

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR KIEFERORTHOPÄDIE
PROF. DR. DR. PROFF
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**AUSWIRKUNGEN VON NICHTANLAGEN PERMANENTER ZÄHNE
AUF KRANIOFAZIALE STRUKTUREN UND DAS
WACHSTUMSMUSTER**

Inaugural - Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
Der Universität Regensburg

vorgelegt von
Amelia Lisa Kreczi
aus Linz an der Donau

2012

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR KIEFERORTHOPÄDIE
PROF. DR. DR. PROFF
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**AUSWIRKUNGEN VON NICHTANLAGEN PERMANENTER ZÄHNE
AUF KRANIOFAZIALE STRUKTUREN UND DAS
WACHSTUMSMUSTER**

Inaugural - Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
Der Universität Regensburg

vorgelegt von
Amelia Lisa Kreczi
aus Linz an der Donau

2012

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert

1. Berichterstatter Priv.-Doz. Dr. Andreas Faltermeier

2. Berichterstatter Priv.-Doz. Dr. Sebastian Hahnel

Tag der mündlichen Prüfung: 13.3.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Hypodontie	2
2.1.1	Ätiologie	2
2.1.2	Prävalenz	3
2.1.3	Diagnostik	5
2.1.3.1	Anamnese	5
2.1.3.2	Klinische Diagnostik	5
2.1.3.3	Radiologische Diagnostik	6
2.1.4	Therapie	8
2.2	Das Fernröntgenseitenbild (FRS)	11
2.2.1	Geschichtlicher Überblick	11
2.2.2	Kieferorthopädische Indikation	12
2.2.3	Informationsgewinn durch die FRS-Analyse	12
2.2.4	Geometrische Abbildungsfehler	13
2.2.5	Kephalometrie	14
2.2.5.1	Analyseverfahren	14
2.2.5.2	Kephalometrische Bezugspunkte	15
2.3	Literatur über die kephalometrische Analyse bei Personen mit Hypodontie	16
3	Material und Methoden	19
3.1	Auswahl der Probanden	19
3.2	Diagnose der Nichtanlagen	19
3.3	FRS-Analyse	20
3.3.1	Methoden zur Ermittlung der Untersuchungswerte	20
3.3.2	Auflistung der Parameter	21
3.3.3	Normwerte	26
3.4	Statistische Methoden	26
3.5	Wachstumsanalyse nach Björk	27
4	Ergebnisse	30
4.1	Anzahl und Zahntyp der Nichtanlagen	30
4.2	Ergebnisse der FRS-Analyse in der gesamten Untersuchungsgruppe	32
4.3	Ergebnisse der FRS-Analyse in den 3 Untergruppen	34
4.4	Ergebnisse der Wachstumsanalyse nach Björk	36
5	Diskussion	38
6	Zusammenfassung	52
7	Literatur	53
8	Erklärung	61
9	Lebenslauf	62
10	Danksagung	63

1 Einleitung und Fragestellung

Die Nichtanlage von Zähnen ist eine der am häufigsten auftretenden Anomalien im facialen Skelett des Menschen. Das aus dem Lateinischen stammende Wort Hypodontie bedeutet Zahnunterzahl. Die Entstehung von Nichtanlagen ist ein multifaktorielles Geschehen. Eine angeborene Zahnunterzahl ergibt sich durch das Fehlen einer oder mehrerer Zahnanlagen und kann sowohl das Milchgebiss als auch das bleibende Gebiss betreffen. Das Fehlen eines oder mehrerer Weisheitszähne gilt als physiologisch.

Die Begriffe Oligodontie und Anodontie beschreiben schwere Formen der Hypodontie. Als Anodontie wird das vollständige Fehlen einer Dentition bezeichnet. Der Begriff Oligodontie beschreibt das Fehlen von 6 und mehr Zähnen (Schalk van der Weide, 1994).

