vergleich orthognather und prognather Gesichtstyp:

Ein signifikanter Unterschied in der unteren ZR zeigte sich beim Vergleich der beiden Gesichtstypen für die Messung nach distal für T1 für die Referenzen Apex (A) ($p= 0.007$) und Widerstandszentrum (WZ) ($p=0,012$) sowie für die Messung nach mesial für die Strecke zwischen den Apices ($p= 0,005$). Auch für die Differenz gab es einen signifikanten Unterschied für die Strecke zwischen den Apices ($p= 0,012$).

- Vergleich retrognather und orthognather Gesichtstyp:

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich beim Vergleich der beiden Gesichtstypen für die Messwerte des oberen 6-J-M zur PTV zu T1 und T2. Zu T1 fiel auch für die Strecken des unteren 6-J-M zur RAV eine statistische Signifikanz im Vergleich der beiden Gesichtstypen auf. Auch die Differenzen für die Strecken der Referenzen Z ($p= 0,028$) und koronaler Punkt (kP) ($p= 0,027$) zeigten einen signifikanten Unterschied. Für die Winkelmessung der Zahnachse des oberen 6-J-M konnte zu T1 das Signifikanzniveau erreicht werden.

- Vergleich prognather und retrognather Gesichtstyp:

Ein signifikanter Unterschied zeigte sich beim Vergleich der beiden Gesichtstypen für die Messwerte vom 6-J-M nach distal zur PTV für T1 für die Referenz Schmelz-Zement-Grenze

(SZG) sowie für alle Messungen zu T2. In der unteren ZR vom 6-J-M nach mesial wurde für die Differenz der Strecke zwischen den beiden Apices eine statistische Signifikanz festgestellt ($p= 0,012$).

5.5 Lineare Regressionen

5.5.1 Die Differenzen als abhängige Variablen

Unter der Annahme, dass alle Variablen voneinander abhängig sind, das heißt, alle Variablen stehen in Beziehung zueinander, lagen folgende Ergebnisse vor. Bei dieser Untersuchung stellt die Differenz der jeweiligen Strecke die abhängige Variable dar. Als mögliche Einflussvariablen wurden die Gesichtstypen prognath und retrognath, das Geschlecht, das Alter und die Zeit zwischen T1 und T2 in Betracht gezogen.

5.5.1.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal

Für die Differenzen der einzelnen Strecken des oberen 6-J-M konnten signifikante Einflüsse des Alters gefunden werden. Für alle Strecken außer der Referenz A wurde ersichtlich, dass mit zunehmendem Alter der Wert abnahm, das heißt, je älter der Patient war, desto weniger Unterschied gab es.

	kPO6.PTV_Differenz		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	5.97	0.68 – 11.25	0.027
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.31	-3.16 – 2.55	0.832
Gesichtstyp.T1 [r]	-1.20	-2.90 – 0.50	0.164
gender [male]	0.30	-1.31 – 1.91	0.710
Alter	-0.38	-0.72 – -0.05	0.025
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.42	-0.20 – 1.05	0.181
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.072 / 0.027		

Tab. 5.28: kP vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR

Mit zunehmendem Alter nahm der Wert um -0,38 ab, die Differenz sank um -0,38 mm je älter der Patient war.

Beispiel WZ in der unteren ZR: Bei den männlichen Patienten war die Differenz um 1,88 mm größer als bei den weiblichen, mit zunehmendem Alter nahm die Differenz um -0,41 mm ab und mit größerem zeitlichen Abstand zwischen T1 und T2 vergrößerte sich die Differenz um 0,91 mm. Dies war signifikant ($p= 0,024$ bzw. $p= 0,018$ bzw. $p= 0,005$). Für die Differenzen der einzelnen Strecken des unteren 6-J-M konnten signifikante Einflüsse gefunden werden. Für die Strecke AU6-RAV galt, dass zwischen T1 und T2, die Differenz um 0,92 mm zunahm. Dies war signifikant ($p= 0,014$). Für die Strecken vom WZU6-RAV, SZGU6-RAV, ZU6-RAV, kPU6-RAV und dPU6-RAV wurde ersichtlich, dass die männlichen Patienten eine größere Differenz aufwiesen als die weiblichen, mit zunehmenden Alter der Patienten nahm die Differenz ab und mit zunehmender Größe des zeitlichen Abstands zwischen T1 und T2 nahm die Differenz zu. Für die Referenz A wurde deutlich, dass sich mit größerem zeitlichen Abstand zwischen T1 und T2 sich die Differenz um 0,92 mm vergrößerte. Dies war signifikant ($p=0,014$), siehe Tabelle 13.14 und Tabelle 13.15.

5.5.1.2 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial

Die Differenz der Strecke in der oberen ZR zwischen dem koronalen und inzisalen Punkt war bei den männlichen Patienten um 2,14 mm größer als bei den weiblichen, wobei sich eine Signifikanz von $p=0,016$ ergab. Zwischen den apikalen Punkten war die Differenz der Strecke bei den männlichen Patienten um 2,13 mm größer, wobei die Signifikanz bei $p=0,018$ lag. Zwischen den apikalen Punkten in der unteren ZR war die Differenz der Strecke bei den prognathen Gesichtstypen um 4,07 mm kleiner, dies war auch signifikant ($p=0,006$). Siehe hierzu Tabellen Tabelle 13.16, Tabelle 13.17 und Tabelle 13.18.

5.5.1.3 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Mit zunehmender Größe des zeitlichen Abstands zwischen T1 und T2 nahm die Differenz des Winkels im OK um $1,15^\circ$ ab, wobei sich eine Signifikanz von $p=0,009$ ergab. Im UK wiesen die männlichen Patienten für den Winkel eine um $-2,60$ Grad größere Differenz auf als die weiblichen Patienten. Dieser Unterschied war signifikant ($p=0,039$). Bei den männlichen Patienten verkleinerte sich der Winkel stärker. Siehe Tabelle 13.19 und Tabelle 13.20.

Für die übrigen Differenzen konnten im linearen Regressionsmodell keine signifikanten Einflüsse gefunden werden.

5.5.2 Die Messungen zu T2 als abhängig und die Messungen zu T1 als unabhängige Variablen:

Um die Abhängigkeiten bezüglich der Variablen zu T2 zu bestimmen, wurde T1 als Basiswert in die Betrachtung miteinbezogen. Daraus ergaben sich folgende Beobachtungen:

5.5.2.1 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach distal

Predictors	A 06.PTV Ende		
	Estimates	CI	p
(Intercept)	17.93	11.53 – 24.32	<0.001
A06.PTV_Anfang	0.34	0.13 – 0.56	0.002
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.26	-2.80 – 2.29	0.842
Gesichtstyp.T1 [r]	-1.98	-3.50 – -0.45	0.011
gender [male]	1.11	-0.35 – 2.57	0.134
Alter	-0.09	-0.36 – 0.19	0.541
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.12	-0.68 – 0.44	0.669
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.226 / 0.181		

Tab. 5.29: A vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR

Für die Strecke vom A des oberen 6-J-M zur PTV-Ende gab es einen signifikanten Unterschied in den Messwerten zu AO6.PTV-Anfang ($p < 0,001$); sie wurde um 0,34 größer und bei den retrognathen Gesichtern fiel die Vergrößerung um -1,98 kleiner aus ($p = 0,011$).

Für die Strecke WZO6-PTV-Ende gab es einen signifikanten Unterschied in den Messwerten zu WZO6-PTV-Anfang; sie wurde um 0,42 größer ($p < 0,001$) und bei retrognathen fiel diese Vergrößerung um -1,88 kleiner aus ($p = 0,019$), siehe Tabelle 13.21. Dasselbe galt für die anderen Referenzen des oberen 6-J-M: Im Vergleich zum Anfang nahm die Strecke zu, bei den retrognathen Gesichtern war die Zunahme geringer.

Die Messung in der unteren ZR zeigte für die Strecke AU6-RAV-Ende signifikante Unterschiede zum Anfang: Die Strecke wurde um 0,25 größer ($p = 0,022$) und bezogen auf das Geschlecht, bei den männlichen Patienten um 1,92 größer ($p = 0,016$). Auch die Strecke KPU6-RAV-Ende wurde im Median um 0,27 mm signifikant größer ($p = 0,005$). Bei den männlichen Patienten vergrößerte sie sich um 1,81 mm mehr als bei den weiblichen, dies war signifikant ($p = 0,004$). Auch für die übrigen Referenzen des unteren 6-J-M galt: Die Stre-

cken wurden größer, bei den männlichen Patienten mehr als bei den weiblichen, siehe Tabelle 13.22 sowie Tabelle 13.23.

5.5.2.2 Lineare sagittale Messungen ausgehend vom 6-J-M nach mesial

Die Strecke vom kP des oberen 6-J-M zur inzisalen Referenz des oberen mittleren Inzisivus nahm signifikant zu, um 0,28 ($p=0,007$). Bei den männlichen Patienten war die Zunahme um 1,58 größer ($p=0,031$). Bei der apikalen Messung gab es eine signifikante Zunahme um 1,75 mehr bei den männlichen Patienten ($p=0,022$). Siehe Tabelle 13.24.

In der unteren ZR nahm die koronale Strecke signifikant zu, um 0,35 ($p=0,002$). Für die apikalen Referenzen konnten keine signifikanten Einflüsse gefunden werden, siehe Tabelle 13.25.

5.5.2.3 Anguläre Messungen ausgehend vom ersten Molaren nach kranial-mesial bzw. kaudal-distal in der oberen und unteren ZR

Die Größe des Winkels im OK zu T2 hing von der Größe des Winkels zu T1 ab, sowie von der Zeit zwischen T1 und T2; je mehr Zeit verging, desto mehr verkleinerte sich der Winkel. Die Größe des Winkels im UK zu T2 hing von der Größe des Winkels zu T1 ab, sowie vom Geschlecht. Bei den männlichen Patienten verkleinerte sich der Winkel um -2,41 Grad mehr als bei den weiblichen ($p=0,021$). Siehe Tabelle 13.26, Tabelle 13.27.

6 Diskussion

6.1 Material- und Methodenkritik

Kritische Betrachtung des Patientensamples

110 Patienten im Alter von 11,72 bis 14,30 Jahren (Median: 12,97) wurden von einer kieferorthopädischen Fachpraxis in München zur Verfügung gestellt. Das Patientenkollektiv setzte sich aus 67 Mädchen (60,9%) und 43 Jungen (39,1%) zusammen. Die Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 umfasste alle Patienten, die zu T1 jünger als 13 Jahre waren, Gruppe 2 alle Patienten, die zu T1 13 Jahre und älter waren. Beide Gruppen umfassten 55 Patienten.

Ein Kritikpunkt ist die Heterogenität der Patienten bezüglich des Gesichtstyps. 48 Patienten (43,6 %) wiesen einen retrognathen, 52 (47 %) einen orthognathen und nur 10 (9 %) einen prognathen Gesichtstyp auf. Die Bestimmung des Gesichtstyps ist für die kieferorthopädische Behandlung (sowohl orthodontisch als auch orthognath) insofern von Bedeutung, als dass nach Segner et al. die kieferorthopädische Behandlung beim retrognathen Gesichtstyp zumeist schwieriger als beim prognathen und orthognathen Gesichtstyp ist (Segner & Hasund, 2003). Segner vermutet, dass die Ursachen hierfür in den deutlich geringeren sagittalen Platzverhältnissen und dem geringeren Wachstumspotential des Unterkiefers liegen (Segner & Hasund, 2003). Auf Grundlage dessen ist eine Beeinflussung der Ergebnisse anzunehmen, jedoch waren diesbezüglich adäquate Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Eine Übersicht über die verwendete Literatur im Hinblick auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede findet sich im Anhang (Tabelle 13.29).

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Die Anfangsbefunde T1

Die sechs **sagittalen Streckenmessungen** in der oberen ZR nach **distal** verlaufend vom oberen 6-J-M zur konstruierten PTV, kennzeichnen das Ende der oberen Alveole. Die sechs linearen Messungen in der unteren ZR nach distal verlaufend vom unteren 6-J-M ausgehend zur konstruierten RAV, kennzeichnen das Ende der unteren Alveole. Diese Messungen (zur Übersicht wird repräsentativ der distalste Punkt ausgewählt) zeigen Längenunterschiede zwischen der oberen und unteren ZR, die Strecke in der unteren ZR (dPU6.RAV_Anfang 12.10 [9.85, 14.57]) ist stets kleiner als die in der oberen ZR (dPO6.PTV_Anfang 16.25 [14.00, 19.20]), wobei in der oberen wesentlich mehr Platz zur Verfügung steht. Dies gilt für alle sechs Messpunkte und kann der ausgewählten Malokklusion (hier Angle-Klasse II vor und im Wachstumsstadium) geschuldet sein.

Obere ZR:

Gahl zeigt für diese distale Messung wie in der vorliegenden Studie eine Streckengröße von $16.0 \text{ mm} \pm 4.85 \text{ mm}$ (Gahl, 2019). Miclotte zeigt in zwei Studien, ebenfalls für diese distale Referenz, jedoch zu einer PTV, die senkrecht zur Frankfurter Horizontale (F.H.) verläuft (und nicht zu NL) vergleichbare Streckengrößen nach distal mit Medianwerten von 16,2 mm beziehungsweise 16,3 mm (Miclotte, Grommen, Cadenas de Llano-Perula et al., 2017; Miclotte, Grommen, Lauwereins et al., 2017). Die vorliegenden Studienergebnisse sind somit auch mit denen von Miclotte vereinbar. Nienkemper zeigt Streckengrößen von 20.3 mm (für die Referenz Zentroid) und 21.6 mm (für die Referenz Trifurkation), die ebenfalls vergleichbar mit dieser Studie sind (Median ZO6.PTV_Anfang 21.80 mm; WZO6.PTV_Anfang 24.30 mm) (Nienkemper et al., 2014). Kinzinger ermittelt für die Streckengröße der Referenz Schmelz-Zement-Grenze zur PTV $18.18 \pm 3.53 \text{ mm}$, was tendenziell kleiner ist als der Wert aus vorliegender Studie (Medianwert SZGO6.PTV_Anfang 22.50 mm) (G. S. Kinzinger et al., 2009). Seine Messmethode weicht dahingehend ab, dass die PTV als Vertikale durch die F.H. definiert wird. Angeliери zeigt in einer Studie, in der die PTV senkrecht zur F.H. konstruiert wird, für die Strecke Zentroid-PTV auch vergleichbare Werte ($22.6 \text{ mm} \pm 3,4$

mm), in vorliegender Studie lag der Medianwert für ZO6.PTV_Anfang bei 21.80 mm (Angelieri et al., 2006).

Untere ZR:

Nguyen stellt für den Abstand zwischen dem distalen Punkt des unteren 6-J-M zum anterioren Rand des Ramus bei Patienten im Alter von 12 Jahren eine Streckengröße von 7.11 mm \pm 3.02 mm sowie im Alter von 14 Jahren eine Streckengröße von 10.22 mm \pm 3.01 mm fest (Nguyen, 2020). Diese Werte sind kleiner als die in vorliegender Studie (Medianwert 12.10 [9.85, 14.57]). Miclotte untersucht auch die Größe des retromolaren Raums, nur eignet sich diese Studie aufgrund unterschiedlicher Messmethoden (zweiter unterer Molar zum Ricketts-Point) nicht zum Vergleich (Miclotte, Grommen, Cadenas de Llano-Perula et al., 2017).

Die **sagittalen Streckenmessungen** nach **mesial** in der **oberen und unteren ZR** verlaufen vom Apex des 6-J-M zum Apex des mittleren Inzisivus und vom koronalen Punkt des 6-J-M zum Inzispunkt. Die Messungen vom 6-J-M nach mesial zeigten ebenfalls Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR. In der oberen ZR war die inzisale Strecke größer als in der unteren (iPOK1.kPO6_Anfang 36.55 mm [34.32, 39.00]; iPUK1.kPU6_Anfang 33.00 [31.00, 35.18]). Im apikalen Bereich war die Strecke in der unteren ZR größer (aPOK1.aPO6_Anfang 24.85 mm [23.42, 26.15]; aPUK1.aPU6_Anfang 28.35 [26.33, 30.50]).

Ein Vergleich mit der Literatur erweist sich für beide Messungen als schwierig, da unterschiedliche Messmethoden vorliegen.

Die **angulären Messungen** zeigen sowohl im OK als auch im UK eine Mesialklippung für den 6-J-M (Medianwert ZAO6 102.55°, ZAU6 86.55°). Gahl gibt für den von ihr nach distal-kaudal gemessenen Winkel im OK eine Größe von 80.7° \pm 7.04° an (Gahl, 2019). Dieser Wert ist deutlich kleiner als in vorliegender Studie. Nienkemper gibt für diesen Winkel nach distal-kaudal gemessen im OK am Anfang eine Größe von 101.1 \pm 7,1° an (Nienkemper et al., 2014). Dies wäre mit vorliegender Studie vergleichbar. Angelieri gibt für den Winkel im OK vor Behandlung, jedoch nach mesial-kaudal gemessen, eine Größe von 101.6 \pm 4.2° an (Angelieri et al., 2006).

Geschuldet der fehlenden vergleichbaren Messungen in der Literatur ist eine ausführliche Diskussion des Winkels im UK nicht möglich.

Korrelationen der vorliegenden Ergebnisse in Relation zu ausgewählten anamnestischen und diagnostischen Kriterien:

Bezüglich des **Geschlechts** fiel zu T1 folgendes auf:

Für die Messungen nach distal

Obere ZR

Lerche misst den Abstand des distalsten Punktes der Krone des 6-J-M zur PTV, wobei die PTV senkrecht zur F.H. steht und durch den Pterygoidpunkt verläuft (Lerche, 2019). Bei ihm weisen im Alter von 12 Jahren die männlichen Patienten eine Streckengröße von $14.2 \text{ mm} \pm 3.3 \text{ mm}$ auf und die weiblichen eine von $13.8 \pm 3.9 \text{ mm}$; damit sind sie kürzer als die Medianwerte in der vorliegenden Studie.

Untere ZR

Nguyen stellt für die Streckengrößen beim Anfangsbefund für die männlichen Patienten $6,85 \text{ mm} \pm 3,22 \text{ mm}$ und für die weiblichen $7,45 \text{ mm} \pm 2,73 \text{ mm}$ fest (Nguyen, 2020). Diese Strecken sind deutlich kleiner als die Werte in vorliegender Studie. Dies könnte daran liegen, dass das Alter bei uns im Median bei 12,97 Jahren lag und in Nguyens Studie bei 12 Jahren oder an der unterschiedlichen Messmethode. Übereinstimmend ist die Beobachtung, dass die Strecken bei den weiblichen Patienten tendenziell größer waren als bei den männlichen, jedoch nicht signifikant.

Ghougassian untersucht den Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsstadium der unteren dritten Molaren und der Größe des retromolaren Raums (Ghougassian & Ghafari, 2014). Für seine Messungen konstruiert er eine senkrecht zur F.H. stehende Hilfslinie, die durch den konkavsten Punkt des Vorderrands des Ramus verläuft. Von dieser Hilfslinie ausgehend erfolgt die Messung zum distalsten Punkt des unteren 6-J-M. Für die männlichen Patienten (Alter von $13,60 \pm 2.70$ Jahre), stellt er eine Streckengröße von $13,01 \text{ mm} \pm 4,70 \text{ mm}$; für die weiblichen (Alter von 13.20 ± 2.90 Jahre) eine Strecke von $10,31 \text{ mm} \pm 4,30 \text{ mm}$ fest (Ghougassian & Ghafari, 2014). Für die männlichen Patienten waren die Werte in vorliegender Studie dagegen kleiner, für die weiblichen größer. Dies könnte auf die unter-

schiedliche Messmethode zurückzuführen sein. Das ausgewählte Patientensample war zu T1 bezüglich des chronologischen Alters vergleichbar. Zu diesem Zeitpunkt gab es keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied bezüglich der distalen Strecken, jedoch lässt sich interessanterweise tendenziell eine größere Strecke bei den weiblichen Patienten erkennen, was sich darauf zurückführen lässt, dass die weiblichen Patienten durchschnittlich etwa zwei Jahre früher in den Wachstumsschub und die Pubertät kommen als die männlichen Patienten (Proffit et al., 2018). Chen stellt für den retromolaren Raum eine Streckengröße von $13,57 \text{ mm} \pm 0,61 \text{ mm}$ (männliche Patienten) und $14,95 \text{ mm} \pm 0,34 \text{ mm}$ (weibliche Patienten) im Alter von 13 Jahren fest (Chen et al., 2010). Diese Werte sind größer als die Medianwerte in vorliegender Studie, aber auch bei Chen sind die Strecken bei den weiblichen Patienten größer als bei den männlichen.