Ziel der vorliegenden Studie ist es, der Frage nachzugehen, ob und in welchem Ausmaß Probanden mit 2 und mehr Nichtanlagen in einem Kiefer eine charakteristische Schädelmorphologie entwickeln und besitzen. Im Fokus lagen hier die sagittale und vertikale Kieferposition und Kieferrelation sowie Frontzahnstellung und Wachstumsmuster. Des Weiteren sollten Unterschiede zwischen Personen mit Nichtanlagen im Oberkiefer, Personen mit Nichtanlagen im Unterkiefer und Personen mit Nichtanlagen in beiden Kiefern aufgedeckt werden. Eine derartige Aufteilung wurde bis dato der Literatur zufolge noch nicht durchgeführt. Durch diese Untergruppierung wurde unter anderem untersucht, ob aplastische Zähne das Wachstum und die Morphologie des Kiefer, in dem sie fehlen, anders, beziehungsweise stärker beeinflussen, als das des vollbezahnten Gegenkiefers.

Nichtanlagen stellen für betroffene Personen oft erhebliche funktionelle und ästhetische Probleme dar. Diese zu therapieren, ist eine große Herausforderung für behandelnde Zahnärzte, Kieferorthopäden und Kieferchirurgen (Behr et al., 2008). Eine sorgfältige Diagnostik ist dabei entscheidend für die Wahl und Durchführung einer optimalen Therapie.

Ergebnisse aus dieser Untersuchung sollen helfen, den Behandler im Bereich der (kieferorthopädischen) Diagnostik zu unterstützen und den Fokus auf speziell bei diesem Patientengut häufig vorkommende Anomalien zu erweitern.

2 Literaturübersicht

2.1 Hypodontie

2.1.1 Ätiologie

Nach neueren Erkenntnissen liegt die Ursache für das Fehlen von Zahnanlagen zumeist in komplexen Mutationen in mehreren Genen (De Coster et al., 2009). So wurden nach der Entschlüsselung des genetischen Codes zahlreiche molekularbiologische Untersuchungen durchgeführt, um für Hypodontie verantwortliche Gene zu identifizieren (Vastardis, 2000). Tatsächlich konnten weit über hundert Gene mit der Zahnentwicklung in Zusammenhang gebracht werden, was auf eine große Komplexität dieses Prozesses hinweist.

Nichtanlagen, speziell die Oligodontie und die Anodontie, sind häufig mit einer Syndromerkrankung assoziiert. Kinder mit diesen Anomalien sollten daher genau auf andere Manifestationen von Syndromerkrankungen untersucht werden. Die bekanntesten und auch am häufigsten verbreiteten Syndromerkrankungen in diesem Zusammenhang sind Trisomie 21 (Down Syndrom) (Kumasaka et al., 1997), Ektodermale Dysplasie (Fan et al., 2008) und das Appert Syndrom (Dalben et al., 2006). Hier liegt die Ursache für das Fehlen von Zahnkeimen bei den durch das jeweilige Syndrom gekennzeichneten Genmutationen oder Gendefekten.

Auch bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten wurde eine erhöhte Prävalenz von Nichtanlagen beobachtet (Bartzela et al., 2010).

Hypodontie tritt aber nicht nur vergesellschaftet mit anderen genetisch bedingten Erkrankungen auf, sondern auch als isolierte Kondition (Burzynski et al., 1983). Die nicht-syndromale Hypodontie kann Ergebnis einer Neumutation oder familiär vererbt sein. Der Erbgang kann autosomal dominant, autosomal rezessiv oder x-chromosomal erfolgen (Ayub et al., 2010).

Die nicht-syndromale Hypodontie wurde durch Versuche mit Mäusen sowie durch genetische Untersuchungen von dieser Art Hypodontie betroffenen Personen in Zusammenhang mit Mutationen im MSX1 und PAX9 Gen gebracht. Diese spielen bei der Odontogenese und bei der Ausbildung des dentalen Phenotypes wichtige Schlüsselrollen (Courtney et al., 2005). Proteinprodukte von MSX1 und PAX9 dienen als Transkriptionsfaktoren für die Kommunikation zwischen dentalen Geweben und sind essentiell für den Aufbau des odontogenen Potentials des Mesenchyms. Bei Mäuseembryonen konnte gezeigt werden, dass die homozygote Deletion von MSX1 und PAX9 die Zahnentwicklung im Knospenstadium stoppt und damit diese Gene essentiell für die dentale Entwicklung sind. Somit erscheint es

möglich, dass MSX1 und PAX9 auch beim Menschen in demselben Stadium der Zahnentwicklung benötigt werden (Mostowska et al., 2003).

Bei Untersuchungen an Familien mit Hypodontie wurden verschiedene Punktmutationen im MSX1 und PAX9-Gen beobachtet. Allerdings konnte keiner Mutation ein bestimmter Phenotyp oder die Nichtanlage eines bestimmten Zahnes zugeordnet werden (Wang et al., 2009). Obwohl MSX1 und PAX9 die bedeutendsten Kandidatengene für bestimmte Formen der Hypodontie sind, wurden Mutationen in diesen Genen nur bei einigen betroffenen Individuen nachgewiesen (Mostowska et al., 2003). Isolierte Hypodontie wurde auch mit Mutationen in AXIN2, EDA (Ayub et al., 2010) und FGFR1 (De Coster et al., 2009) in Zusammenhang gebracht. Auf Grund dieser Erkenntnisse scheinen sowohl Hypodontie als auch Oligodontie heterogene Konditionen zu sein, die durch mehrere verschiedene Genmutationen unabhängig voneinander, aber auch mit gegenseitigem Einfluss der Gene aufeinander, entstehen können (Brook, 1984). Obwohl genetische Ursachen bei der Ätiologie von Zahnunterzahl die dominante Rolle spielen, können auch Umwelteinflüsse, beispielsweise Chemotherapie, Bestrahlung (Näsmann et al., 1997) oder Allergien (Yamaguchi et al., 2008), die Ursache für Nichtanlagen sein. Durch die komplexe und multifaktorielle Genese der Zahnunterzahl variiert deren Erscheinungsform stark. Während einzelne Nichtanlagen einer bestimmten Häufigkeitsverteilung im Gebiss folgen, so scheiterten mehrere Autoren an einer Klassifizierung von Oligodontiepatienten, bei denen die Verteilung der Nichtanlagen keinem bestimmten Muster zu folgen scheint (Creton et al., 2007).

2.1.2 Prävalenz

Die Prävalenz von Nichtanlagen liegt im Milchgebiss zwischen 0,1% und 0,7% (Kahl-Nieke, 2001), wobei meist die lateralen Inzisivi des Oberkiefers und die Inzisivi des Unterkiefers fehlen. Oft sind bei der Aplasie von Milchzähnen auch die entsprechenden Ersatzzähne nicht angelegt (Kahl-Nieke, 2001).

Im permanenten Gebiss variiert die Häufigkeit stark in Abhängigkeit von Patientengut und Untersuchungsmethoden. Eine Metaanalyse von Polder et al. (2004) zeigt Ergebnisse von 33 Studien zur Prävalenz von Nichtanlagen in den USA, Europa, Australien und Asien, die im Zeitraum von 1936 bis 2001 entstanden. Für Europäer wurde eine durchschnittliche Prävalenz von 5,5% ermittelt, wobei Frauen mit 6,3% deutlich häufiger betroffen waren als Männer mit 4,6%. Mattheeuws et al. (2004) untersuchten die Prävalenzentwicklung von Hypodontie bei Kaukasiern im 20. Jahrhundert. Dieser Studie zufolge steigt die Prävalenz im

Untersuchungszeitraum für die besagte Bevölkerung an. Das Ergebnis deckt sich mit Erkenntnissen aus der Evolutionsforschung, wonach die Anzahl der Zähne von Säugetieren im Laufe der Zeit kontinuierlich abnimmt. Ob es jedoch tatsächlich eine Prävalenzsteigerung von Nichtanlagen im 20. Jahrhundert gab oder ob die Ergebnisse auf genauere Untersuchungsmethoden und besseres Patientenscreening zurückzuführen sind, bleibt ungeklärt (Mattheeuws et al., 2004).