Für die Messungen nach mesial

Obere ZR

Da rein sagittale Messungen betrachtet wurden, können zum Vergleich der Messungen nach mesial übereinstimmende Messpunkte aus Studien an Gipsmodellen herangezogen werden. Die in der Literatur generell verwendeten Begriffe „Zahnbogenlänge“ und „Zahnbogentiefe“ (im Englischen „length“ und „depth“) beziehen sich auf denselben hier verwendeten sagittalen Parameter. Bondevik untersucht an Gipsmodellen die Streckenlänge vom Kontaktpunkt der oberen mittleren Inzisiven zur Verbindungslinie der distalen Flächen der 6-J-M (so dass sie mit der Messung nach mesial in vorliegender Arbeit vergleichbar ist) (Bondevik, 2015). Die untersuchten Probanden waren alle erwachsen (22-43 Jahre alt) und durchliefen im beobachteten Zeitraum keine kieferorthopädische Behandlung (Bondevik, 2015). Bei den männlichen Patienten stellt er eine Streckengröße von 37.108 mm fest, bei den weiblichen 36.390 mm. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Messpunkte (distale Fläche versus koronaler Punkt) und die durchschnittliche Zahnbreite eines oberen ersten Molaren, so sind die Strecken bei Bondevik deutlich kürzer. Die Studie von Bondevik kann aber nicht als adäquater Vergleich dienen, da die Patienten in vorliegender Studie im Wachstum waren und kieferorthopädisch behandelt wurden.

Bezüglich der apikalen Streckengröße zeigte die vorliegende Studie keinen geschlechtsspezifischen Unterschied auf, es bedarf aber noch weiterer Untersuchungen, um dieses Ergebnis zu überprüfen.

Untere ZR

Auch Bondevik stellt keinen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied fest (Bondevik, 2015). Der Vergleich mit dieser Studie eignet sich aber nicht, da bei Bondevik die Patienten kein Wachstum mehr aufwiesen. Bezüglich der apikalen Streckengröße zeigte die vorliegende Studie keinen geschlechtsspezifischen Unterschied auf, es bedarf aber noch weiterer Untersuchungen, um dieses Ergebnis zu überprüfen.

Für die **angulären Messungen** ließ sich in der Literatur, keine vergleichbare Messmethode, korreliert mit dem Geschlecht, finden, um dieses Ergebnis zu untermauern.

Bezogen auf **das Alter (gesamtes Patientensample)** fielen folgende Unterschiede auf:

Für die **sagittalen Messungen** vom 6-J-M in der **oberen und unteren ZR** nach **distal** lag ein signifikanter Zusammenhang vor, je älter der Patient war, umso größer war die Strecke. Dieses Ergebnis kann durch andere Studien gestützt werden, die ebenfalls größere Strecken bei älteren Patienten feststellen (Chen et al., 2010; Nguyen, 2020). Auch Ghougassian zeigt in seiner Studie einen Zusammenhang zwischen der Größe des retromolaren Raumes und dem Alter der untersuchten Patienten (Ghougassian & Ghafari, 2014). Hotz zieht aus seiner Untersuchung die Schlussfolgerung, dass der Bereich der Zuwachszahnung bei älteren Patienten größer bzw. länger ist, da die zweiten oberen Molaren sich bereits im Durchbruch befinden und währenddessen der Bereich der Zuwachszahnung größer werden muss (R. Hotz, 1976).

Die **sagittalen Messungen nach mesial** zeigten in der **oberen ZR** auch einen signifikanten Zusammenhang für die inzisale ($p= 0.042$) und apikale ($p= 0.024$) Messung. Die inzisale Messung zeigte: je älter der Patient war, desto kleiner war die Strecke; die apikale: je älter der Patient war, desto größer war die Strecke. Die Messung nach mesial in der **unteren ZR** zeigte für die inzisale einen signifikanten Zusammenhang ($p= 0.006$): je älter der Patient war, desto kleiner war die Strecke.

Ein Vergleich mit anderen Studien wird durch Unterschiede in Studiendesign, Methodik und Patientensample erschwert. Bondevik und Bishara stellen eine Verkürzung der „Zahnbogentiefe“ mit zunehmendem Alter fest (Bishara et al., 1994; Bondevik, 2015). Hierbei ist einschränkend anzumerken, dass das Patientensample bereits ausgewachsen war. Auch

Schols stellt in seiner Studie eine Verkürzung der Zahnbogentiefe bei Adoleszenten fest (Schols, 1988). Daraus kann folgende Schlussfolgerung gezogen werden: Bei den inzisalen Messungen könnten die kleineren Strecken auf eine Molarenvorwanderung zurückgeführt werden, die Vergrößerung der apikalen Strecken in der oberen ZR könnten auf eine Molarenkipfung bzw. Inzisivikippung zurückzuführen sein.

Die **anguläre** Messung im OK zeigte einen signifikanten Zusammenhang: je älter der Patient, desto kleiner war der Winkel ($p= 0.000$). Auch für die Messung im UK ergab sich ein signifikanter Zusammenhang: je älter der Patient, desto größer war der Winkel ($p= 0.003$). Um dieses Ergebnis zu überprüfen bedarf es aber noch weiterer Untersuchungen.

Bezogen auf Unterteilung des **Alters in zwei Gruppen** fielen folgende Unterschiede auf: Die **sagittalen Messungen in der oberen ZR** vom 6-J-M nach **distal** zeigten einen signifikanten Unterschied. Die Strecken waren in der älteren Gruppe länger (Medianwert dPO6.PTV Gruppe 1 15.20 mm, Gruppe 2 18.10 mm mit $p < 0.001$). Auch in der **unteren ZR** zeigte sich ein signifikanter Unterschied; auch hier waren die Strecken in der älteren Gruppe länger (Medianwert dPU6.RAV Gruppe 1 11.30 mm, Gruppe 2 13.00 mm mit $p < 0.001$). Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass sich der retromolare Raum im Zuge des Durchbruchs der Zuwachszahnung vergrößert.

Die Messung nach **mesial** zeigte in der oberen ZR für die inzisale Strecke einen tendenziell größeren Medianwert für Gruppe 1 als für Gruppe 2. Für die inzisale Strecke in der unteren ZR zeigte sich ein signifikanter Unterschied, die Strecke war in Gruppe 2 kürzer (iPUK1.kPU6.Anfang Gruppe 1 33.80 mm; Gruppe 2 32.50 mm). Hiermit wird unterstrichen, dass sich die Zahnbogentiefe mit zunehmendem Alter verkürzt (Bondevik, 2015; Schols, 1988)(Bishara et al., 1994). Auch der Medianwert für die apikale Strecke war in Gruppe 1 tendenziell größer als in Gruppe 2. Dieser Unterschied erwies sich als nicht signifikant, was den Schluss zulässt, dass im apikalen Bereich keine großen Unterschiede in der Streckenlänge bestehen.

Die **anguläre** Messung im OK zeigte einen signifikanten Unterschied ($p < 0.001$). Der Winkel war in der jüngeren Gruppe größer (Medianwert ZAO6.NL 104.90°) als in der älteren (Medianwert ZAO6.NL 101.60°). Die anguläre Messung im UK zeigte einen signifikanten Un-

terschied ($p= 0.016$). Der Winkel war in der jüngeren Gruppe kleiner (Medianwert ZAU6.ML 84.90°) als in der älteren (Medianwert ZAU6.ML 87.90°). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Molaren bei jüngeren Patienten stärker nach mesial geneigt sind.

Bezogen auf den **Gesichtstyp** fielen folgende Unterschiede auf:

Um eine differenzierte diagnostische Betrachtung zu ermöglichen, erfolgte eine Einteilung nach dem Gesichtstyp von Björk im Rahmen der individualisierten Kephalemtrie nach Segner und Hasund (Björk, 1947; Segner & Hasund, 2003). Der Gesichtstyp wurde nach der Größe des SNA-Winkels zu T1 definiert. Die sagittale Relation der Maxilla zur vorderen Schädelbasis wird durch den SNA-Winkel beschrieben (Segner & Hasund, 2003). Liegt zum Beispiel der Wert für den SNA-Winkel bei $< 79^\circ$ dann wäre er dem retrognathen Feld zuzuordnen, liegt er zwischen 79° und 85° so wäre er im orthognathen Feld. Größere Werte des SNA-Winkels beschreiben ein prognathes Gesicht.

Der Gesichtstyp wird durch fünf kephalometrischen Messungen (SNA, SNB, NL-NSL, ML-NSL und NSBa) bestimmt, aus deren Zusammenschau sich eine systematisch aufgebaute Wegweisung zur personalisierten Diagnose und Therapie mit Retention ergibt (Björk, 1947; Habersack & Hasund, n. d.; Ihlow & Rudzki, 2017).

Für den Gesichtstyp bestand ein signifikanter Unterschied für alle Messungen in der **oberen ZR** nach **distal**. Im retrognathen Gesicht waren die Strecken kürzer. In der **unteren ZR** zeigten auch alle Messungen nach **distal** einen signifikanten Unterschied. Dieses Ergebnis lässt sich damit unterstützen, dass im retrognathen Gesicht die Strecken kürzer sind (Segner & Hasund, 2003). Nur bei den Referenzen Apex und Widerstandszentrum waren die Strecken im retrognathen Gesicht knapp nicht am kürzesten, sondern tendenziell größer als im prognathen.

Die Streckenmessungen nach **mesial** zeigten in der **oberen ZR** keinen signifikanten Unterschied, in der **unteren ZR** aber für die apikale Messung ($p=0.002$, Medianwerte $o= 28.34$ mm, $p= 31.20$ mm, $r= 28.00$ mm). Die Strecken waren im retrognathen Gesicht kürzer.

Die **anguläre Messung** im OK zeigte einen signifikanten Unterschied ($p= 0.030$). Der Winkel war im orthognathen Gesicht am kleinsten (Medianwert ZAO6.NL 101.65°) und im retrognathen am größten (Medianwert ZAO6.NL 104.95°). Dies führt zu der Annahme, dass der 6-J-M im retrognathen Gesicht gekippter steht; dies könnte auf den geringeren Platz zurückzuführen sein, der es dem Zahn nicht erlaubt, gerader durchzubrechen. Im prognathen

then Gesicht waren größere Strecken vorhanden, deshalb konnte der 6-J-M gerader durchbrechen. Diese Vermutung wird durch die Streckenmessungen bestätigt, im retrognathen lagen kürzere Strecken vor. Für die anguläre Messung im UK zeigte sich kein signifikanter Unterschied.

6.2.2 Die Endbefunde T2

Zu T2 waren die **sagittalen Strecken nach distal** in der **unteren ZR** (dPU6.RAV_Ende 14.90 [13.50, 17.25]) kleiner als in der oberen (dPO6.PTV_Ende 17.75 [14.88, 20.28]). Hier kann auf die während der Behandlung veränderte Bisslage hingewiesen werden, von einer Klasse II Malokklusion in eine Klasse I Okklusion, die mit einer Vorverlagerung des unteren zahntragenden Abschnitts nach ventral bei gleichzeitigem skelettalen Wachstum verbunden ist. Dies entspricht der klinischen Erfahrung einer ca. 3 jährigen Behandlungszeit.

Obere ZR:

Miclotte gibt für T2 im Median Werte für die Messung in der oberen ZR von 18,2 mm beziehungsweise 18.9 mm (16.4; 21.0) an (Miclotte, Grommen, Cadenas de Llano-Perula et al., 2017; Miclotte, Grommen, Lauwereins et al., 2017). Somit stimmen die Ergebnisse weitgehend überein. Angelieri bekommt für die distale Messung für die Referenz Zentroid einen Wert von $22,7 \pm 3,8$ mm. Das Ergebnis der vorliegenden Studie passt dazu (ZO6.PTV_Ende 23.30 mm [20.60, 25.85]) (Angelieri et al., 2006).

Untere ZR:

Nguyen stellt für das Patientensample im Alter von 18 Jahren eine Streckengröße nach **distal** von $11.92 \text{ mm} \pm 2.15 \text{ mm}$ fest. Diese Werte sind kleiner als die in vorliegender Studie (dPU6.RAV_Ende 14.90 mm [13.50, 17.25]) (Nguyen, 2020). Die Ergebnisse zeigten mit ihren Medianwerten eine Größe auf, in der problemlos der zweite Molar seinen Platz findet, für den dritten Molaren jedoch noch eine weitere Größenzunahme nach distal nötig wäre. Diese Aussage stützt sich auf die Relation der bekannten mittleren Zahnbreiten diese Zäh-

ne (Moorrees, 1959).

Die Messungen vom 6-J-M nach **mesial** zeigten ebenfalls Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR. In der oberen ZR war die inzisale Strecke größer als in der unteren (iPOK1.kPO6_Ende 38.20 mm [35.42, 40.40]; iPUK1.kPU6_Ende 34.30 mm [31.90, 36.20]). Im apikalen Bereich war die Strecke in der unteren ZR nur geringfügig größer (aPOK1.aPO6_Ende 26.10 mm [23.83, 28.65]; aPUK1.aPU6_Ende 26.25 mm [24.02, 28.80]). Dies könnte als geringfügige Protrusion der oberen und unteren Inzisivi interpretiert werden. Ein Vergleich mit der Literatur erweist sich als schwierig, da sich die Messmethoden unterscheiden.

Die **angulären** Messungen zeigten im OK und im UK eine Mesialkipfung des 6-J-M (ZAO6.NL.Winkel_Ende 99.85° [96.83, 103.30]; ZAU6.ML.Winkel_Ende 84.35° [81.00, 88.07]). Ein Vergleich mit anderen Studien bezüglich der Kippung des oberen 6-J-M ist aufgrund unterschiedlicher Referenzlinien beziehungsweise Referenzwinkeln kritisch anzusehen. Nienkemper stellt eine Winkelgröße von 102,7° fest. Dieser Wert ist größer als der Wert vorliegender Studie, was auf die unterschiedliche Behandlungsmechanik zurückzuführen sein kann (körperliche Molarendistalisation mit skelettal verankertem Beneslider, daher weniger Kippung nach distal) (Nienkemper et al., 2014). Angeliери stellt eine Winkelgröße von 106,0°± 4,8 mm fest (Angeliери et al., 2006). Dieser Wert ist größer als der Wert vorliegender Studie, was auf die unterschiedliche Behandlungsmechanik und Messmethode zurückzuführen sein kann (Therapie mit einer Pendulum-Apparatur). Fuziy ermittelt eine Winkelgröße von 111,73°. Auch dieser Wert liegt über dem der vorliegenden Untersuchung, was auf die unterschiedliche Behandlungsmechanik (Pendulum-Apparatur) und Messmethode zurückzuführen ist (Fuziy et al., 2006).

Bezüglich der Winkelmessung im UK konnten keine Studien gefunden werden, die für einen Vergleich geeignet gewesen wären.

Korrelationen der vorliegenden Ergebnisse in Relation zu ausgewählten anamnestischen und diagnostischen Kriterien:

Bezüglich des **Geschlechts** fielen zu T2 einige signifikante Unterschiede auf:

Für die Messung nach **distal in der unteren ZR:**

Alle Streckenmessungen zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlech-

tern, wobei die männlichen Patienten größere Strecken aufwiesen. Der signifikante Unterschied bei T2 deutet auf eine unterschiedliche Größenzunahme der distalen Strecken hin. Dieser Unterschied könnte auf geschlechtsspezifische Wachstumsprozesse im Unterkiefer zurückzuführen sein. Nguyens Ergebnisse zeigen keinen eindeutigen Unterschied im Wachstumstrend des retromolaren Raums zwischen weiblichen und männlichen Patienten (Nguyen, 2020; Nguyen et al., 2022). Auch Lerche kann in seiner Studie keinen eindeutigen geschlechtsspezifischen Unterschied in der Entwicklung des retromolaren Raumes bezüglich des Geschlechts feststellen (Lerche, 2019). Ghougassian und Chen hingegen finden einen geschlechtsspezifischen Unterschied; der retromolare Raum ist bei männlichen Patienten größer (Chen et al., 2010; Ghougassian & Ghafari, 2014).

Für die Messung nach **mesial**:

Die apikale Streckenmessung in der **oberen ZR** zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern ($p=0,033$). Die Strecke war bei den männlichen Patienten größer als bei den weiblichen. Obwohl die Messmethode unterschiedlich ist, könnte dieses Ergebnis mit den Ergebnissen anderer Studien übereinstimmen, die ebenfalls einen Geschlechtsunterschied feststellten, nämlich eine größere Länge der Zahnbögen bei männlichen Patienten als bei weiblichen (Bondevik, 2015).

Die **anguläre** Messung im UK zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern ($p=0,014$). Der Winkel war bei den männlichen Patienten kleiner als bei den weiblichen. Dies lässt auf eine stärkere Mesialkippung des 6-J-M bei den männlichen Patienten schließen. Aufgrund des Fehlens vergleichbarer Messungen in der Literatur ist eine detaillierte Diskussion dieses Ergebnisses nicht möglich.

Bezüglich der Veränderung der apikalen Strecke sowie der Winkelmessung konnten keine Studien gefunden werden, die für einen Vergleich geeignet gewesen wären.

Bezüglich des **chronologischen Alters** fielen zu T2 einige signifikante Unterschiede auf:

Für die Messung nach **distal** in der **oberen ZR** wurde ein signifikanter Zusammenhang für die Strecken SZG, Z, kP und dP zur PTV aufgezeigt. Die Korrelation war positiv, somit gilt: je älter der Patient, desto größer die Strecken. Für die Strecken von den Referenzen A und WZ konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Dies deutet darauf hin,

dass der retromolare Raum bei älteren Patienten größer ist, da sich bei ihnen die Zuwachszähne im Durchbruch befinden oder bereits durchgebrochen sind (R. Hotz, 1976). Dass für T2 die Strecken zur Referenz A und WZ keinen signifikanten Zusammenhang zeigten, könnte darauf zurückzuführen sein, dass in diesem Bereich keine altersspezifischen Unterschiede vorliegen.

In der **unteren ZR** konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, jedoch lässt sich tendenziell wieder erkennen: je älter der Patient, desto größer die Strecken. Lerche findet in seiner Studie eine hohe Korrelation zwischen dem chronologischen Alter und der Größe des retromolaren Raums im UK (Lerche, 2019).

Für die Messung nach **mesial**: Die inzisale Streckenmessung in der **oberen und unteren ZR** zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem Patientenalter. Es zeigte sich ein negativer Korrelationskoeffizient, d.h. je älter der Patient, desto kleiner war die Strecke. Dies stimmt mit anderen Studien überein, die zeigen, dass die „Zahnbogentiefe“ mit zunehmendem Alter abnimmt (Bondevik, 2015; Moorrees, 1959; Schols, 1988). Moorrees untersucht an Gipsmodellen die Streckengröße zwischen einer Tangente an den labialen Oberflächen der zentralen Schneidezähne zu einer Hilfslinie, die mesial der gegenüberliegenden ersten Molaren verläuft (Moorrees, 1959). Bezüglich dieser sagittalen Bogenlänge dient die Modellmessung von Moorrees als Anhaltspunkt für den kephalometrischen Vergleich. Obwohl es sich um eine unterschiedliche technische Analyse handelt (3D Modellanalyse, sagittal und transversal versus 2D Fernröntgenseitenbildmessung, sagittal und vertikal), eignet sich der sagittale Schenkel für den Vergleich, da keine absoluten Werte, sondern nur Veränderungen verglichen werden. Er kommt zu dem Schluss, dass die Zahnbogenlänge mit dem Alter abnimmt.

Die **anguläre** Messung im OK zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem Patientenalter ($p= 0,039$). Es zeigte sich ein negativer Korrelationskoeffizient, d.h. je älter der Patient, desto kleiner war der Winkel.

Bezogen auf die Unterteilung des **Alters in zwei Gruppen** zeigten die **sagittalen Messungen** vom oberen 6-J-M nach **distal** nur für die Referenzen Z und dP einen signifikanten Unterschied. Die Strecken waren in der älteren Gruppe länger, was wiederum zeigt, dass sich der retromolare Raum mit dem Durchbruch der Zuwachszähne vergrößert. In der **unteren ZR** gab es dagegen keinen signifikanten Unterschied, aber auch hier sind in der älteren

Gruppe längere Strecken zu erkennen. Dies ist auf den erfolgten Durchbruch der unteren zweiten Molaren zurückzuführen (R. Hotz, 1976).

Sowohl bei der Messung nach **mesial** als auch bei der **angulären Messung** konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. In beiden Gruppen scheinen also ähnliche Veränderungen während der kieferorthopädischen Behandlung und des Wachstums stattgefunden zu haben.

Bezogen auf den **Gesichtstyp** fielen folgende signifikante Unterschiede auf:

Für die **sagittale Messung** vom oberen 6-J-M nach **distal**: Für die Streckenlängen in der **oberen ZR** konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gesichtstypen nachgewiesen werden. Bei retrognathen Gesichtern waren die Messwerte kleiner als bei prognathen oder orthognathen Gesichtern, da bei retrognathen Gesichtern in sagittaler Richtung weniger Platz zur Verfügung steht (Segner & Hasund, 2003). Für die Streckenlängen in der unteren **ZR** konnte hingegen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, bei den drei Gesichtstypen scheint es nach der Therapie keinen signifikanten Unterschied in der Größe der Strecken zu geben. Bei Betrachtung der Medianwerte fielen tendenziell wieder die kürzeren Strecken im retrognathen Gesicht auf. Sowohl für die Messung nach **mesial** als auch für die **anguläre** Messung konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. In den Gesichtstypen scheinen also ähnliche Veränderungen während der kieferorthopädischen Behandlung und des Wachstums stattgefunden zu haben.

Für die vorgelegten Ergebnisse ließ sich in der Literatur keine vergleichbare Messmethode, korreliert mit dem Gesichtstypen, finden, um diese zu überprüfen oder einzuordnen.

6.2.3 Vergleich der Differenzen der Strecken und Winkel in der oberen und unteren ZR

Für die Messung nach distal in der oberen ZR:

Die Strecken distal des ersten oberen Molaren vergrößerten sich bei allen Patienten. Deutlich wurde eine Zunahme der Streckengrößen von koronal nach apikal. Diese Veränderungen sind sowohl auf Entwicklungs- (dento-alveolär) als auch Wachstumsprozesse (basal)

zurückzuführen, in einer Zeit, die durch den Durchbruch der Zuwachszähne (zweite und dritte obere Molaren) charakterisiert ist (R. Hotz, 1976).

Vergleichbar hierzu ist eine Studie von Miclotte, in der die gleiche distale Referenz für den oberen 6-J-M verwendet wurde, zu einer PTV, die jedoch senkrecht zur F.H. und nicht wie in der vorliegenden Studie zur NL (Miclotte, Grommen, Lauwereins et al., 2017). Nur die Gruppe in der Studie von Miclotte, in der die Patienten keinen Headgear trugen eignet sich hier zum Vergleich. Die festgestellten Streckenvergrößerungen betragen bei der Non-Headgear Gruppe im Median 1,9 mm. Dieses Ergebnis deutet laut Miclotte darauf hin, dass ein Mesialdrift der oberen ersten 6-J-M und eine Vorverlagerung des Oberkiefers stattgefunden hat (Miclotte, Grommen, Lauwereins et al., 2017). In vorliegender Studie vergrößerte sich der Abstand des distalsten Punktes zur PTV im Median um 1,15 mm. Nienkemper schlussfolgert, dass bei Distalisierungen von Molaren sich die Referenzpunkte im Bereich der Zahnkrone mehr nach distal bewegen als die übrigen Punkte (Nienkemper et al., 2014). In vorliegender Studie fiel auch eine größere Differenz im Bereich der koronalen Messbereiche auf, was auf eine Kippung schließen lässt. In einer anderen Studie untersucht Kinzinger die Veränderung des Punktes SZG zur PTV und zeigt eine Distalisierung von $3,02 \text{ mm} \pm 0,53 \text{ mm}$ (G. S. Kinzinger et al., 2009). Seine Messmethode weicht dahingehend ab, dass die PTV als Vertikale durch die F.H. definiert wird. In vorliegender Studie wurde die Strecke im Median um 1,35 mm größer. Dieser Unterschied ist auf die unterschiedliche Verankerungsmechanik/Behandlung sowie die Unterschiede in der Messmethode zurückzuführen.

Für die Messung nach distal in der unteren ZR:

Die Strecken distal des unteren 6-J-M vergrößerten sich bei allen Patienten. Deutlich wurde auch eine Mesialkippung anhand der Zunahme der Streckengröße von der apikalen zur koronalen Referenz. Lerche führt eine Wachstumsanalyse des retromolaren Raums bei Patienten im Alter von 9 bis 16 Jahren durch und kann ebenfalls eine Vergrößerung feststellen (Lerche, 2019). Ghougassian untersucht den Zusammenhang zwischen dem Entwicklungsstadium der unteren dritten Molaren und der Größe des retromolaren Raumes. Für seine Messungen konstruiert er eine senkrecht zur F.H. stehende Hilfslinie, die durch den konkavsten Punkt des Vorderrands des Ramus verläuft (Ghougassian & Ghafari, 2014). Von dieser Hilfslinie ausgehend erfolgt die Messung zum distalsten Punkt des unteren 6-J-M. Auch er stellt eine Vergrößerung des retromolaren Raumes fest (Ghougassian & Ghafari,

2014). Das Ziel einer Studie von Kim ist es, die anatomische Grenze für die Distalisierung von Molaren im retromolaren Raum des Unterkiefers zu untersuchen. Dafür generiert er Fernröntgenseitenbilder aus CT-Aufnahmen und untersucht die Strecke von der distalen Fläche des unteren zweiten Molaren zur anterioren Begrenzung des Ramus ascendens parallel zur Occlusionslinie (konstruiert zwischen der mesiobukkalen Höckerspitze des unteren ersten Molaren und der inzisalen Referenz des Incisivus inferius). Hinsichtlich der anatomischen Grenze für die Distalisation des unteren Molaren unterscheidet er zwei Bereiche: zum einem im Bereich der Zahnkrone den vorderen Rand des Ramus und zum anderen im Bereich der Wurzel die Kortikalisschicht des Alveolarknochens. Daraus zieht er den Schluss, dass das FRS diesbezüglich zwar begrenzte, aber nützliche Informationen liefert (Kim et al., 2014). Der in der vorliegenden Studie verwendete Punkt RA könnte daher geeignet sein, die anatomische Grenze der Molarendistalisation im Unterkiefer anzugeben. Lerche untersucht verschiedene Methoden zur Bestimmung der Größe des retromolaren Raumes und gibt in seiner Studie einer Messmethode nach Ricketts (Strecke vom distalsten Punkt des unteren 6-J-M zu einer Senkrechten zur F.H. durch einen konstruierten Mittelpunkt des aufsteigenden Ramus Xi) den Vorzug, da er in seiner Untersuchung für diese Methode die größte Reliabilität feststellt (Lerche, 2019; Ricketts, 1981). Chen stellt auch eine Vergrößerung des retromolaren Raums fest. Als Hauptfaktor für die Vergrößerung des retromolaren Raums macht er die Resorption am Ramus aus, da eine Mesialisierung der Dentition erst nach dem Durchbruch der dritten Molaren erfolgt (Chen et al., 2010). Die sagittale Vergrößerung des retromolaren Raums wird auf verschiedene Faktoren zurückgeführt, wie die Resorption des Knochens am Vorderrand des Ramus ascendens, die Mesialwanderung der Zähne, die wachstumsbedingte Längenzunahme und das Wachstumsmuster des Unterkiefers, den Durchbruch der Zähne sowie eine Dorsalneigung des vorderen Teils des Ramus im Verhältnis zum Alveolarkamm (Richardson, 1987). Bei weiterer Differenzierung fiel auf, dass die apikal verlaufende Messung in der unteren ZR tendenziell eine kleinere Vergrößerung aufwies als die koronalen Messungen, was auf eine Mesialkipfung der Zahnachse hinweist. Umgekehrt verhielt es sich in der oberen ZR, hier weisen die Ergebnisse auf eine Aufrichtung der Zahnachse nach distal hin, gegebenenfalls als Folge von Klasse II Gummizügen beziehungsweise der Aufrichtung des oberen 6-J-M während der Behandlung.

Für die Messung nach mesial in der oberen und unteren ZR

In der **oberen ZR** wurde die Strecke zwischen der inzisalen und koronalen Referenz im Median größer (1.70 mm [-0.55, 3.80]), ebenso wie die apikale Strecke (1.25 mm [-0.88, 4.27]). Ein Vergleich mit der Literatur erweist sich als schwierig und erlaubt nur einen tendenziellen Vergleich, da sich die Messmethoden unterscheiden. In einer Studie von Angelieri wird die Strecke der inzisalen Referenz des mittleren oberen Incisivus über den 6-J-M zur PTV gemessen und eine Vergrößerung bei Patienten, die eine Pendulum-Apparatur eingesetzt bekommen hatten, festgestellt. Diese Vergrößerung wurde der Protrusion der mittleren Inzisiven zugeschrieben (Behandlungsbeginn 55,0 +/-4 mm und 55,9 +/-4,8 mm zu Behandlungsende) (Angelier et al., 2006). Bondevik beobachtet eine Verkürzung der Zahnbogentiefe (Bondevik, 2015). Sein Patientensample ist aber bereits erwachsen. Sein Ergebnis verweist auf die später im Aging eintretende Veränderung der Zahnbogenlänge mit Verkürzung, womit die therapeutisch erzielte Vergrößerung in der wachstumsgeprägten Zeit differentialtherapeutisch von Anfang an in die Prognose für die Retentionsaufgaben mit einbezogen werden muss (Ihlow & Rudzki, 2017). Mit Vorbehalt ist hier die Hypothese möglich, dass durch die kieferorthopädische Behandlung einer Verkürzung der Zahnbogentiefe entgegengewirkt werden konnte.

In der **unteren ZR** wurde die Strecke zwischen der inzisalen und koronalen Referenz im Median größer, im Bereich der apikalen hingegen wurde sie kleiner. Auch hier dient wieder der Vergleich mit der Studie von Bondevik, der in der unteren ZR vom Kontaktpunkt der mittleren Inzisiven bis zur Verbindungslinie der distalen Fläche des 6-J-M misst, und sich somit mit der Messung nach mesial vorliegender Studie bezüglich der sagittalen Veränderung, vergleichen lässt (Bondevik, 2015). Bondevik stellt eine Verkürzung der Zahnbogentiefe fest. Dies steht im Gegensatz zur vorliegenden Studie, in der eine Vergrößerung beobachtet wurde, die auf die Protrusion der Unterkieferfront als Nebenwirkung der unterschiedlichen Klasse II Mechaniken zurückgeführt werden kann. Es konnten keine Studien gefunden werden, die sich mit der Veränderung der apikalen Strecken befassen. Unterschiede sind auch zwischen der oberen und der unteren ZR festzustellen. Die Differenz zeigte, dass die sagittalen Streckengrößen nach mesial in der oberen ZR sowohl apikal als auch inzisal zunahmen, inzisal jedoch stärker. In der unteren ZR nahm die inzisale Strecke zu, die apikale Strecke ab. Dies kann auf eine Protrusion der unteren Inzisivi als Folge der Therapie der Klasse II hinweisen.

Für die angulären Messungen

Der Winkel im OK verkleinerte sich im Median um $3,30^\circ$. Ein Vergleich mit anderen Studien bezüglich der Kippung des oberen 6-J-M ist aufgrund unterschiedlicher Referenzlinien beziehungsweise Referenzwinkeln kritisch anzusehen. Auffallende Unterschiede bei den Ergebnissen sind immer differentialdiagnostisch zu diskutieren. Nienkemper stellt ebenfalls eine Kippung des oberen 6-J-M fest, jedoch nur im Ausmaß von $1,5^\circ$ Vergrößerung ohne Signifikanz. Er führt dies auf die körperliche Molarendistalisation mit skelettal verankertem Beneslider zurück (Nienkemper et al., 2014). In vorliegender Studie wurde der Scheitelwinkel dazu gemessen. Die Verkleinerung des Winkels lässt auf eine Aufrichtung nach distal schließen. Kinzinger stellt in seiner Studie ebenfalls eine Kippung (Verkleinerung des Winkels um $2,79 \pm 2,51^\circ$) des oberen 6-J-M zur NL bei Behandlung mit einem Distal-Jet fest. Er schließt daraus, dass es eher zu einer Kronenkippung statt zu einer Wurzelaufrichtung gekommen ist (G. S. Kinzinger et al., 2009). Der gemessene Winkel ist wieder der Scheitelwinkel zu vorliegend untersuchtem Winkel. Angelieri beobachtet bei Therapie mit einer Pendulum-Apparatur ebenfalls eine Kippung des oberen 6-J-M nach distal. Gemessen wird zur NL, der Winkel war der Nebenwinkel des hier gemessenen Winkels (Angelieri et al., 2006). Auch Fuziy stellt bei der Therapie mit einem Pendulumgerät eine große Kippung des ersten 6-J-M nach distal ($18,5^\circ$) fest. Gemessen wird der Winkel zur F.H. (Fuziy et al., 2006). Eine wesentliche Aussage ist bei Byloff zu finden, der durch Behandlung mit der Pendulum-Apparatur eine Kippung von $14,50 \pm 8,33^\circ$ nach distal feststellt. Gemessen wurde zur NL und der Scheitelwinkel zu dem hier gemessenen Winkel gewählt (Byloff & Darendeliler, 1997; Byloff et al., 1997). Der Winkel im UK wurde im Median kleiner, der Zahn kippte nach mesial. Bezüglich dieser Messung stehen wenig Literatur und Informationen zur Verfügung. Kinzinger untersucht den Winkel zwischen der Längsachse des unteren 6-J-M und der ML (G. Kinzinger et al., 2009). Diese Studie kann aufgrund der Einschlusskriterien des Patientenkollektivs sowie der Therapiemethoden nicht als Vergleichsstudie herangezogen werden. Die Differenz in der unteren ZR (ZAU6.ML.Winkel_Anfang 86.55 [81.48, 90.38]; ZAU6.ML.Winkel_Ende 84.35 [81.00, 88.07]) war kleiner als die in der oberen (ZAO6.NL.Winkel_Anfang 102.55 [99.62, 106.00]; ZAO6.NL.Winkel_Ende 99.85 [96.83, 103.30]). Dies könnte auf die unterschiedliche Knochenstruktur, die Wachstumsprozesse im OK und UK sowie auf die kieferorthopädische Behandlung zurückzuführen sein.

Korrelationen der ermittelten Differenz in Relation zu ausgewählten anamnestischen und diagnostischen Kriterien:

Bezüglich des **Geschlechts** fielen folgende Zusammenhänge auf: Für die Messung nach **distal** in der **oberen ZR** wurden die Strecken größer, jedoch ohne einen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied. Bei beiden Geschlechtern scheinen also während des Wachstums und der kieferorthopädischen Behandlung die gleichen Veränderungen der distalen Strecken stattzufinden. Dieses Ergebnis stimmt mit der Studie von Lerche überein, der auch eine Vergrößerung des retromolaren Raumes ohne geschlechtsspezifischen Unterschied feststellt (Lerche, 2019). In der **unteren ZR** hingegen zeigte sich ein signifikanter Unterschied für die Strecken WZ, SZG, Z, kP und dP, wobei die männlichen Patienten im Verlauf der Behandlung eine stärkere Vergrößerung aufwiesen als die weiblichen Patienten. Die Differenz für die Strecke zwischen dem Apex des unteren ersten Molaren zur RAV zeigte knapp keinen signifikanten Unterschied. Nguyen kann keinen signifikanten Unterschied im Wachstumstrend des retromolaren Raums zwischen den Geschlechtern feststellen (Nguyen, 2020; Nguyen et al., 2022). In Nguyens Studie wird der Abstand vom distalen Punkt des unteren 6-J-M zum anterioren Rand des Ramus gemessen. Eine Streckenzunahme bei den männlichen Patienten um 5,84 mm und bei den weiblichen um 4,38 mm wird festgestellt (Nguyen, 2020; Nguyen et al., 2022). In vorliegender Studie betrug die Streckenzunahme bei den männlichen Patienten im Median 4.70 mm und für die weiblichen 2.70 mm. Sie waren somit kleiner als die Werte von Nguyen. Lerche macht in seiner Studie auch für den UK keinen eindeutigen geschlechtsspezifischen Unterschied bezüglich der Entwicklung des retromolaren Raums aus (Lerche, 2019). Dies könnte an den unterschiedlichen Messmethoden liegen. Ghougassian stellt einen geschlechtsspezifischen Unterschied fest; der retromolare Raum ist bei den männlichen Patienten größer (Ghougassian & Ghafari, 2014). Chen stellt eine Vergrößerung des retromolaren Raums um 5,79 mm bei den männlichen beziehungsweise um 5,12 mm bei den weiblichen Patienten vom 12.-18 Lebensjahr fest (Chen et al., 2010). Die Medianwerte in vorliegender Studie waren kleiner als die von Chen, was auf die kürzere Beobachtungszeit zurückzuführen sein könnte. Schols untersucht die „Entwicklung des hinteren apikalen Bereichs“ im OK und UK anhand von Orthopantogrammen, Fernröntgenseitenbildern sowie Modellen. Er stellt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern fest (Schols, 1988). Das Ergebnis bezüglich der Differenz lässt auf eine größere Kippung bei den männlichen Patienten schließen.

Für die Messung nach mesial

In der **oberen ZR** wurde die Strecke zwischen der koronalen und inzisalen Referenz größer, jedoch ohne signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied. Bei beiden Geschlechtern scheinen somit auch hier die gleichen Veränderungen der Strecken stattzufinden. Bondevik kann in seiner Studie auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezogen auf die Veränderung der Zahnbogentiefe aufzeigen (Bondevik, 2015). Sillmann untersucht in seiner Longitudinalstudie sowohl die sagittalen als auch die transversalen Dimensionsänderungen der Alveolarbögen im OK und UK und stellt bei beiden Geschlechtern eine Verkürzung der „Molarenlänge“ fest (Sillman, 1964). Gemessen wurde direkt am Alveolarfortsatz von der mesialen Alveolenwand des 6-J-M zum in der Medianen gelegenen Limbus zwischen den Alveolen der mittleren Schneidezähne (Sillman, 1964). Mit Vorbehalt ist die Hypothese möglich, dass durch die kieferorthopädische Therapie einer Streckenverkürzung entgegen gewirkt wurde. Für die apikale Strecke konnte ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied gezeigt werden ($p= 0,038$). Sie vergrößerte sich bei beiden Geschlechtern, wobei die männlichen Patienten eine größere Streckenzunahme aufwiesen als die weiblichen. Bei beiden Geschlechtern scheinen somit unterschiedliche Veränderungen der Strecken zwischen den Apices stattzufinden. Bisher wurde dieser Strecke nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt, so dass keine vergleichbare Studie über die Veränderung der apikalen Strecke gefunden werden konnte.