Einer großen Mehrheit (79,8%) von Hypodontiepatienten fehlen nur 1 bis 2 Zähne (Silverman et al., 1979, Behr et al., 2008). Mit Ausnahme der lateralen Inzisivi im Oberkiefer ist eine einseitige Aplasie von Zähnen häufiger zu beobachten, als eine beidseitige symmetrische Aplasie (Polder et al., 2004). Unterschiede in der Prävalenz von Nichtanlagen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer existieren offenbar nicht (Polder et al., 2004, Silverman et al., 1979). Verschiedene Zahntypen sind jedoch sehr unterschiedlich oft von Aplasie betroffen. Vermutlich entwicklungsbedingt fehlt der distalste Zahn eines Zahntypes am häufigsten: seitlicher Schneidezahn, zweiter Prämolare und dritter Molare (De Coster et al., 2009). Abgesehen von den dritten Molaren ist der zweite Prämolare des Unterkiefers der am häufigsten nicht angelegte Zahn, gefolgt von den lateralen Schneidezähnen und den zweiten Prämolaren im Oberkiefer. Die am seltensten betroffenen Zähne sind die medialen Inzisivi im Oberkiefer und die ersten Molaren (Polder et al., 2004) (Abb. 1).

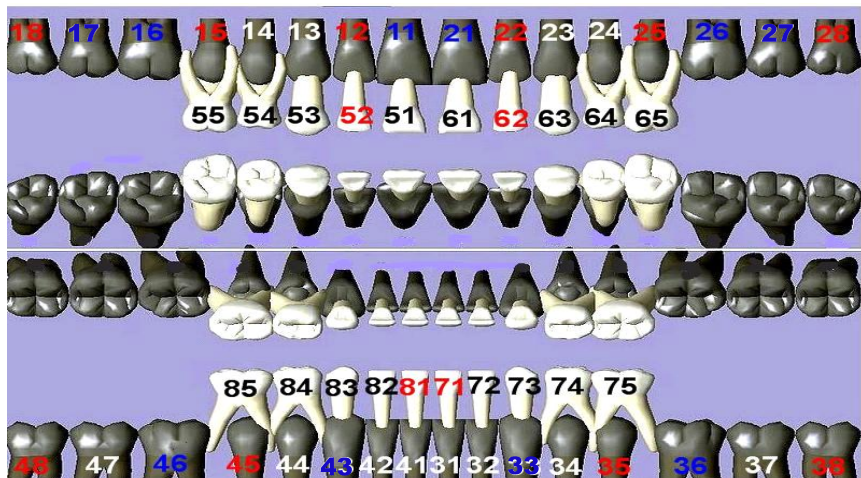


Abb. 1: Die erste und zweite Dentition des Menschen. Die Zähne sind nach dem internationalen Zahnschema der FDI von 1970 beschriftet. Wie häufig ein bestimmter Zahn von Aplasie betroffen ist, lässt sich an der Schriftfarbe erkennen: rot = häufig; weiß/schwarz = mittel; blau = selten (Polder et al., 2004 (2.Dentition); Kahl-Nieke, 2001 (1.Dentition)).

2.1.3 Diagnostik

2.1.3.1 Anamnese

Anamnestische Parameter liefern erste wichtige Hinweise in der Hypodontiediagnostik. Da vielfach eine familiäre Häufung von Nichtanlagen beobachtet wurde, ist das Abklären der Familienanamnese wichtig. Frühe Traumata, beziehungsweise die versehentliche Extraktion eines Zahnkeimes beim Extrahieren des darüber liegenden Milchzahnes, können fälschlicherweise zur Diagnose „Hypodontie“ führen und sind daher zu erfragen. Diese Konditionen können allerdings auch bei negativer Anamnese nicht vollkommen ausgeschlossen werden.

2.1.3.2 Klinische Diagnostik

Klinisch lassen sich Nichtanlagen erst nach Überschreiten des obligatorischen Durchbruchstermins diagnostizieren. Die klassische Eruptionsreihenfolge der Zähne des bleibenden Gebisses ist im Oberkiefer 6-1-2-4-3-5-7 (1.Molar-medialer Inzisivus-lateraler Inzisivus-1.Prämolar-Eckzahn-2.Prämolar-2.Molar) und im Unterkiefer 6-1-2-3-4-5-7 (1. Molar-medialer Inzisivus-lateraler Inzisivus-Eckzahn-1. Prämolar-2. Prämolar-2. Molar) (Akçicek, 2008, Friedrich et al., 2008).

Mineralisationszeiten und Eruptionszeiten der einzelnen Zähne siehe Tabelle 1.