In der **unteren ZR** konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, bei beiden Geschlechtern scheinen somit die gleichen Veränderungen stattzufinden. Die Vergrößerung der Strecke zwischen dem inzisalen und koronalen Punkt und die Verkleinerung der Strecke zwischen den Apices lässt auf eine Protrusion der Unterkieferfront als Folge der Klasse-II-Mechaniken schließen. Bondevik stellt in dem von ihm untersuchten Zeitraum ebenfalls keine geschlechtsspezifischen Unterschiede fest (Bondevik, 2015).

Die **anguläre** Messung im OK zeigte eine Verkleinerung des Winkels ZAO6.NL, sowohl bei den weiblichen als auch bei den männlichen Patienten. Ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied konnte nicht aufgezeigt werden. Der Winkel scheint sich somit bei beiden Geschlechtern ähnlich zu verändern. Für dieses Ergebnis ließ sich keine vergleichbare Messmethode in Korrelation zum Geschlecht in der Literatur finden. Im UK verkleinerte sich der Winkel ZAU6.ML mit signifikantem Unterschied ($p= 0,039$), wobei bei den männlichen

Patienten diese Verkleinerung stärker ausfiel. Für dieses Ergebnis konnte in der Literatur keine vergleichbare Messmethode gefunden werden, so dass es schwierig ist, das vorliegende Ergebnis zu interpretieren.

Bezüglich **chronologischen Alters (gesamtes Patientensample)** fielen folgende Zusammenhänge auf:

Für die Messung nach distal

Für die Differenz zwischen den Streckengrößen in der **oberen ZR** bezogen auf das Alter wurde ein negativer Korrelationskoeffizient beschrieben, mit der Konsequenz: je älter der Patient, desto weniger Unterschied gab es. Dies deutet darauf hin, dass der retromolare Raum bei älteren Patienten bereits größer war, da bei ihnen die Zuwachszähne bereits durchgebrochen waren und sich dann räumlich nicht mehr viel änderte (R. Hotz, 1976). In der **unteren ZR** lag ein hochsignifikanter Zusammenhang vor. Es wurde ein negativer Korrelationskoeffizient festgestellt, d.h. je älter der Patient, desto geringer war der Unterschied. Dies kann wiederum darauf zurückgeführt werden, dass nach dem Durchbruch der Zuwachszähne im retromolaren Bereich kaum noch Veränderungen der sagittalen Platzverhältnisse auftreten (R. Hotz, 1976). Auch Lerche kann in seiner Studie zeigen, dass der retromolare Raum des Unterkiefers zwischen dem 9. und 16. Lebensjahr annähernd linear zunimmt und eine hohe Korrelation mit dem chronologischen Alter besteht (Lerche, 2019). Für die Messungen nach **mesial** und die **angulären** Messungen konnte kein signifikanter Zusammenhang gezeigt werden.

Bezogen auf die Unterteilung des **Alters in zwei Gruppen** wurden folgende Zusammenhänge festgestellt:

Für die Messung nach **distal** in der **oberen ZR** gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen, es scheinen somit ähnliche Veränderungen stattzufinden, die Strecken wurden größer.

In der **unteren ZR** gab es einen signifikanten Unterschied für die Referenzen SZG, Z, kP und dP. Dies könnte darauf hinweisen, dass im koronalen Bereich in Gruppe 1 vom Ausmaß her größere Veränderungen (dentale sowie skelettale Wachstumsprozesse/Resorption am Vorderrand des Ramus) stattfanden als in Gruppe 2.

Für die Messung nach **mesial** gab es keinen signifikanten Unterschied, sowohl für die koronale als auch die apikale Strecke scheinen in beiden Gruppen tendenziell die gleichen Veränderungen während des Wachstums und der kieferorthopädischen Behandlung aufzutreten.

Für die **angulären** Messungen konnte im OK und UK kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, d.h. in beiden Gruppen scheinen ähnliche Veränderungen (physiologische Veränderungen und kieferorthopädische Behandlung) stattzufinden. Für dieses Ergebnis ließ sich kein vergleichbarer Messaufbau in der Literatur finden und daher war es schwierig das vorliegende Ergebnis zu diskutieren.

Bezüglich der **Zeit** fielen folgende Zusammenhänge auf:

Für die Messung nach distal

Für die **obere ZR** waren die Korrelationen überwiegend negativ, erreichten aber alle nicht das Signifikanzniveau. In der Tendenz kann jedoch festgestellt werden, dass je länger der Zeitraum zwischen den Zeitpunkten war, desto geringer war der Unterschied der gemessenen Strecken. Für die **untere ZR** ergaben sich positive Korrelationen: Je länger der Zeitraum zwischen den Zeitpunkten, desto größer war die Differenz der gemessenen Strecken. Dies erwies sich als signifikant. Solange sich die Zuwachszähne im Durchbruch befinden, nehmen die distalen Strecken zu.

Für die Messung nach mesial

Für die **obere ZR** wurde eine signifikante positive Korrelation für die Distanz zwischen den Apices festgestellt, d.h. je länger der Zeitraum zwischen den Zeitpunkten war, desto größer war die Differenz der gemessenen Strecken. Gründe hierfür könnten eine Bewegung der Wurzel des 6-J-M nach distal sein (Bsp.: körperliche Distalisation) oder eine Mesialbewegung der Wurzel des Inzisivus im Rahmen eines Verankerungsverlustes. Für die **untere ZR** gab es keine signifikante Korrelation zwischen der Streckengröße und der Zeit.

Die **angulären** Messungen im OK und UK zeigten negative Korrelationen (OK= -0,151; UK= -0,075) zwischen der Winkelgröße und der Zeit, d.h. je länger der Zeitraum zwischen den Zeitpunkten war, desto geringer war der Unterschied der Winkelgröße. Das Signifikanzniveau wurde nicht erreicht.

Bezüglich des **Gesichtstyps** fielen folgende Zusammenhänge auf:

Für die Messung nach **distal** in der **oberen ZR** konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gesichtstypen für die Streckengrößen aufgezeigt werden. Im retrognathen Gesicht fielen tendenziell kleinere Veränderungen auf als im prognathen oder orthognathen. In der **unteren ZR** hingegen fielen signifikante Unterschiede für die Referenzen WZ, SZG, Z und kP auf. Für die Referenzen SZG, Z und kP wurden die größten Streckenzunahmen im retrognathen Gesicht festgestellt. Ob hierfür vermehrte Resorption am Ramus beziehungsweise Wachstumsprozesse oder die Auswirkung der kieferorthopädischen Therapie ursächlich waren, müsste in weiteren Studien untersucht werden.

Für die Messung nach **mesial** in der **oberen ZR** war das Ergebnis, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gesichtstypen gab nicht erwartungsgemäß. Es ist möglich, dass die alleinige Heranziehung des SNA-Winkels nicht ausreichend ist, oder dass das Kollektiv der Prognathen zu klein war. Somit sind weitere Untersuchungen zur Überprüfung dieses Ergebnisses angezeigt. In der **unteren ZR** konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der Strecke zwischen der inzisalen und koronalen Referenz festgestellt werden. Dass sich die Strecke bei den orthognathen und retrognathen vergrößerte, ist auf die Klasse-II-Mechaniken zurückzuführen. Bei den Prognathen verringerte sich die Strecke.

Für die apikale Strecke wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Gesichtstypen deutlich ($p= 0.019$). Bei allen drei wurden die Strecken kleiner, bei den Prognathen am meisten und bei den Orthognathen am geringsten. Aufgrund des Fehlens eines vergleichbaren Kollektivs in der Literatur ist eine detaillierte Diskussion dieser Ergebnisse nicht möglich.

Für die **anguläre** Messung im OK konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Tendenziell ließ sich erkennen, dass die größte Verkleinerung im prognathen Gesicht stattgefunden hat. Zu erwarten wäre gewesen, dass sich der Winkel im retrognathen am stärksten verkleinert (= mehr Kippung nach distal), da in diesem Gesichtstyp mit einer größeren Verankerungsproblematik bei der Behandlung zu rechnen ist (Segner & Hasund, 1991). Dies könnte an der sehr kleinen prognathen Gruppe liegen oder auch, dass zu Gruppeneinteilung nur der SNA-Winkel herangezogen wurde. Auch könnte dies darauf hinweisen, dass in der Gruppe der Retrognathen nicht distalisiert und deshalb weniger Kippung

vorliegt- also richtig behandelt wurde, da im Retrognathen aufgrund der Gefahr einer Bissöffnung nicht distalisiert werden sollte. Das Ergebnis sollte durch weitere Untersuchungen mit einem größeren Kollektiv an prognathen Gesichtern sowie in Korrelation mit der HWS-Einteilung (CS-Stadien) überprüft werden. Im UK zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Es erscheint, als ob der Winkel bei allen drei Gesichtstypen die gleiche Veränderung (eine Verkleinerung) erfährt.

6.2.4 Interpretation der linearen Regressionsmodelle

Die Differenzen als abhängige Variablen:

Diskussion möglicher Einflussvariablen auf die Differenz der jeweiligen Strecken. Als mögliche Einflussvariablen wurden die Gesichtstypen prognath und retrognath, das Geschlecht, das Alter und die Zeit zwischen T1 und T2 untersucht.

Für die **sagittale Messung** nach **distal** in der **oberen ZR** wurde ersichtlich, dass die Größe der Veränderung der Strecken (außer für die Referenz A) nur vom Alter abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstypen (prognath, retrognath), dem Geschlecht oder der Zeit. Die Differenz sank um -0,38 mm je älter der Patient war, woran sich erkennen lässt, dass mit zunehmendem Alter der Unterschied der Streckenlängen weniger wurde.

In der **unteren ZR** wurde ersichtlich, dass die Differenz der Strecke AU6-RAV von der Zeit zwischen T1 und T2 abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstypen (prognath, retrognath), dem Geschlecht, oder dem Alter.

Mit zunehmender Größe des zeitlichen Abstands zwischen T1 und T2 nahm die Differenz der Strecke um 0,92 mm zu, daraus wird ersichtlich, dass je länger der Zeitraum in vorliegender Studie war, auch eine größere Zunahme der apikalen Streckengröße zu beobachten war. Zudem konnte für die Strecken vom WZU6-RAV, SZGU6-RAV, ZU6-RAV, kPU6-RAV und dPU6-RAV eine Abhängigkeit vom Geschlecht, dem Alter und der Zeit zwischen den T1 und T2 dargelegt werden. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstypen (prognath, retrognath). Die männlichen Patienten wiesen eine größere Differenz auf als die weiblichen, mit zunehmendem Alter der Patienten nahm die Differenz ab und mit zunehmender Größe

des zeitlichen Abstands zwischen T1 und T2 nahm die Differenz zu. Somit gab es bei den männlichen Patienten einen größeren Unterschied; desto älter der Patient war, umso kleiner war er und je größer der beobachtete Zeitraum war, desto größer war er.

Für die **sagittalen Messungen** nach **mesial** in der **oberen ZR** wurde ersichtlich, dass die Differenz der Strecke zwischen der koronalen und der inzisalen Referenz vom Geschlecht abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstypen (prognath, retrognath), dem Alter oder der Zeit. Die Differenz war bei den männlichen Patienten um 2,14 mm größer als bei den weiblichen, wobei sich eine Signifikanz von $p= 0,016$ ergab. Daraus wird ersichtlich, dass bei männlichen Patienten eine größere Veränderung auftrat. Zwischen den apikalen Punkten war die Differenz der Strecke bei den männlichen Patienten um 2,13 mm größer, wobei die Signifikanz bei $p= 0,018$ lag. Daraus lässt sich erkennen, dass sich die koronalen und apikalen Strecken im gleichen Maße veränderten.

In der **unteren ZR** wurde eine Abhängigkeit der Differenz der Streckengröße zwischen den apikalen Punkten vom Gesichtstyp (prognath) ersichtlich. Es gab keine Abhängigkeit vom retrognathen Gesichtstyp, dem Geschlecht, oder dem Alter. Die Differenz der Strecke bei den prognathen Gesichtstypen war um 4,07 mm kleiner, dies war auch signifikant ($p= 0,006$). Dies bedeutet, dass sich bei den Prognathen im apikalen Bereich weniger verändert.

Für die **anguläre** Messung im OK wurde ersichtlich, dass die Differenz des Winkels von der Zeit zwischen T1 und T2 abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstyp (prognath, retrognath), dem Geschlecht, oder dem Alter. Mit zunehmendem zeitlichen Abstand zwischen T1 und T2 verringerte sich die Winkeldifferenz um $1,15^\circ$ bei einer Signifikanz von 0,009, was zeigt, dass es weniger Unterschied gab, desto mehr Zeit verging. Für die **anguläre** Messung im UK wurde ersichtlich, dass die männlichen Patienten eine um $-2,60$ Grad kleinere Differenz hatten als die weiblichen. Dieser Unterschied war signifikant ($p= 0,039$). Bei den männlichen Patienten änderte sich weniger als bei den weiblichen. Da sich in der Literatur keine vergleichbaren Modelle finden ließen, war keine ausführliche Diskussion dieser Ergebnisse möglich.

Die Messungen zu T2 als abhängig und die Messungen zu T1 als unabhängige Variablen:

Um die Abhängigkeiten bezüglich der Variablen zum Zeitpunkt T2 zu bestimmen, wurde der Zeitpunkt T1 als Basiswert in die Betrachtung miteinbezogen. Daraus ergaben sich folgende Beobachtungen:

Für die **sagittale Messung** nach **distal** in der **oberen ZR** wurde ersichtlich, dass die Strecken aller Referenzen zum Zeitpunkt T2 von den Strecken der Referenzen zum T1 und dem Gesichtstyp (retrognath) abhingen. Es gab keine Abhängigkeit von dem Gesichtstyp (prognath), dem Geschlecht, dem Alter oder der Zeit zwischen T1 und T2. Die Strecken wurden im Vergleich zum Anfang größer, im retrognathen fiel die Vergrößerung kleiner aus. Ein ähnliches Modell ließ sich in einer Studie von Gahl finden, jedoch wurde hier ein Patientenkollektiv untersucht, das rein skelettal verankert behandelt wurde. Bezüglich der Streckengröße zu T2 stimmt die Erfahrung überein, dass sie von der Streckengröße zum T1 abhängt (Gahl, 2019).

Für die **sagittale Messung** nach **distal** in der **unteren ZR** wurde ersichtlich, dass die Strecken der Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zum T1 und dem Geschlecht abhingen. Es gab keine Abhängigkeit von dem Gesichtstyp (prognath, retrognath), dem Alter oder der Zeit zwischen T1 und T2. Die Strecken wurden im Vergleich zum Anfang größer, bei den männlichen Patienten war die Streckenzunahme größer als bei den weiblichen.

Für die **sagittale Messung** nach **mesial** in der **oberen ZR** wurde ersichtlich, dass die Strecken der inzisal-koronalen Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zu T1 und dem Geschlecht abhingen. Es gab keine Abhängigkeit von dem Gesichtstyp (prognath, retrognath), dem Alter oder der Zeit zwischen T1 und T2. Die Strecken wurden im Vergleich zum Anfang größer, bei den männlichen Patienten war die Streckenzunahme größer als bei den weiblichen. Die Strecken der apikalen Referenzen zu T2 hingen vom Geschlecht ab. Es gab keine Abhängigkeit von der Streckengröße zu T1, dem Gesichtstyp (prognath, retrognath), dem Alter oder der Zeit zwischen T1 und T2. Die Strecken wurden bei den männlichen Patienten um 1,75 mm größer als bei den weiblichen Patienten.

In der **unteren ZR** wurde ersichtlich, dass die Strecken der inzisal-koronalen Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zu T1 abhingen. Es gab keine Abhängigkeit vom

Gesichtstyp (prognath, retrognath), dem Geschlecht, dem Alter oder der Zeit zwischen T1 und T2. Die Strecken wurden im Vergleich zum Anfang größer (um 0,35 mm mit einer Signifikanz von $p = 0,002$). Für die apikalen Referenzen konnten keine signifikanten Einflüsse gefunden werden.

Für die **angulären** Messungen im OK zeigte sich, dass die Größe des Winkels zu T2 von der Größe des Winkels zu T1 und der Zeit zwischen T1 und T2 abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstyp (prognath, retrognath), Geschlecht oder Alter. Der Winkel wurde um 0,48 Grad kleiner und die Differenz wurde kleiner, je länger die Zeit zwischen T1 und T2 war.

Im UK zeigte sich, dass die Größe des Winkels zu T2 von der Größe des Winkels zu T1 und vom Geschlecht abhing. Es gab keine Abhängigkeit vom Gesichtstyp (prognath, retrognath), vom Alter oder von der Zeit zwischen T1 und T2. Der Winkel verkleinerte sich um $0,40^\circ$, bei den männlichen Patienten war die Verkleinerung um $-2,41^\circ$ größer.

Da sich in der Literatur keine vergleichbaren Modelle finden ließen, war keine ausführliche Diskussion dieser Ergebnisse möglich.

7 Schlussfolgerung

Die vorliegenden Studienergebnisse zeigen die Größe der Zuwachszahnung in der oberen und unteren ZR vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Der retromolare Raum verändert sich während der kieferorthopädischen Behandlung bei sich im Wachstum befindenden Patienten erheblich.

Es konnten sowohl signifikante Unterschiede als auch Tendenzen im Wachstumstrend des retromolaren Raums zwischen weiblichen und männlichen Patienten gezeigt werden. Insbesondere für den unteren retromolaren Raum konnte gezeigt werden, dass er bei den männlichen Patienten zu T2 signifikant größer ist als bei den weiblichen. Auch konnte ein signifikanter Unterschied für die apikale Messung nach **mesial** festgestellt werden, sie ist bei den männlichen Patienten zu T2 signifikant größer. Auch für die **anguläre** Messung in der unteren ZR zeigten die männlichen Patienten eine signifikant ausgeprägtere Verkleinerung des Winkels.

Auch bezüglich des Alters konnten signifikante Unterschiede und Tendenzen gezeigt werden. Die nach **distal** gemessenen Strecken werden altersabhängig länger, jedoch wird die noch stattfindende lineare Vergrößerung in beiden Zahnreihen geringer, je älter der Patient wird. Die nach **mesial** gemessenen Strecken sind im koronalen Bereich in beiden Zahnreihen kürzer, je älter der Patient wird; im apikalen Bereich in der oberen Zahnreihe entsprechend größer.

Für die **angulären** Messungen gab es einen signifikanten Zusammenhang für den OK: je älter der Patient ist, desto kleiner ist der Winkel und für den UK: je älter der Patient ist, umso größer ist der Winkel.

Bezüglich der Gruppeneinteilung (Gruppe 1 <13 Jahre, Gruppe 2 \geq 13 Jahre) ergaben sich für den retromolaren Bereich in der oberen und unteren ZR für T1 signifikant kürzere Strecken in Gruppe 1. Für die koronale Messung in der unteren ZR war die Strecke zu T2

in Gruppe 1 signifikant länger. Bezüglich der **angulären** Messungen konnte ein signifikant größerer Winkel im OK für Gruppe 1 gezeigt werden und im UK ein signifikant kleinerer Winkel.

Ebenfalls eine statistisch signifikante Beziehung konnte zwischen der Zeit und den Messungen gezeigt werden. Tendenziell wurde in der oberen ZR für die distale Messung weniger Veränderung festgestellt, desto länger der Zeitraum war, im Unterschied zur unteren ZR: hier fiel ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zeit und der Streckengröße auf: je länger der beobachtete Zeitraum, desto größer war der Unterschied. Auch für die apikale Messung nach **mesial** in der oberen ZR wurde ein signifikanter Zusammenhang gezeigt: je länger der beobachtete Zeitraum, desto größer war der Unterschied. Für die **angulären** Messungen im OK und UK konnte allgemein ein Trend beobachtet werden, der zeigte: je länger der Zeitraum, desto weniger ausgeprägt war der Unterschied.

In Bezug auf den Gesichtstyp konnte eine allgemeine Tendenz beobachtet werden, dass Patienten mit retrognathen Gesichtstypen durchweg kleinere retromolare Strecken aufwiesen, während Patienten mit prognathen und orthognathen Gesichtstypen tendenziell größere retromolare Strecken aufwiesen. Zukünftige Studien mit größeren Stichproben von prognathen Patienten könnten helfen, diesen Zusammenhang zu klären. Die vorliegenden Ergebnisse deuten auf eine gegenläufige Bewegung hin, in der oberen Zahnreihe nach distal, in der unteren nach mesial, die zur Korrektur der Klasse-II-Malokklusion geplant und durchgeführt wurde.

Angesichts dieser Ergebnisse liegt die Schlussfolgerung nahe, dass die Größe der Zuwachszahnung geschlechts- und altersabhängig ist.

8 Zusammenfassung

Mit Hilfe des FRS, eines der wesentlichsten Mittel der kieferorthopädischen Diagnostik, können zweidimensionale Messungen im skelettalen, dento-alveolären und Weichgewebsbereich vorgenommen werden. In der vorliegenden Studie interessierte der dento-alveoläre Bereich am Ende der oberen und unteren ZR, vor allem der Bereich der sogenannten Zuwachszahnung (accessional dentition). Dieser Bereich betrifft die drei Molaren, die ergänzend zur ersten Dentition mit 20 Milchzähnen dann zu 32 bleibenden Zähnen führen. Die Eruption des ersten Molaren (6-Jahr-Molar) ist dem 6. Lebensjahr zugeordnet, der zweite Molar (12-Jahr-Molar) dem 12. Lebensjahr. Der dritte Molar (Weisheitszahn) hat eine Eruptionsspanne von 17-22 Jahren (Schopf, 1991).

Das ausgewählte Patientensample bezog sich auf primär unbehandelte 110 Patienten einer kieferorthopädischen Fachpraxis in München, von denen FRS vom Anfangs (T1) - und Endbefund (T2) analysiert wurden.

Auswahlkriterien waren als erstes das Geschlecht (67 weiblich, 43 männlich), weiter das chronologische Alter, wobei zwei Gruppen gebildet wurden (<13 Jahre und \geq 13 Jahre). Die dritte Variable stellte die Zeitspanne zwischen Anfangs- und Endbefund dar (2,76-3,67 Jahre).

Viertens wurde nach der skelettalen Diagnose eine Differenzierung nach dem Gesichtstyp vorgenommen (retrognath 48, orthognath 52 und prognath 10).

Die vorliegende Fragestellung bezog sich auf die sagittale Länge der Zuwachszahnung nach distal vor einer kieferorthopädischen Behandlung. Alle Messungen wurden vom ersten Molaren ausgehend zu konstruierten vertikalen Referenzen ausgeführt, im OK zur PTV (Senkrechte zur Nasallinie durch den Pterygoidpunkt), im UK zur RAV (Parallele Verschiebung der Okklusionslinie perpendicular zum anterioren Rand des Ramus ascendens), die das Ende des zahntragenden Abschnitts darstellen sollten.

Auch die Längen von zwei definierten Strecken nach mesial waren von Interesse; gemessen wurde vom ersten Molaren (koronale und apikale Referenz) zum mittleren am weitesten anterior stehenden Schneidezahn (koronale und apikale Referenz).

Weiterhin war die Angulation der ersten Molaren zu NL und ML zu bestimmen. Bei dieser Winkelmessung wurde zur besseren Übersicht unterschiedlich gemessen, die Zahnachse in Bezug zur maxillären Basis (Spa-Spp) nach kranial-mesial, in Bezug auf ML diese Zahnachse nach kaudal-distal.

Statistisch wurde den Medianwerten der Vorzug gegeben.

Für die **Anfangsbefunde (T1)** wurde folgendes festgestellt:

Die sagittalen Streckenmessungen vom 6-J-M nach **distal** zeigen Längenunterschiede zwischen der oberen und unteren ZR, die Strecke in der unteren ZR ist stets kleiner als die in der oberen. Dies gilt für alle sechs Messpunkte. Die Medianwerte betragen für repräsentative Referenz dPU6-RAV 12.10 mm und für dPO6-PTV 16.25 mm. Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **mesial** zeigen ebenfalls Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR. Die koronale Strecke in der oberen ZR beträgt im Median 36.55 mm, die apikale im Median 24.85 mm. In der unteren ZR beträgt die koronale Strecke im Median 33.00 mm, die apikale 28.35 mm. Die **angulären** Messungen zeigen sowohl im OK als auch im UK eine Mesialkipfung des 6-J-M (Medianwert ZAO6 102.55°, ZAU6 86.55°).

Bezüglich des **Geschlechts** fällt kein signifikanter Unterschied auf. Bezogen auf das **Alter (gesamtes Patientensample)** fallen Unterschiede auf: Für die sagittalen Messungen vom 6-J-M in der oberen und unteren ZR nach **distal** liegen signifikante Zusammenhänge vor: je älter der Patient, umso größer die Strecke. Die Messungen nach **mesial** zeigen in der oberen ZR einen signifikanten Zusammenhang für die koronale ($p= 0.042$) und apikale ($p= 0.024$) Messung. Die koronale Messung zeigt: je älter der Patient, desto kleiner die Strecke und die apikale: je älter der Patient, desto größer die Strecke. Die Messung nach **mesial** in der unteren ZR zeigt für die koronale Strecke eine signifikante Korrelation ($p= 0.006$): je älter der Patient, desto kleiner die Strecke.

Die **anguläre** Messung im OK zeigt einen signifikanten Zusammenhang: je älter der Patient, desto kleiner der Winkel ($p= 0.000$). Die Messung im UK zeigt ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang: je älter der Patient, desto größer der Winkel ($p= 0.003$).

Bezogen auf die **Unterteilung des Alters in zwei Gruppen** zeigen die sagittalen Messungen vom oberen 6-J-M nach **distal** einen signifikanten Unterschied. Die Strecken sind in der älteren Gruppe länger (Medianwert dPO6.PTV Gruppe 1 15.20 mm, Gruppe 2 18.10 mm

mit $p < 0.001$). Auch in der unteren ZR zeigt sich ein signifikanter Unterschied, auch hier sind die Strecken in der älteren Gruppe länger (Medianwert dPU6.RAV Gruppe 1 11.30 mm, Gruppe 2 13.00 mm mit $p < 0.001$). Die Messung nach **mesial** zeigt für die koronale Strecke in der unteren ZR einen signifikanten Unterschied, sie ist in Gruppe 2 kürzer (iPUK1.kPU6.Anfang Gruppe 1 33.80 mm; Gruppe 2 32.50 mm). Die **anguläre** Messung im OK zeigt einen signifikanten Unterschied ($p < 0.001$). Der Winkel ist in der jüngeren Gruppe größer (Medianwert ZAO6.NL 104.90°) als in der älteren Gruppe (Medianwert ZAO6.NL 101.60°). Die **anguläre** Messung im UK zeigt einen signifikanten Unterschied ($p = 0.016$). Der Winkel ist in der jüngeren Gruppe kleiner (Medianwert ZAU6.ML 84.90°) als in der älteren Gruppe (Medianwert ZAU6.ML 87.90°).

Für den Gesichtstyp besteht ein signifikanter Unterschied für alle Messungen in der oberen ZR nach **distal**. Im retrognathen Gesicht sind die Strecken kürzer. In der unteren ZR zeigen auch alle Messungen nach distal einen signifikanten Unterschied.

Die Streckenmessungen nach **mesial** zeigen in der oberen ZR keinen signifikanten Unterschied, in der unteren ZR aber für die apikale Messung ($p = 0.002$, Medianwerte $o = 28,34$ mm, $p = 31,20$ mm, $r = 28,00$ mm). Die **anguläre** Messung im OK zeigt einen signifikanten Unterschied ($p = 0.030$). Der Winkel ist im orthognathen Gesicht am kleinsten (Medianwert ZAO6.NL 101.65°) und im retrognathen am größten (Medianwert ZAO6.NL 104.95°). Für die anguläre Messung im UK zeigt sich kein signifikanter Unterschied.

Für die **Endbefunde (T2)** wurde folgendes festgestellt:

Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** zeigen Längenunterschiede zwischen der oberen und unteren ZR, die Strecke in der unteren ZR ist stets kleiner als die in der oberen. Dies gilt für alle sechs Strecken. Die Medianwerte betragen für die repräsentative Referenz dPU6.RAV_Ende 14.90 mm und für dPO6.PTV_Ende 17.75 mm.

Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **mesial** zeigen ebenfalls Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR. Die koronale Strecke in der oberen ZR beträgt im Median 38.20 mm, die apikale im Median 26.10 mm. In der unteren ZR beträgt die koronale Strecke im Median 34.30 mm, die apikale 26.25 mm.

Die **angulären** Messungen zeigen im OK eine Aufrichtung nach distal, im UK eine Mesialkipfung des 6-J-M (ZAO6 99.85°, ZAU6 84.35°).

Bezüglich des **Geschlechts** fällt kein signifikanter Unterschied für die sagittale Messungen vom 6-J-M nach **distal** in der oberen ZR auf, für die untere ZR hingegen wird für alle

Referenzen ein signifikanter Unterschied gezeigt, die Strecken sind bei den männlichen Patienten größer (Medianwert dPU6.RAV weiblich 14.80, männlich 16.50 mm).

Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **mesial** zeigen für die obere ZR einen signifikanten Unterschied für die apikale Messung ($p=0.033$), wobei die Strecke bei den männlichen Patienten größer ist. Die **angulären** Messungen zeigen im UK einen signifikanten Unterschied ($p=0,014$), der Winkel ist bei den männlichen Patienten kleiner (Medianwert ZAU6.ML weiblich 85.20°; männlich 82.30°).

Bezogen auf das **Alter (gesamtes Patientensample)** fällt folgendes auf: für die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** liegt kein signifikanter Zusammenhang vor. Die Messungen nach **mesial** zeigen einen signifikanten Zusammenhang für die koronale Messung in der oberen ($p= 0.038$) und unteren ZR ($p= 0.038$): je älter der Patient, desto kleiner die Strecke. Die **anguläre** Messung im OK zeigt einen signifikanten Zusammenhang: je älter der Patient, desto kleiner der Winkel ($p= 0.039$).

Bezogen auf die Unterteilung des **Alters in zwei Gruppen** zeigen die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** in der oberen ZR signifikante Unterschiede für die Referenzen Z und dP. Die Strecken sind in der älteren Gruppe länger (Medianwert ZO6.PTV Gruppe 1 21.70 mm; Gruppe 2 24.10 mm; dPO6.PTV Gruppe 1 16.60 mm; Gruppe 2 18.30 mm). In der unteren ZR hingegen gibt es keinen signifikanten Unterschied. Auch die Messungen nach **mesial**- und die **angulären** Messungen zeigen keinen signifikanten Unterschied.

Für den **Gesichtstyp** besteht ein signifikanter Unterschied für alle Messungen in der oberen ZR nach **distal**. Im retrognathen Gesicht sind die Strecken kürzer. In der unteren ZR hingegen zeigen alle Messungen nach distal keinen signifikanten Unterschied. Die Messungen nach **mesial** und die **angulären** Messungen zeigen in der oberen und unteren ZR keinen signifikanten Unterschied.

Für die **Differenz der linearen und angulären Messungen von T1 zu T2** wurde folgendes festgestellt:

Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** zeigen Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR; die Vergrößerung ist in der unteren ZR ausgeprägter als in der oberen (Medianwert dPO6.PTV_Differenz 1.15 mm; dPU6.RAV_Differenz 3.05 mm). Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **mesial** zeigen ebenfalls Unterschiede zwischen der oberen und unteren ZR, in der oberen ZR vergrößern sich die koronale und apikale Strecke (Medianwert iPOK1.kPO6_Differenz 1.70 mm; aPOK1.aPO6_Differenz 1.25 mm), in der

unteren ZR vergrößert sich die koronale, die apikale Strecke hingegen verkleinert sich (Medianwert iPUK1.kPU6_Differenz 1.25 mm; aPUK1.aPU6_Differenz -2.15 mm). Die **angulären** Messungen zeigen im OK und UK eine Winkelverkleinerung, was auf eine Aufrichtung nach distal des oberen 6-J-M beziehungsweise eine Mesialkipfung des unteren 6-J-M hindeutet (Medianwert ZAO6.NL.Winkel_Differenz -3.30°; ZAU6.ML.Winkel_Differenz -2.45°). Eine Differenzierung nach dem **Geschlecht** zeigt: Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** zeigen in der oberen ZR keinen signifikanten Unterschied, obwohl die Streckenzunahme bei den männlichen Patienten größer ausfällt (Medianwert dPO6.PTV weiblich 1.00 mm, männlich 1.30 mm). In der unteren ZR fällt bis auf die Referenz AU6.RAV ein signifikanter Unterschied auf, bei den männlichen Patienten ist die Streckenzunahme größer (Medianwert dPU6.RAV weiblich 2.70 mm, männlich 4.70 mm). Die sagittalen Streckenmessungen in der oberen ZR von 6-J-M nach **mesial** zeigt einen signifikanten Unterschied für die apikale Messung, die eine deutlichere Größenzunahme bei den männlichen Patienten zeigt (Medianwert aPOK1.aPO6 weiblich 0.80 mm, männlich 2.20 mm). Die **anguläre** Messung in der oberen ZR zeigt keinen signifikanten Unterschied, tendenziell verkleinert sich der Winkel bei den männlichen Patienten stärker als bei den weiblichen (Medianwert ZAO6.NL weiblich -2.90°, männlich -4.10°). In der unteren ZR hingegen gibt es einen signifikanten Unterschied ($p=0.039$), bei den männlichen Patienten verkleinert sich der Winkel stärker, als bei den weiblichen (Medianwert ZAU6.ML weiblich -1.20°, männlich -2,90°). Eine Differenzierung nach **dem Alter (gesamtes Patientensample)** zeigt: Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** zeigen sowohl in der oberen als auch unteren ZR einen signifikanten Zusammenhang (nur für SZGO6.PTV knapp nicht). Je älter der Patient ist, desto geringer ist die noch stattfindende Streckenvergrößerung. Für die Messungen nach **mesial** hingegen gibt es weder in der oberen noch in der unteren ZR einen signifikanten Zusammenhang. Auch die **angulären** Messungen zeigen keine Signifikanz. Eine Differenzierung innerhalb der **Altersgruppen** zeigt: Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** in der oberen ZR zeigen keinen signifikanten Unterschied, tendenziell gibt es in der jüngeren Gruppe größere Differenzen als in der älteren (Medianwert dPO6.PTV Gruppe 1 1.70 mm, Gruppe 2 0.80 mm). Für die sagittalen Messungen nach distal in der unteren ZR gibt es einen signifikanten Unterschied für die Referenzen SZGU6.RAV, ZU6.RAV, kPU6.RAV und dPU6.RAV; in der jüngeren Gruppe gibt es ausgeprägtere Streckenzunahmen als in der älteren (Medianwert dPU6.RAV Gruppe 1 4.80 mm, Gruppe 2 2.60 mm). Für die Streckenmessungen nach **mesial** sowie die **angulären** Messungen gibt es keinen

signifikanten Unterschied.

Eine Differenzierung nach der **Zeit** zeigt: Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** in der oberen ZR zeigen keinen signifikanten Zusammenhang. Für die Streckenmessung in der unteren ZR zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang: je länger das Zeitintervall, desto größer die Differenz.

Für die Messung nach **mesial** in der oberen ZR gilt dieselbe Korrelation für die apikale Strecke: je länger das Zeitintervall, desto größer die Differenz ($p= 0.007$). Weder für die Messungen nach mesial in der unteren ZR noch die **angulären** Messungen zeigen sich Signifikanzen.

Eine Differenzierung nach dem **Gesichtstyp** zeigt: Die sagittalen Messungen vom 6-J-M nach **distal** in der oberen ZR zeigen keinen signifikanten Unterschied; jedoch lässt sich tendenziell im prognathen Gesicht eine größere Streckenzunahme erkennen (Medianwert dPO6.PTV $o= 1.40$ mm, $p= 2.70$ mm, $r= 0.85$ mm). In der unteren ZR fallen für die Messungen nach **distal** für die Referenzen WZU6.RAV, SZGU6.RAV, ZU6.RAV, kPU6.RAV signifikante Unterschiede auf,. Wobei sich für die koronalen Referenzpunkte die größte Differenz im retrognathen Gesicht zeigt (Medianwert kPU6.RAV orthognath (o) = 1.80 mm, prognath (p) = 3.65 mm, retrognath (r) = 5.35 mm). Für die Messungen nach **mesial** gibt es in der oberen ZR keinen signifikanten Unterschied. In der unteren ZR zeigt sich jedoch für die apikale Messung eine signifikante Differenz ($p= 0.019$). Die stärkste Streckenverkleinerung ist im prognathen Gesichtstyp zu verzeichnen (Medianwert aPUK1.aPU6 $o = -1.95$ mm, $p = -4.65$ mm, $r = -2.05$ mm). Die **angulären** Messungen hingegen zeigen keine signifikanten Unterschiede; tendenziell verkleinern sich im prognathen Gesichtstyp beide Winkel am stärksten (Medianwert ZAO6.NL= -4.65° , ZAU6.ML= -6.25°).

Bei der Untersuchung der möglichen **Einflussvariablen** (Gesichtstyp prognath und retrognath, Geschlecht, Alter und Zeit zwischen T1 und T2) können folgende Abhängigkeiten festgestellt werden: In der oberen ZR (bis auf die Referenz A) vom Alter: Mit zunehmendem Alter wird die noch stattfindende Streckenzunahme geringer. In der unteren ZR zeigt die Differenz der Strecke AU6-RAV eine Abhängigkeit von der Zeit zwischen T1 und T2, d.h. je länger der Zeitraum in der vorliegenden Studie war, desto größer ist auch die Zunahme der apikalen Streckengröße. Darüber hinaus kann für die Strecken vom WZU6-RAV, SZGU6-RAV, ZU6-RAV, kPU6-RAV und dPU6-RAV eine Abhängigkeit vom Geschlecht, dem Alter

und der Zeit zwischen den T1 und T2 nachgewiesen werden. Die Größe der Streckenlänge ist auch abhängig vom Geschlecht, bei den männlichen Patienten gibt es einen größeren Unterschied.

Auch bei den Messungen nach **mesial** in der oberen ZR zeigt sich, dass die Differenz zwischen der koronalen und der inzisalen Referenz geschlechtsabhängig ist und bei den männlichen Patienten eine größere Veränderung auftritt. In der unteren ZR ist eine Abhängigkeit der Differenz der Streckengröße zwischen den apikalen Punkten vom Gesichtstyp (prognath) zu erkennen. Das bedeutet, dass die Prognathen im apikalen Bereich weniger Veränderungen aufweisen. Für die **angulären** Messungen in OK wird festgestellt, dass die Größe der Differenz der Winkel von der Zeit zwischen T1 und T2 abhängen, d.h. je mehr Zeit verging, desto geringer ist die Differenz. Bei der **angulären** Messung in UK zeigt sich, dass sich bei den männlichen Patienten weniger ändert als bei den weiblichen.

Um die **Abhängigkeiten der Variablen zum Zeitpunkt T2** zu bestimmen, wurde der Zeitpunkt T1 als Basiswert in die Betrachtung einbezogen. Dies führt zu folgenden Beobachtungen: Für die Messung nach **distal** in der oberen ZR wird ersichtlich, dass die Streckengröße aller Referenzen zum Zeitpunkt T2 von den Streckengrößen der Referenzen zum T1 und dem Gesichtstyp (retrognath) abhängen. Die Strecken werden im Vergleich zum Anfang größer, im retrognathen fällt die Vergrößerung kleiner aus. In der unteren ZR wird ersichtlich, dass die Strecken der Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zum T1 und dem Geschlecht abhängen. Die Strecken werden im Vergleich zum Anfang größer, bei den männlichen Patienten ist die Streckenzunahme größer als bei den weiblichen.

Für die Messungen nach **mesial** in der oberen ZR wird ersichtlich, dass die Strecken der inzisal-koronalen Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zu T1 und dem Geschlecht abhängen. Die Strecken nehmen im Vergleich zum Anfangswert zu, wobei die Zunahme bei den männlichen Patienten größer ist als bei den weiblichen. Die Strecken der apikalen Referenzen zu T2 hängen vom Geschlecht ab. Die Strecken werden bei den männlichen Patienten um 1,75 mm größer als bei den weiblichen Patienten.

In der unteren ZR zeigt sich, dass die Strecken der inzisal-koronalen Referenzen zu T2 von den Strecken der Referenzen zu T1 abhängen. Die Strecken werden im Vergleich zum Anfang größer. Für die apikalen Referenzen können keine signifikanten Einflüsse gefunden werden.

Für die **angulären** Messungen im OK zeigt sich, dass die Größe des Winkels zu T2 von der Größe des Winkels zu T1 und der Zeit zwischen T1 und T2 abhängt.

Im UK zeigt sich, dass die Größe des Winkels zu T2 von der Größe des Winkels zu T1 und vom Geschlecht abhängt.

9 Veröffentlichung

Teile dieser Arbeit sind bereits veröffentlicht worden:

A. Salzman, I. Rudzki, A. Kolk, M. Thureau, U. Longerich (2024)

Platzanalyse im Bereich der Zuwachszahnung im oberen und unteren Zahnbogen als Planungsinstrument für die Molarendistalisation- eine kephalometrische Studie,

Posterpräsentation im Rahmen der 52. Internationalen kieferorthopädischen Fortbildungstagung der ÖGKFO

10 **Abbildungsverzeichnis**

4.1 Messung nach distal in der oberen ZR	29
4.2 Messung nach distal in der unteren ZR	30
4.3 Messung nach mesial in der oberen ZR	31
4.4 Messung nach mesial in der unteren ZR	31

11 Tabellenverzeichnis

4.1	Definitionen der verwendeten Referenzpunkte	23
4.2	Skelettale Referenzpunkte mit möglicher Doppeldarstellung	24
4.3	Konstruierte Referenzpunkte	24
4.4	Dentale Referenzpunkte	24
4.5	weitere Punkte	25
4.6	Dentale Referenzpunkte im OK und UK	26
4.7	Horizontale Referenzlinien	26
4.8	Vertikale Referenzlinien	26
4.9	Weitere benötigte Referenzlinien	27
4.10	Auswertungsvariablen für die automatische Auswertung	28
4.11	Messung nach distal in der oberen ZR	29
4.12	Messung nach distal in der unteren ZR	30
4.13	Messung nach mesial in der oberen ZR	31
4.14	Messung nach mesial in der unteren ZR	31
4.15	Anguläre Messung im OK und UK	31
5.1	Übersicht über die Patientenverteilung	35
5.2	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR (sechs Messungen)	36
5.3	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR (sechs Messungen)	37
5.4	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR (zwei Messungen)	37
5.5	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR (zwei Messungen)	37
5.6	Winkel zwischen der Zahnachse mit der NL	38
5.7	Winkel zwischen der Zahnachse mit ML	38
5.8	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	38

5.9	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	39
5.10	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	39
5.11	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	39
5.12	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	40
5.13	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	42
5.14	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	42
5.15	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	43
5.16	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	43
5.17	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	44
5.18	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	44
5.19	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	46
5.20	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	47
5.21	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	48
5.22	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	49
5.23	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	49
5.24	Verteilung der Gesichtstypen	51
5.25	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	52
5.26	vom 6-J-M nach distal zur RAV in der unteren ZR	54
5.27	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	55
5.28	kP vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR	58
5.29	A vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR	60
13.1	Methodenfehler und Zuverlässigkeitskoeffizient T1	115
13.2	Methodenfehler und Zuverlässigkeitskoeffizient T2	116
13.3	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	117
13.4	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	117
13.5	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	118
13.6	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	118
13.7	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	118
13.8	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	119
13.9	vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR	119
13.10	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	119
13.11	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	120

13.12	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	120
13.13	Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML	121
13.14	WZ vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR	121
13.15	A vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR	122
13.16	koronale Messung vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	122
13.17	apikale Messung vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	123
13.18	apikale Messung vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	123
13.19	Winkel zwischen der Zahnachse und NL	124
13.20	Winkel zwischen der Zahnachse und ML	124
13.21	WZ vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR	125
13.22	A vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR	125
13.23	kP vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR	126
13.24	vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR	126
13.25	vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR	127
13.26	Winkel zwischen der Zahnachse mit NL	127
13.27	Winkel zwischen der Zahnachse mit ML	128
13.28	Vergleich zweier Gesichtstypen	129
13.29	Literaturübersicht	131

12 Literaturverzeichnis

- Ambrositsch, P., & Bantleon, H. (2015). Vergleich des S-Garian- mit dem Goshgarian-Transpalatinalbogen bei der Molarendrotation. *Stomatologie*, *112*(4), 145–149. <https://doi.org/10.1007/s00715-015-0036-7>
- Andresen, V. (1932a). Ein gnathophysiognometrisches System als ästhetische Grundlage der biomechanischen Orthodontie. *Fortschr Orthop*, *2-4*, 456.
- Andresen, V. (1932b). Ein gnatho-physiognometrisches System als ästhetische Grundlage der biomechanischen Orthodontie. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, *2*(4), 456–477.
- Angelieri, F., de Almeida, R. R., de Almeida, M. R., & Fuziy, A. (2006). Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance followed by fixed orthodontic treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, *129*(4), 520–527.
- Angle, E. H. (1907). *Treatment of Malocclusion of the Teeth: Angle's System. Greatly Enl. and Entirely Rewritten, with Six Hundred and Forty-one Illustrations*. SS White dental manufacturing Company.
- Angle, E. H., Grünberg, J., & Oppenheim, A. (1908). *Behandlung der Okklusionsanomalien der Zähne: Angle's system*. H. Meusser.
- Ascher, F. (1968). *Praktische Kieferorthopädie*. Urban & Schwarzenberg.
- Baume, L. J. (1950a). Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion; the biogenesis of accessional dentition. *J Dent Res*, *29*(3), 331–7. <https://doi.org/10.1177/00220345500290031301>
- Baume, L. J. (1950b). Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion. I. The biogenetic course of the deciduous dentition. *J Dent Res*, *29*(2), 123–32. <https://doi.org/10.1177/00220345500290020301>

- Berg, R. (1986). Die sagittale Kieferrelation. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 47(1), 28–38.
- Bishara, S. E., Treder, J. E., & Jakobsen, J. R. (1994). Facial and dental changes in adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 106(2), 175–186.
- Bjork, A. (1969). Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*, 55(6), 585–99.
- Björk, A. (1947). The face in profile. *Svensk Tandläk Tidskrift*, 40(Suppl 5B).
- Björk, A. (1972). Timing of interceptive orthodontic measures based on stages of maturation. *Transactions. European Orthodontic Society*, 61–74.
- Bolla, E., Muratore, F., Carano, A., & Bowman, S. J. (2002). Evaluation of maxillary molar distalization with the distal jet: a comparison with other contemporary methods. *The Angle orthodontist*, 72(5), 481–494.
- Bolton, W. A. (1958). Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *The Angle Orthodontist*, 28(3), 113–130.
- Bondevik, O. (2015). A longitudinal study of dental arches and occlusal changes in adults from 22 to 33, and 33 to 43 years of age. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 76(1), 79–89.
- Brodie, A. G. (1966). The apical base: Zone of interaction between the intestinal and skeletal systems. *The Angle Orthodontist*, 36(2), 136–151.
- Byloff, F. K., & Darendeliler, M. A. (1997). Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: Clinical and radiological evaluation. *Angle Orthod*, 67(4), 249–60. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1997\)067<0249:dmmutp>2.3.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1997)067<0249:dmmutp>2.3.co;2)
- Byloff, F. K., Darendeliler, M. A., Clar, E., & Darendeliler, A. (1997). Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: The effects of maxillary molar root uprighting bends. *Angle Orthod*, 67(4), 261–70. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1997\)067<0261:dmmutp>2.3.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1997)067<0261:dmmutp>2.3.co;2)
- Cacciatore, G., Alvetto, L., Defraia, E., Ghislanzoni, L. T. H., & Franchi, L. (2014). Active-treatment effects of the Forsus fatigue resistant device during comprehensive Class II correction in growing patients. *The korean journal of orthodontics*, 44(3), 136–142.
- Carano, A., & Testa, M. (1996). The distal jet for upper molar distalization. *J Clin Orthod*, 30(7), 374–80.
- Cetlin, N. M., & Ten Hoeve, A. (1983). Nonextraction treatment. *J Clin Orthod*, 17(6), 396–413.

- Chen, L. L., Xu, T. M., Jiang, J. H., Zhang, X. Z., & Lin, J. X. (2010). Longitudinal changes in mandibular arch posterior space in adolescents with normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, *137*(2), 187–93. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.03.021>
- Creekmore, T. D., & Eklund, M. K. (1983). The possibility of skeletal anchorage. *J Clin Orthod*, *17*(4), 266–9.
- Dahlberg, G. (1940). Statistical methods for medical and biological students. *Statistical methods for medical and biological students*.
- Daskalogiannakis, J. (2003). *Lexikon kieferorthopädischer Begriffe*. Quintessence Publ. Group.
- Diedrich, P. (1993). verschiedene orthodontische Verankerungssysteme. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, *54*(4), 156–171. <https://doi.org/10.1007/bf02171574>
- Dijkman, H. F. P. (1977). Der Lipbumper. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, *38*(1), 93–99. <https://doi.org/10.1007/bf02172120>
- Enlow, D. H., & Hans, M. G. (1996). *Essentials of facial growth*. WB Saunders Company.
- Fritz, U., Diedrich, P., Kinzinger, G., & Al-Said, M. (2003). The anchorage quality of mini-implants towards translatory and extrusive forces. *J Orofac Orthop*, *64*(4), 293–304. <https://doi.org/10.1007/s00056-003-0304-9>
- Fuziy, A., de Almeida, R. R., Janson, G., Angeli, F., & Pinzan, A. (2006). Sagittal, vertical, and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, *130*(4), 502–510.
- Gahl, C. (2019). *Die klinische Effizienz des Benesliders zur Distalisation von Molaren-eine kephalometrische Studie* (Thesis).
- Gat, H., Sarnat, H., Bjorvath, K., & Dayan, D. (1984). Dental age evaluation. A new six-developmental-stage method. *Clin Prev Dent*, *6*(2), 18–22.
- Ghosh, J., & Nanda, R. S. (1996). Evaluation of an intraoral maxillary molar distalization technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, *110*(6), 639–46.
- Ghougassian, S. S., & Ghafari, J. G. (2014). Association between mandibular third molar formation and retromolar space. *Angle Orthod*, *84*(6), 946–50. <https://doi.org/10.2319/120113-883.1>
- Gianelly, A. A., & Goldman, H. M. (1971). *Biologic basis of orthodontics*. Lea & Febiger.
- Goshgarian, R. (1972). Orthodontic palatal arch wires. *United States Government Patent Office*.

- Grossen, J., & Ingervall, B. (1995). The effect of a lip bumper on lower dental arch dimensions and tooth positions. *Eur J Orthod*, 17(2), 129–34. <https://doi.org/10.1093/ejo/17.2.129>
- Habersack, K., & Hasund, A. (n. d.). CEPH TEMPLATE—Clinical application of individualized cephalometrics. *Klinische Anwendung in individualisierter Kephalmetrie. Visualisierung der sagittalen und vertikalen Basenrelationen im individuellen Gesichtstyp. SAM Präzisionstechnik GmbH, D-82, 131.*
- Harzer, W. (1999). *Lehrbuch der Kieferorthopädie*. Deutscher Ärzteverlag.
- Hemmatpour, S., Mokhtar, A., & Rakhshan, V. (2017). Effects of Sabbagh Universal Spring 2 fixed functional appliance on class II/1 patients at their postpubertal-peak growth period compared with the extraction method. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 78(1).
- Hilgers, J. J. (1992). The pendulum appliance for Class II non-compliance therapy. *J Clin Orthod*, 26(11), 706–14.
- Hotz, R. (1976). Kieferorthopädie im Rahmen der Kinderzahnmedizin. *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen. Georg Thieme, Stuttgart, 279–341.*
- Hotz, R. P. (1974). [Extraction of permanent teeth in the framework of orthodontic treatment (indication and prognosis)]. *Dtsch Zahnarztl Z*, 29(8), 690–4.
- Hotz, R. P. (1970). Guidance of eruption versus serial extraction. *American journal of orthodontics*, 58(1), 1–20.
- Houston, W. (1983). The analysis of errors in orthodontic measurement. *Am J. Orthod*, 83, 382–390.
- Ihlow, D., & Rudzki, I. (2017). *Kieferorthopädische Retention: Kriterien, Regeln und Maßnahmen der Rezidivprophylaxe*. Georg Thieme Verlag.
- Jäger, A., Planert, J., Modler, H., & Gripp, L. (1992). In-vitro-Studie zur Anwendung von Palatinalbögen bei der Kontrolle der Position oberer Molaren. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 53(4), 230–238. <https://doi.org/10.1007/bf02327640>
- Janson, I. (1971). Eine Untersuchung zur mittleren Durchbruchzeit der bleibenden Zähne des Menschen. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 32(3-4), 387–397.
- Jordan, A. R., Kuhr, K., Baudisch, N. F., & Kirschneck, C. (n. d.). Verbreitung von Zahn- und Kieferfehlstellungen 8- und 9-jähriger Kinder in Deutschland—Ergebnisse der Sechsten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS• 6).
- Kahl-Nieke, B. (2001). *Einführung in die Kieferorthopädie*. Urban & Fischer München, Jena.

- Kanomi, R. (1997). Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod*, 31(11), 763–7.
- Keles, A., & Sayinsu, K. (2000). A new approach in maxillary molar distalization: intraoral bodily molar distalizer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 117(1), 39–48.
- Kim, S. J., Choi, T. H., Baik, H. S., Park, Y. C., & Lee, K. J. (2014). Mandibular posterior anatomic limit for molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 146(2), 190–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.04.021>
- Kinzinger, G., Frye, L., & Diedrich, P. (2009). Class II treatment in adults: comparing camouflage orthodontics, dentofacial orthopedics and orthognathic surgery—a cephalometric study to evaluate various therapeutic effects. *J Orofac Orthop*, 70(1), 63–91. <https://doi.org/10.1007/s00056-009-0821-2>
- Kinzinger, G., Fuhrmann, R., Gross, U., & Diedrich, P. (2000). Modified pendulum appliance including distal screw and uprighting activation for non-compliance therapy of Class-II malocclusion in children and adolescents. *J Orofac Orthop*, 61(3), 175–90.
- Kinzinger, G., Wehrbein, H., Byloff, F. K., Yildizhan, F., & Diedrich, P. (2005). Innovative anchorage alternatives for molar distalization—an overview. *J Orofac Orthop*, 66(5), 397–413. <https://doi.org/10.1007/s00056-005-0512-6>
- Kinzinger, G. S., Eren, M., & Diedrich, P. R. (2008). Treatment effects of intraoral appliances with conventional anchorage designs for non-compliance maxillary molar distalization: a literature review. *Eur J Orthod*, 30(6), 558–71. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn047>
- Kinzinger, G. S., Gulden, N., Yildizhan, F., & Diedrich, P. R. (2009). Efficiency of a skeletonized distal jet appliance supported by miniscrew anchorage for noncompliance maxillary molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136(4), 578–86. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.10.049>
- Kinzinger, G. S. M., & Diedrich, P. R. (2008). Biomechanics of a Distal Jet Appliance: Theoretical Considerations and In Vitro Analysis of Force Systems. *The Angle Orthodontist*, 78(4), 676–681. [https://doi.org/10.2319/0003-3219\(2008\)078\[0676:boadja\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2319/0003-3219(2008)078[0676:boadja]2.0.co;2)
- Klink-Heckmann, U., & Bredy, E. (1980). *Orthopädische Stomatologie*. Thieme.
- Kloehn, S. J. (1947). Guiding Alveolar Growth and Eruption of Teeth To Reduce Treatment Time and Produce A More Balanced Denture and Face. *The Angle Orthodontist*, 17(1), 10–33. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1947\)017<0010:gagaeo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1947)017<0010:gagaeo>2.0.co;2)

- Konik, M., Pancherz, H., & Hansen, K. (1997). The mechanism of Class II correction in late Herbst treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, *112*(1), 87–91.
- Lerche, H. (2019). Wachstumsanalyse des retromolaren Raumes—Eine retrospektive Studie an Fernröntgenseitenbildern aus den Polikliniken für Kieferorthopädie der Universitätskliniken Leipzig und Dresden.
- Longerich, U. J., Thurau, M., & Kolk, A. (2014). Development of a new device for maxillary molar distalization with high pseudoelastic forces to overcome slider friction: the Longslider—a modification of the Beneslider. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, *118*(1), 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2012.08.437>
- Ludwig, B., Glasl, B., Bowman, S. J., Wilmes, B., Kinzinger, G. S., & Lisson, J. A. (2011). Anatomical guidelines for miniscrew insertion: palatal sites. *J Clin Orthod*, *45*(8), 433–41, quiz 467.
- Lundström, A. (1923). Malocclusion of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base.
- McNamara, J. A. (2000). Maxillary transverse deficiency. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, *117*(5), 567–570.
- Mershon, J. V. (1918). The removable lingual arch as an appliance for the treatment of malocclusion of the teeth. *International Journal of Orthodontia*, *4*(11), 578–587.
- Miclotte, A., Grommen, B., Cadenas de Llano-Perula, M., Verdonck, A., Jacobs, R., & Willems, G. (2017). The effect of first and second premolar extractions on third molars: A retrospective longitudinal study. *J Dent*, *61*, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.03.007>
- Miclotte, A., Grommen, B., Lauwereins, S., Cadenas de Llano-Perula, M., Algerban, A., Verdonck, A., Fieuws, S., Jacobs, R., & Willems, G. (2017). The effect of headgear on upper third molars: a retrospective longitudinal study. *Eur J Orthod*, *39*(4), 426–432. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjw090>
- Moorrees, C. F. (1959). *The dentition of the growing child* (Bd. 1959). Harvard University Press Cambridge.
- Moyers, R. E. (1973). Handbook of orthodontics for the student and general practitioner. (No Title).
- Nance, H. N. (1947). The limitations of orthodontic treatment; diagnosis and treatment in the permanent dentition. *Am J Orthod*, *43*(43rd Annual Meeting), 36–84.

- Nevant, C., Buschang, P., Alexander, R., & Steffen, J. (1991). Lip bumper therapy for gaining arch length. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *100*(4), 330–336.
- Nguyen, A. (2020). *A longitudinal assesment of retromloar space* (Thesis). University of Montreal.
- Nguyen, A., Caplin, J., Avenetti, D., Durfee, S., Kusnoto, B., Sciote, J. J., & Nicholas, C. L. (2022). A longitudinal assessment of sex differences in the growth of the mandibular retromolar space. *Arch Oral Biol*, *143*, 105547. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2022.105547>
- Nienkemper, M., Wilmes, B., Pauls, A., Yamaguchi, S., Ludwig, B., & Drescher, D. (2014). Treatment efficiency of mini-implant-borne distalization depending on age and second-molar eruption. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, *75*(2), 118–132.
- Nötzel, F., & Schultz, C. (2009). *Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik: Analysen und Tabellen für die Praxis*. Deutscher Ärzteverlag.
- Pancherz, H. (1979). Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance: a cephalometric investigation. *American Journal of Orthodontics*, *76*(4), 423–442.
- Pancherz, H. (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *Am J Orthod*, *82*(2), 104–13.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2018). *Contemporary orthodontics-e-book*. Elsevier Health Sciences.
- Richardson, M. E. (1987). Lower Third Molar Space. *The Angle Orthodontist*, *57*(2), 155–161. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1987\)057<0155:ltms>2.0.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1987)057<0155:ltms>2.0.co;2)
- Ricketts, R. M. (1981). Perspectives in the clinical application of cephalometrics: the first fifty years. *The Angle Orthodontist*, *51*(2), 115–150.
- RöV. (1987, 2002). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung–RöV).
- Schmuth, G. (1994). *Kieferorthopädie*. G. Thieme Stuttgart.
- Schols, J. G. J. H. (1988). *Gebißentwicklung und Gesichtswachstum in der Adoleszenz* (Thesis).
- Schopf, P. (1991). *Curriculum Kieferorthopädie Band I und II*. Quintessenz Verlags-GmbH 4. überarbeitete Auflage 2008.

- Schwarz, A. M. (1961). *Lehrgang der Gebissregelung: Untersuchungsgang (Diagnostik)* (Bd. 1). Urban & Schwarzenberg.
- Schwarze, C. (1972). Long-time study on the sagittal position of the 1st molars. *Fortschritte der Kieferorthopädie*, 33(1), 93–102.
- Segner, D., & Hasund, A. (2003). *Individualisierte Kephalometrie*. 4., unveränd. Aufl. Hamburg: Segner.
- Segner, D., & Hasund, A. (1991). *Individualisierte Kephalometrie*. Segner Hamburg.
- Sillman, J. (1964). Dimensional changes of the dental arches: longitudinal study from birth to 25 years. *American Journal of Orthodontics*, 50(11), 824–842.
- Steiner, C. C. (1953). Cephalometrics for you and me. *American journal of orthodontics*, 39(10), 729–755.
- Thilander, B. (2009). Dentoalveolar development in subjects with normal occlusion. A longitudinal study between the ages of 5 and 31 years. *The European Journal of Orthodontics*, 31(2), 109–120.
- van der Linden, F. P. (2005). Orthodontic concepts and strategies. *European Journal of Orthodontics*, 27, 104.
- WHO. (1948). Constitution of the world health organization. Abgerufen von <https://apps.who.int/gb/bd/>
- Wilmes, B., & Drescher, D. (2010). Application and effectiveness of the Beneslider: a device to move molars distally. *World J Orthod*, 11(4), 331–40.
- Wilmes, B., Nienkemper, M., & Drescher, D. (2013). Der Beneslider zur Distalisierung im Oberkiefer. *Inf Orthod Kieferorthop*, 45(01), 42–50. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1334928>
- Wilmes, B., Rademacher, C., Olthoff, G., & Drescher, D. (2006). Parameters Affecting Primary Stability of Orthodontic Mini-implants. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 67(3), 162–174. <https://doi.org/10.1007/s00056-006-0611-z>
- Wilmes, B., Willmann, J., Stocker, B., & Drescher, D. (2015). Mini-Implantate zur kieferorthopädischen Verankerung im anterioren Gaumen, mediane vs. paramediane Insertion. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie*, 47(04), 243–248.

13 Anhang

13.1 Statistische Auswertung

Namen	Dahlberg	Houston
A06.PTV	3,267	0,494
WZO6.PTV	3,313	0,526
SZGO6.PTV	3,321	0,547
ZO6.PTV	3,304	0,558
kPO6.PTV	3,413	0,550
dPO6.PTV	3,300	0,560
AU6.RAV	4,561	0,097
WZU6.RAV	4,497	-0,222
SZGU6.RAV	4,517	-0,163
ZU6.RAV	4,433	-0,198
kPU6.RAV	4,479	-0,151
dPU6.RAV	4,056	-0,062
ZAO6.NL.Winkel	4,575	0,369
iPOK1.kPO6	0,601	0,987
aPOK1.aPO6	0,585	0,975
iPUK1.kPU6	0,630	0,984
aPUK1.aPU6	0,705	0,974

Tab. 13.1: Methodenfehler und Zuverlässigkeitskoeffizient T1

Namen	Dahlberg	Houston
A06.PTV	3,137	0,501
WZO6.PTV	3,280	0,518
SZGO6.PTV	3,259	0,552
ZO6.PTV	3,276	0,558
kPO6.PTV	3,418	0,560
dPO6.PTV	3,268	0,559
AU6.RAV	4,477	0,113
WZU6.RAV	4,212	-0,011
SZGU6.RAV	4,135	-0,085
ZU6.RAV	4,155	-0,137
kPU6.RAV	4,278	-0,136
dPU6.RAV	3,917	-0,026
ZAO6.NL.Winkel	4,919	0,264
iPOK1.kPO6	0,779	0,980
aPOK1.aPO6	0,623	0,972
iPUK1.kPU6	0,777	0,977
aPUK1.aPU6	0,648	0,978

Tab. 13.2: Methodenfehler und Zuverlässigkeitskoeffizient T2

13.1.1 Weitere Tabellen zum Geschlecht

Strecke	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
	67	43		67	43		67	43	
A06.PTV	25.70 [23.55, 27.40]	26.60 [24.30, 28.80]	ns	25.40 [23.40, 28.00]	27.40 [24.60, 29.35]	ns	0.53 (4.48)	0.93 (3.84)	ns
WZO6.PTV	24.00 [22.15, 26.70]	24.70 [23.00, 27.55]	ns	24.60 [22.65, 26.90]	26.40 [24.10, 28.85]	ns	0.50 [-1.60, 3.60]	1.30 [-1.15, 3.40]	ns
SZGO6.PTV	22.50 [20.35, 25.30]	22.60 [21.15, 26.05]	ns	23.30 [21.10, 25.85]	25.00 [21.85, 28.45]	ns	0.90 [-1.00, 3.45]	2.00 [-0.80, 3.80]	ns
ZO6.PTV	21.80 [19.35, 24.25]	22.20 [20.00, 25.10]	ns	22.50 [20.45, 25.00]	24.20 [21.15, 27.45]	ns	0.70 [-1.40, 3.90]	1.60 [-0.40, 3.50]	ns
kPO6.PTV	22.30 [20.30, 24.95]	22.70 [21.10, 25.95]	ns	23.60 [21.00, 26.50]	24.90 [22.75, 28.50]	ns	1.30 [-1.10, 4.00]	1.90 [-0.10, 4.30]	ns
dPO6.PTV	16.10 [13.80, 18.10]	16.30 [14.15, 19.85]	ns	17.20 [14.80, 19.85]	18.60 [16.00, 22.40]	ns	1.00 [-1.35, 3.80]	1.30 [-0.60, 3.60]	ns

Tab. 13.3: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

Strecke	Anfang			Ende			Differenz		
	female	male	p	female	male	p	female	male	p
	67	43		67	43		67	43	
iPUK1.kPU6	32.70 [30.60, 35.05]	33.80 [31.65, 35.75]	ns	33.50 [31.50, 35.80]	35.00 [32.60, 36.25]	ns	1.50 [-1.15, 4.05]	1.00 [-0.95, 2.95]	ns
aPUK1.aPU6	28.20 [26.30, 31.05]	28.50 [26.95, 30.00]	ns	26.10 [23.85, 28.40]	26.50 [24.80, 29.70]	ns	-2.40 [-4.80, 0.00]	-1.90 [-4.30, 1.40]	ns

Tab. 13.4: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

13.1.2 Weitere Tabellen zum chronologischen Alter

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
iPOK1.kPO6	-0.194	0.042	-0.198	0.038	0.046	ns
aPOK1.aPO6	0.215	0.024	0.161	ns	0.016	ns

Tab. 13.5: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
iPUK1.kPU6	-0.263	0.006	-0.198	0.038	0.136	ns
aPUK1.aPU6	-0.155	ns	-0.011	ns	0.101	ns

Tab. 13.6: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

13.1.3 Weitere Tabellen zur Altersgruppe

Strecke	Gruppe 1 (<13)	Gruppe 2 (≥13)	p
n	55	55	
iPOK1.kPO6_Anfang (median [IQR])	37.10 [34.55, 39.30]	36.20 [33.30, 38.90]	ns
aPOK1.aPO6_Anfang (median [IQR])	24.30 [23.05, 25.65]	25.20 [23.80, 26.50]	ns
iPOK1.kPO6_End (median [IQR]) 38.50	[36.05, 40.45]	37.80 [34.75, 40.10]	ns
aPOK1.aPO6_End (median [IQR]) 25.60	[23.80, 27.80]	27.30 [24.15, 30.05]	ns
iPOK1.kPO6_Differenz (median [IQR])	1.80 [-0.95, 3.55]	1.60 [-0.10, 3.85]	ns
aPOK1.aPO6_Differenz (median [IQR])	1.30 [-0.85, 4.35]	1.20 [-0.80, 3.95]	ns

Tab. 13.7: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Strecke	Gruppe 1 (<13)	Gruppe 2 (≥13)	p
n	55	55	
iPUK1.kPU6_Anfang (median [IQR])	33.80 [31.60, 35.70]	32.50 [30.35, 34.70]	0.044
aPUK1.aPU6_Anfang (median [IQR])	28.60 [27.70, 30.25]	27.90 [26.05, 31.10]	ns
iPUK1.kPU6_Ende (median [IQR])	34.80 [32.80, 36.25]	33.30 [31.40, 36.10]	ns
aPUK1.aPU6_Ende (median [IQR])	26.30 [23.90, 29.80]	26.20 [24.25, 28.40]	ns
iPUK1.kPU6_Differenz (median [IQR])	1.00 [-1.20, 2.90]	1.40 [-0.55, 4.00]	ns
aPUK1.aPU6_Differenz (median [IQR])	-2.20 [-5.40, 0.90]	-2.10 [-3.70, 0.10]	ns

Tab. 13.8: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

13.1.4 Weitere Tabellen zur Zeitspanne zwischen T1 und T2

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
A06-PTV	-0.076	ns	-0.103	ns	-0.018	ns
WZO6-PTV	-0.108	ns	-0.117	ns	-0.024	ns
SZGO6-PTV	-0.121	ns	-0.096	ns	-0.012	ns
ZO6-PTV	-0.122	ns	-0.110	ns	0.002	ns
kPO6-PTV	-0.114	ns	-0.103	ns	-0.007	ns
dPO6-PTV	-0.138	ns	-0.117	ns	0.009	ns

Tab. 13.9: vom 6-J-M nach distal zur PTV in der oberen ZR

Strecke	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
iPUK1.kPU6	-0.080	ns	-0.038	0.694	-0.002	ns
aPUK1.aPU6	-0.086	ns	0.001	0.989	0.046	ns

Tab. 13.10: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

Winkel	Anfang		Ende		Differenz	
	K	p	K	p	K	p
ZAO6.NL.Winkel	0.137	ns	-0.026	ns	-0.151	ns
ZAU6.ML.Winkel	-0.054	ns	-0.158	ns	-0.075	ns

Tab. 13.11: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

13.1.5 Weitere Tabellen zum Gesichtstyp

Strecke	O	P	R	p
n	52	10	48	
iPOK1.kPO6_Anfang (median [IQR])	36.45 [33.30, 39.05]	38.65 [37.23, 39.75]	36.25 [34.70, 38.62]	ns
aPOK1.aPO6_Anfang (median [IQR])	25.15 [23.67, 26.50]	25.40 [24.18, 26.70]	24.30 [23.25, 25.30]	ns
iPOK1.kPO6_Ende (median [IQR])	38.20 [35.38, 41.23]	38.65 [37.23, 42.15]	38.20 [35.25, 40.32]	ns
aPOK1.aPO6_Ende (median [IQR])	26.35 [24.87, 28.90]	26.10 [22.23, 27.77]	25.60 [23.70, 27.97]	ns
iPOK1.kPO6_Differenz (median [IQR])	2.25 [0.60, 4.05]	0.25 [-4.42, 3.10]	1.25 [-0.45, 3.80]	ns
aPOK1.aPO6_Differenz (median [IQR])	1.60 [-0.70, 3.87]	1.60 [-2.42, 3.70]	0.85 [-1.05, 4.45]	ns

Tab. 13.12: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Winkel	O	P	R	p
n	52	10	48	
ZAO6.NL.Winkel.Anfang (median [IQR])	101.65 [98.10, 104.10]	103.35 [101.55, 105.17]	104.95 [100.62, 107.12]	0.030
ZAO6.NL.Winkel.Ende (median [IQR])	99.40 [97.15, 102.20]	99.50 [96.50, 100.93]	100.15 [97.03, 105.68]	ns
ZAO6.NL.Winkel.Differenz (median [IQR])	-2.80 [-5.80, 1.43]	-4.65 [-6.38, -3.40]	-3.25 [-7.17, 0.85]	ns
ZAU6.ML.Winkel.Anfang (median [IQR])	87.90 [82.12, 91.12]	87.75 [86.53, 91.75]	84.75 [80.17, 89.65]	ns
ZAU6.ML.Winkel.Ende (median [IQR])	84.55 [81.72, 88.53]	85.90 [78.48, 86.98]	83.80 [79.42, 87.77]	ns
ZAU6.ML.Winkel.Differenz (median [IQR])	-2.75 [-6.15, 2.00]	-6.25 [-8.95, -0.38]	-1.15 [-5.93, 3.95]	ns

Tab. 13.13: Winkel zwischen den Zahnachsen mit NL bzw. ML

13.1.6 Weitere Tabellen zu linearen Regressionen

Predictors	WZU6.RAV_Differenz		
	Estimates	CI	p
(Intercept)	4.98	-0.35 – 10.30	0.067
Gesichtstyp.T1 [p]	1.90	-0.98 – 4.79	0.193
Gesichtstyp.T1 [r]	1.41	-0.31 – 3.12	0.107
gender [male]	1.88	0.26 – 3.50	0.024
Alter	-0.41	-0.74 – -0.07	0.018
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.91	0.28 – 1.54	0.005
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.219 / 0.181		

Tab. 13.14: WZ vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR

	AU6.RAV_Differenz		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	3.98	-2.15 – 10.11	0.201
Gesichtstyp.T1 [p]	2.35	-0.97 – 5.67	0.163
Gesichtstyp.T1 [r]	0.96	-1.02 – 2.93	0.338
gender [male]	1.74	-0.12 – 3.61	0.067
Alter	-0.34	-0.72 – 0.05	0.088
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.92	0.19 – 1.64	0.014
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.152 / 0.111		

Tab. 13.15: A vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR

	iPOK1.kPO6_Differenz		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	0.39	-5.27 – 6.04	0.893
Gesichtstyp.T1 [p]	-2.41	-5.47 – 0.64	0.121
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.09	-1.91 – 1.73	0.918
gender [male]	2.14	0.41 – 3.86	0.016
Alter	0.09	-0.27 – 0.44	0.635
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.11	-0.77 – 0.56	0.753
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.074 / 0.030		

Tab. 13.16: koronale Messung vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Predictors	aPOK1.aPO6_Differenz		
	Estimates	CI	p
(Intercept)	-1.77	-7.56 – 4.02	0.546
Gesichtstyp.T1 [p]	-1.37	-4.50 – 1.77	0.389
Gesichtstyp.T1 [r]	0.19	-1.67 – 2.05	0.840
gender [male]	2.13	0.37 – 3.90	0.018
Alter	0.06	-0.30 – 0.43	0.730
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.48	-0.20 – 1.17	0.165
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.083 / 0.039		

Tab. 13.17: apikale Messung vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

Predictors	aPUK1.aPU6_Differenz		
	Estimates	CI	p
(Intercept)	-5.11	-10.47 – 0.25	0.061
Gesichtstyp.T1 [p]	-4.07	-6.97 – -1.17	0.006
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.21	-1.94 – 1.51	0.806
gender [male]	1.33	-0.30 – 2.97	0.108
Alter	0.21	-0.13 – 0.55	0.223
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.09	-0.54 – 0.72	0.773
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	5.116 0.066		

Tab. 13.18: apikale Messung vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

	ZAO6.NL.Winkel_Differenz		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	-4.64	-11.89 – 2.60	0.207
Gesichtstyp.T1 [p]	-2.11	-6.03 – 1.81	0.289
Gesichtstyp.T1 [r]	0.25	-2.09 – 2.58	0.834
gender [male]	-0.47	-2.68 – 1.73	0.672
Alter	0.43	-0.03 – 0.88	0.068
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-1.15	-2.01 – -0.30	0.009
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.109 / 0.066		

Tab. 13.19: Winkel zwischen der Zahnachse und NL

	ZAU6.ML.Winkel_Differenz		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	5.78	-2.32 – 13.87	0.160
Gesichtstyp.T1 [p]	-3.05	-7.43 – 1.33	0.171
Gesichtstyp.T1 [r]	0.19	-2.41 – 2.80	0.883
gender [male]	-2.60	-5.07 – -0.13	0.039
Alter	-0.44	-0.95 – 0.07	0.091
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.17	-1.12 – 0.79	0.730
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.084 / 0.040		

Tab. 13.20: Winkel zwischen der Zahnachse und ML

	WZO 6.PTV Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	16.33	10.27 – 22.40	< 0.001
WZO6.PTV_Anfang	0.42	0.21 – 0.63	< 0.001
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.35	-2.94 – 2.24	0.790
Gesichtstyp.T1 [r]	-1.88	-3.44 – -0.32	0.019
gender [male]	1.01	-0.48 – 2.49	0.182
Alter	-0.03	-0.36 – 0.30	0.868
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.04	-0.61 – 0.54	0.903
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.263 / 0.220		

Tab. 13.21: WZ vom 6-J-M nach distal in der oberen ZR

	AU 6.RAV Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	14.34	8.48 – 20.21	<0.001
AU6.RAV_Anfang	0.25	0.04 – 0.46	0.022
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.10	-2.93 – 2.74	0.945
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.59	-2.28 – 1.10	0.490
gender [male]	1.92	0.37 – 3.46	0.016
Alter	-0.02	-0.35 – 0.32	0.925
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.36	-0.26 – 0.98	0.258
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.126 / 0.076		

Tab. 13.22: A vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR

	kPU6.RAV_Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	16.11	11.38 - 20.84	<0.001
kPU6.RAV_Anfang	0.27	0.09 – 0.46	0.005
Gesichtstyp.T1 [p]	0.18	-2.02 – 2.37	0.873
Gesichtstyp.T1 [r]	0.11	-1.22 – 1.44	0.870
gender [male]	1.81	0.59 – 3.03	0.004
Alter	-0.09	-0.36 – 0.19	0.541
Zeit.zwischen.T1.und.T2	0.31	-0.19 – 0.80	0.219
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.153/0.103		

Tab. 13.23: kP vom 6-J-M nach distal in der unteren ZR

	iPOK1.kPO6_Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	30.17	20.54 – 39.80	<0.001
iPOK1.kPO6_Anfang	0.28	0.08 – 0.48	0.007
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.78	-3.35 – 1.79	0.547
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.25	-1.75 – 1.26	0.747
gender [male]	1.58	0.15 – 3.01	0.031
Alter	-0.17	-0.47 – 0.14	0.281
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.12	-0.67 – 0.43	0.671
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.129 / 0.078		

Tab. 13.24: vom 6-J-M nach mesial in der oberen ZR

	iPUK1.kPU6_Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	24.29	14.69 – 33.88	<0.001
iPUK1.kPU6_Anfang	0.35	0.13 – 0.57	0.002
Gesichtstyp.T1 [p]	-0.97	-3.33 – 1.38	0.414
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.16	-1.59 – 1.26	0.820
gender [male]	0.93	-0.39 – 2.25	0.167
Alter	-0.06	-0.35 – 0.22	0.659
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.25	-0.77 – 0.26	0.331
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.134 / 0.084		

Tab. 13.25: vom 6-J-M nach mesial in der unteren ZR

	ZAO6.NL.Winkel_Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	52.43	29.91 – 74.95	<0.001
ZAO6.NL.Winkel_Anfang	0.48	0.28 – 0.68	< 0.001
Gesichtstyp.T1 [p]	-1.77	-5.27 – 1.73	0.318
Gesichtstyp.T1 [r]	1.03	-1.07 – 3.14	0.332
gender [male]	0.93	-0.39 – 2.25	0.167
Alter	0.06	-0.37 – 0.49	0.785
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.85	-1.62 – -0.08	0.031
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.251 / 0.207		

Tab. 13.26: Winkel zwischen der Zahnachse mit NL

	ZAU6.ML.Winkel_Ende		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	51.24	36.67 – 65.81	<0.001
ZAU6.ML.Winkel_Anfang	0.40	0.24 – 0.57	< 0.001
Gesichtstyp.T1 [p]	-1.64	-5.29 – 2.01	0.375
Gesichtstyp.T1 [r]	-0.28	-2.45 – 1.88	0.795
gender [male]	-2.41	-4.45 – -0.37	0.021
Alter	-0.04	-0.48 – 0.40	0.868
Zeit.zwischen.T1.und.T2	-0.04	-0.83 – 0.75	0.919
Observations	110		
R^2 / R^2 adjusted	0.228 / 0.183		

Tab. 13.27: Winkel zwischen der Zahnachse mit ML

13.1.7 Tabelle zum Vergleich zweier Gesichtstypen

	[ALL]	o	p	r	p.overall	p.o vs p	p.o vs r	p.p vs r
	N=110	N=52	N=10	N=48				
A06.PTV_Anfang	25.9 [23.8;27.8]	26.9 [24.4;28.2]	26.6 [26.1;27.7]	24.9 [22.8;26.8]	0.019	0.909	0.033	0.072
WZO6.PTV_Anfang	24.3 [22.4;26.9]	25.6 [23.4;27.7]	25.6 [24.0;26.7]	23.1 [21.2;25.8]	0.010	0.826	0.015	0.072
SZGO6.PTV_Anfang	22.5 [20.7;25.5]	23.2 [21.8;26.7]	24.4 [22.3;25.6]	20.9 [19.7;24.3]	0.004	0.924	0.007	0.036
ZO6.PTV_Anfang	21.8 [19.8;24.8]	22.6 [21.2;25.4]	23.5 [21.8;24.2]	20.3 [18.3;23.5]	0.005	1.000	0.008	0.054
kPO6.PTV_Anfang	22.5 [20.6;25.4]	24.1 [21.8;26.4]	24.3 [21.7;24.9]	21.1 [18.5;24.3]	0.004	0.716	0.005	0.085
dPO6.PTV_Anfang	16.2 [14.0;19.2]	17.2 [15.4;19.8]	17.6 [16.3;18.9]	14.9 [12.9;17.7]	0.008	0.803	0.010	0.094
AU6.RAV_Anfang	15.9 [13.4;18.4]	17.6 [14.8;20.0]	13.5 [11.6;16.4]	14.8 [12.7;16.8]	<0.001	0.007	0.002	0.550
WZU6.RAV_Anfang	17.4 [15.5;20.0]	19.1 [17.0;21.0]	16.3 [14.2;17.7]	16.4 [14.4;17.7]	<0.001	0.012	<0.001	0.789
SZGU6.RAV_Anfang	17.8 [15.2;20.3]	19.0 [17.3;20.8]	17.1 [13.8;18.5]	16.6 [14.5;18.2]	0.001	0.058	0.001	0.711
ZU6.RAV_Anfang	18.2 [15.9;20.6]	19.1 [17.7;21.3]	17.4 [13.9;18.7]	17.0 [14.6;18.5]	0.001	0.103	0.001	0.592
kPU6.RAV_Anfang	17.6 [15.4;20.1]	19.0 [16.9;21.6]	17.2 [13.8;19.0]	16.5 [14.1;18.0]	0.001	0.192	0.001	0.643
dPU6.RAV_Anfang	12.1 [9.85;14.6]	13.4 [11.5;15.5]	11.5 [7.90;12.8]	11.3 [8.52;12.8]	0.003	0.078	0.003	0.975
ZAO6.NL.Winkel_Anfang	103 [99.6;106]	102 [98.1;104]	103 [102;105]	105 [101;107]	0.030	0.320	0.032	0.497
ZAU6.ML.Winkel_Anfang	86.6 [81.5;90.4]	87.9 [82.1;91.1]	87.8 [86.5;91.8]	84.8 [80.2;89.7]	0.171	0.572	0.218	0.218
iPOK1.kPO6_Anfang	36.5 [34.3;39.0]	36.5 [33.3;39.0]	38.6 [37.2;39.8]	36.2 [34.7;38.6]	0.084	0.078	0.986	0.062
aPOK1.aPO6_Anfang	24.9 [23.4;26.1]	25.1 [23.7;26.5]	25.4 [24.2;26.7]	24.3 [23.2;25.3]	0.114	0.826	0.155	0.303
iPUK1.kPU6_Anfang	33.0 [31.0;35.2]	33.2 [31.3;35.7]	35.2 [32.8;36.6]	32.7 [30.3;34.4]	0.051	0.148	0.148	0.074
aPUK1.aPU6_Anfang	28.4 [26.3;30.5]	28.4 [26.2;30.3]	31.2 [30.8;32.8]	28.0 [26.2;29.8]	0.002	0.005	0.546	0.001
A06.PTV_Ende	26.0 [23.6;29.1]	27.3 [24.8;30.4]	27.8 [25.9;29.2]	24.9 [23.1;27.5]	0.006	0.841	0.013	0.033
WZO6.PTV_Ende	25.4 [22.7;27.9]	26.4 [23.9;29.5]	27.0 [25.1;27.9]	24.1 [21.6;26.7]	0.004	0.752	0.007	0.050
SZGO6.PTV_Ende	24.1 [21.4;26.9]	25.0 [22.5;28.3]	25.9 [24.4;27.1]	22.2 [20.3;25.4]	0.001	0.612	0.002	0.024
ZO6.PTV_Ende	23.3 [20.6;25.8]	24.2 [21.8;27.9]	25.2 [23.6;26.1]	21.3 [19.1;24.4]	0.001	0.553	0.001	0.016
kPO6.PTV_Ende	24.0 [21.5;27.2]	25.4 [23.0;28.3]	25.8 [24.3;27.7]	22.9 [20.3;25.7]	0.002	0.789	0.003	0.037
dPO6.PTV_Ende	17.8 [14.9;20.3]	18.7 [16.6;22.3]	19.5 [17.0;20.5]	15.9 [13.5;18.7]	0.001	0.767	0.001	0.027
AU6.RAV_Ende	19.1 [16.6;21.6]	19.9 [17.3;22.6]	19.5 [17.7;20.5]	18.6 [16.4;20.7]	0.322	0.688	0.417	0.688
WZU6.RAV_Ende	20.8 [19.4;23.1]	21.0 [20.0;23.7]	20.9 [19.8;22.1]	20.6 [18.9;22.6]	0.458	0.696	0.678	0.696
SZGU6.RAV_Ende	20.9 [19.3;22.8]	21.4 [19.4;23.1]	21.0 [20.1;21.8]	20.4 [19.1;22.4]	0.424	0.667	0.635	0.667
ZU6.RAV_Ende	21.1 [19.8;23.2]	21.8 [20.0;23.7]	21.6 [20.4;22.3]	20.6 [19.6;22.9]	0.526	0.841	0.825	0.825
kPU6.RAV_Ende	20.9 [19.3;23.4]	21.5 [19.3;23.6]	21.3 [20.0;23.3]	20.4 [19.3;22.7]	0.572	0.811	0.606	0.606
dPU6.RAV_Ende	14.9 [13.5;17.2]	15.3 [13.5;17.8]	15.4 [14.0;17.4]	14.6 [13.3;16.6]	0.420	0.969	0.624	0.624
ZAO6.NL.Winkel_Ende	99.8 [96.8;103]	99.4 [97.1;102]	99.5 [96.5;101]	100 [97.0;106]	0.159	0.485	0.247	0.247
ZAU6.ML.Winkel_Ende	84.3 [81.0;88.1]	84.6 [81.7;88.5]	85.9 [78.5;87.0]	83.8 [79.4;87.8]	0.659	0.821	0.821	0.821
iPOK1.kPO6_Ende	38.2 [35.4;40.4]	38.2 [35.4;41.2]	38.6 [37.2;42.1]	38.2 [35.2;40.3]	0.706	0.669	0.929	0.669
aPOK1.aPO6_Ende	26.1 [23.8;28.7]	26.4 [24.9;28.9]	26.1 [22.2;27.8]	25.6 [23.7;28.0]	0.304	0.472	0.472	0.869
iPUK1.kPU6_Ende	34.3 [31.9;36.2]	34.1 [31.4;36.5]	35.0 [32.8;36.5]	34.3 [31.9;35.7]	0.819	0.783	0.783	0.783
aPUK1.aPU6_Ende	26.2 [24.0;28.8]	27.0 [24.1;29.6]	26.1 [25.4;27.6]	25.9 [24.0;28.8]	0.514	0.608	0.608	0.975
A06.PTV_Differenz	0.20 [-2.08;2.77]	0.60 [-2.15;3.40]	0.90 [-0.53;2.53]	-0.45 [-2.02;2.42]	0.664	0.985	0.697	0.697
WZO6.PTV_Differenz	0.80 [-1.50;3.60]	0.90 [-2.55;4.35]	1.80 [0.00;2.82]	0.60 [-1.12;2.82]	0.826	0.774	0.774	0.774
SZGO6.PTV_Differenz	1.35 [-0.98;3.68]	1.40 [-2.05;4.53]	1.85 [0.52;3.20]	1.15 [-0.68;3.35]	0.740	0.738	0.738	0.738
ZO6.PTV_Differenz	1.25 [-1.05;3.60]	1.40 [-1.57;4.40]	2.10 [1.50;3.55]	0.60 [-0.95;3.35]	0.508	0.574	0.574	0.574
kPO6.PTV_Differenz	1.45 [-0.75;4.18]	1.75 [-1.12;4.95]	3.50 [0.78;4.42]	1.10 [-0.45;3.18]	0.586	0.653	0.653	0.653
dPO6.PTV_Differenz	1.15 [-1.05;3.77]	1.40 [-2.10;4.92]	2.70 [0.63;3.90]	0.85 [-0.90;2.68]	0.563	0.767	0.762	0.685
AU6.RAV_Differenz	3.25 [0.43;6.75]	3.05 [-0.48;6.00]	4.75 [1.92;9.47]	3.45 [1.32;7.10]	0.150	0.200	0.200	0.530
WZU6.RAV_Differenz	3.60 [0.92;7.15]	2.20 [-0.30;5.50]	4.65 [1.95;8.73]	4.25 [1.93;8.35]	0.035	0.117	0.060	0.869
SZGU6.RAV_Differenz	3.55 [0.53;6.75]	2.40 [-0.23;5.50]	3.75 [1.50;7.92]	4.50 [2.30;7.80]	0.044	0.243	0.053	0.951
ZU6.RAV_Differenz	3.40 [0.80;6.88]	2.00 [0.15;4.70]	3.95 [1.55;7.68]	5.10 [2.38;7.55]	0.028	0.275	0.028	0.869
kPU6.RAV_Differenz	3.75 [0.90;7.20]	1.80 [0.30;5.23]	3.65 [1.50;8.38]	5.35 [1.75;7.73]	0.024	0.207	0.027	0.959
dPU6.RAV_Differenz	3.05 [0.75;6.20]	2.50 [-0.52;4.80]	4.40 [1.82;7.55]	4.75 [1.95;7.03]	0.065	0.162	0.111	0.805
ZAO6.NL.Winkel_Differenz	-3.30 [-6.65;0.70]	-2.80 [-5.80;1.43]	-4.65 [-6.38;-3.40]	-3.25 [-7.17;0.85]	0.332	0.355	0.702	0.355
ZAU6.ML.Winkel_Differenz	-2.45 [-6.52;2.90]	-2.75 [-6.15;2.00]	-6.25 [-8.95;-0.38]	-1.15 [-5.93;3.95]	0.226	0.261	0.408	0.261
iPOK1.kPO6_Differenz	1.70 [-0.55;3.80]	2.25 [0.60;4.05]	0.25 [-4.42;3.10]	1.25 [-0.45;3.80]	0.269	0.382	0.382	0.382
aPOK1.aPO6_Differenz	1.25 [-0.88;4.27]	1.60 [-0.70;3.87]	1.60 [-2.42;3.70]	0.85 [-1.05;4.45]	0.826	0.703	0.703	0.703
iPUK1.kPU6_Differenz	1.25 [-1.00;3.60]	1.40 [-1.10;3.73]	-0.05 [-2.67;3.27]	1.25 [-0.45;3.75]	0.554	0.612	0.612	0.612
aPUK1.aPU6_Differenz	-2.15 [-4.40;0.27]	-1.95 [-4.32;1.72]	-4.65 [-8.25;-3.50]	-2.05 [-3.67;0.10]	0.019	0.012	0.798	0.012

Tab. 13.28: Vergleich zweier Gesichtstypen

13.1.8 Tabelle Literaturübersicht

Literatur	Gemessen zu	Gleich	Unterschiedlich	Sonstiges
OK nach distal				
Lerche 2019	Distaler Punkt des 6-J-M zu PTV	FRS	PTV senkrecht zu F.H.	
Gahl 2019	Alle sechs Messungen vom 6-J-M zu PTV	FRS, PTV senkrecht zu NL		
Miclotte 2017	Distaler Punkt des 6-J-M zu PTV	FRS	PTV senkrecht zu F.H.	Platz für 8er
Nienkemper 2014	Zentroid und Trifurkation zu PTV	FRS,PTV senkrecht zu NL		Beneslider
Kinzinger 2009	Distaler Punkt des 6-J-M zu PTV	FRS	PTV senkrecht zu F.H.	
Angelier 2006	Zentroid zu PTV	FRS	PTV senkrecht zu F.H.	Pendulum
Fuziy 2006	Mesio-bukkaler Höcker des 6-J-M zur PTV	FRS	PTV senkrecht zu F.H., mesio-bukkalen Höcker des 6-J-M zur PTV	Pendulum
UK nach distal				
Nguyen 2020, 2022	Distaler Punkt des 6-J-M zum anterioren Rand des Ramus	FRS	Anteriore Rand des Ramus	
Lerche 2019	Distaler Punkt des 6-J-M zu einer Senkrechten zu F.H: durch Punkt Xi		Senkrechte zu F.H: durch Punkt Xi	
Miclotte 2017	zweiter unterer Molar zum Ricketts-Point	FRS	zweiter unterer Molar zum Ricketts-Point	Platz für 8er
Ghougassian 2014	Konkavster Punkt des Ramus zum distalen Punkt des unteren ersten Molaren	FRS	Senkrechte zu F.H oder Senkrechte zur wirklichen Horizontalen	Platz für 8er
Kim 2014	Distaler Punkt UK 7er zu anteriorer Grenze des Ramus		3D computed tomography scans, daraus FRS generiert, zweiter Molar	Platz für 8er
Kinzinger 2009	Distaler Punkt des 6-J-M zu PTV	FRS	PTV nicht RAV	
Ricketts 1981	Distaler Punkt des 6-J-M zu geometrischem Unterkiefermittelpunkt konstruiert aus den Hilfspunkten R1 – R4, (Definition nach Ricketts 1972)	FRS	Punkt Xi, Punkt auf der Okklusionsebene, der senkrecht zur distalen Fläche der Krone des unteren 6-J-M liegt	
Moorrees 1959	Streckengröße zwischen einer Tangente an den labialen Flächen der zentralen Schneidezähne zu einer Hilfslinie, die mesial der gegenüberliegenden ersten Molaren verläuft		Gipsmodell, Labialfläche 1er, mesialer Punkt 6-J-M	

Literatur	Gemessen zu	Gleich	Unterschiedlich	Sonstiges
OK nach mesial				
Bondevik 2015	Schneidezahnmittellinie bis zur Verbindungslinie zwischen dem beidseitigen Kontaktpunkt des ersten zum zweiten Molaren		Gipsmodell	22-43 Jahre alt
Kinzinger 2009	OK1er zur PTV		OK1er zur PTV nicht zum 6-J-M	
Angelier 2006	OK1er zur PTV		OK1er zur PTV	
Fuziy 2006	OK1er zur PTV		OK1er zur PTV	Pendulum
Bishara 1994	Zahnbogen in Segmente unterteilt		Gipsmodell, Zahnbogen in Segmente unterteilt	25-46 Jahre alt
Schols 1988			FRS, Gipsmodelle, OPT	
Sillman 1964	Molarenlänge: Mesiale Wand der Alveole des 6-J-M zum in der Medianen gelegenen Limbus zwischen den Alveolen der mittleren Schneidezähne		Alveole	
Bondevik 2015	Schneidezahnmittellinie bis zur Verbindungslinie zwischen dem beidseitigen Kontaktpunkt des ersten zum zweiten Molaren		Gipsmodell	22-43 Jahre alt
Kinzinger 2009	UK1er zur PTV		UK1er zur PTV nicht zum 6-J-M	
Sillman 1964	Molarenlänge: Mesiale Wand der Alveole des 6-J-M zum in der Medianen gelegenen Limbus zwischen den Alveolen der mittleren Schneidezähne		Alveole	
Winkel				
Gahl 2019	6-J-M zu NL	NL	Kaudal-distal	Beneslider
Nienkemper 2014	6-J-M zu NL	NL	Kaudal-distal	Beneslider
Kinzinger 2009	Oberer 6-J-M zu NSL, unterer 6-J-M zu ML	ML	Oberer 6-J-M zu NSL nach kaudal-distal, unterer 6-J-M Winkel zu ML nach kranial-distal	
Angelier 2006	Oberer 6-J-M zu NL	NL	Kaudal-mesial	
Fuziy 2006	Oberer 6-J-M zur F.H.		Winkel des oberen 6-J-M zur F.H.	Pendulum
Byloff 1997	6-J-M zu NL	NL	Oberer 6-J-M zu NSL nach kaudal-distal	Pendulum

Tab. 13.29: Literaturübersicht

13.2 Abkürzungen und Acronyme

6-J-M 6-Jahres-Molar

A Apex

CT Computertomographie

DGKFO Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie

dP distalster Punkt

DVT Digitalen Volumen Tomographie

F.H. Frankfurter Horizontale

FRF Fernröntgenfrontalbild

FRS Fernröntgenseitenbild

IQR Interquartilsabstand

KFO Kieferorthopädie

kP koronaler Punkt

ML Mandibularlinie

NL Nasallinie

o orthognath

OK Oberkiefer

p prognath

PTV Pterygoid-Vertikale

r retrognath

RAV Ramus-Anterior-Vertikale

SZG Schmelz-Zement-Grenze

T1 Zeitpunkt T1

T2 Zeitpunkt T2

TADs temporary anchorage devices

TMA Titan-Molybdän-Alloy

TPA Transpalatinalbogen

UK Unterkiefer

WZ Widerstandszentrum

Z Zentroid

ZR Zahnreihe

14 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Andreas Kolk für die Überlassung des Dissertationsthemas und die freundliche Betreuung.

Für die Zurverfügungstellung der Befundunterlagen und die Möglichkeit, die Einrichtungen der Fachpraxis nutzen zu dürfen sowie für die geduldige Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen möchte ich mich herzlichst bei Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Ulrich Longerich und Gabriella Longerich bedanken.

Für die Unterstützung in allen Fragen bezüglich der statistischen Auswertung möchte ich mich bei Herrn Bernhard Ulm bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. em. Dr. med. dent. Ingrid Rudzki, die mir im Laufe des Erstellens der vorliegenden Arbeit mit ihrem Rat zur Seite stand.

Nicht zuletzt möchte ich mich von Herzen bei meinen Eltern, Schwestern und meinem Freund für ihre liebevolle Unterstützung bedanken.

15 Lebenslauf