Kochhar et al. (1998) stellten jedoch in einer kaukasischen Population fest, dass die von ihnen am häufigsten gefundene Reihenfolge (Oberkiefer: 6-1-2-4-3-5-7; Unterkiefer: 1-6-2-3-4-5-7) nur bei 16% der Bevölkerung im Oberkiefer und sogar nur bei 13% im Unterkiefer zu finden war. Zusätzlich ist bei den Eruptionszeiten generell mit einem Variationsbereich von ± 15 Monaten zu rechnen (Harzer et al., 1987). Aufgrund dieser Erkenntnisse ist es daher sinnvoll, von einer individuellen Dentitionsreihenfolge auszugehen.

Tabelle 1: Regelrechte Mineralisations- und Eruptionszeiten der Zähne des bleibenden Gebisses (modifiziert nach B. Berkovitz 2009).

	Oberkiefer		Unterkiefer	
Zähne	Mineralisations- beginn	Zahndurchbruch	Mineralisations- beginn	Zahndurchbruch
Medialer Inzisivus	3.-4. Monat	7.-8. Jahr	3.-4. Monat	6.-7. Jahr
Lateraler Inzisivus	Bis 1. Jahr	8.-9. Jahr	3.-4. Monat	7.-8. Jahr
Caninus	4.-5. Monat	11.-12. Jahr	4.-5. Monat	10.-11. Jahr
Erster Prämolare	1½.-1¾. Jahr	10.-11. Jahr	1¾.-2. Jahr	10.-12. Jahr
Zweiter Prämolare	2.-2¼. Jahr	10.-12. Jahr	2¼.-2½. Jahr	11.-12. Jahr
Erster Molar	Geburt	6.-7. Jahr	Geburt	6.-7. Jahr
Zweiter Molar	2 ½.-3. Jahr	12.-14. Jahr	2½.-3. Jahr	12.-13. Jahr
Dritter Molar	7.-9. Jahr	Ab 17. Jahr	8.-10. Jahr	Ab 17. Jahr

2.1.3.3 Radiologische Diagnostik

Radiologische Untersuchungen werden herangezogen, um einen klinischen Verdacht abzuklären. Das Orthopantomogramm (OPG) kann Aufschluss über Anzahl und Position von Nichtanlagen sowie Retentionen, Verlagerungen und über das Entwicklungsstadium von Zähnen im Knochen geben. Rückschlüsse auf die voraussichtliche Durchbruchsreihenfolge sind ebenfalls möglich. Bei unklarer Differenzierungsmöglichkeit kann es zusätzlich indiziert sein, Einzelzahnaufnahmen anzufertigen.

Oft ist die Nichtanlage eines Zahnes ein Zufallsbefund bei der standardmäßigen radiologischen Untersuchung von Kindern im Zuge einer kieferorthopädischen Diagnostik. Die Abbildungen 2a und 2b zeigen intraorale Aufnahmen, die Abbildung 3 das OPG einer 11-jährigen Probandin mit 13 Nichtanlagen in der 2. Dentition.

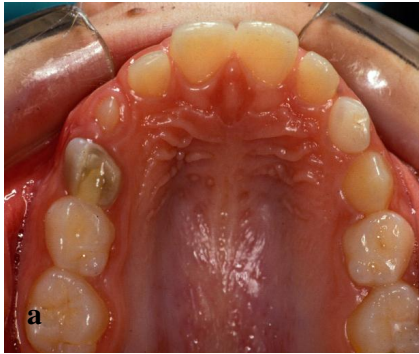


Abb. 2a und 2b: Aufsicht auf das Oberkiefer (Abb. 2a) und Aufsicht auf das Unterkiefer (Abb. 2b) eines 11-jährigen Mädchens mit 13 Nichtanlagen in der 2. Dentition. Klinisch liefert die Persistenz des mittleren Milchsneidezahnes im Unterkiefer links (71) einen Hinweis auf das Fehlen des Ersatzzahnes 31. Im Oberkiefer sind die Eckzähne bereits im Durchbruch, während der Zahn 54 persistiert. Der Zahn 23 bricht anstelle des Zahnes 24, distal des Zahnes 63 durch. Anhaltspunkte für die Nichtanlage der 2. Prämolaren und der 2. Molaren finden sich in diesen Abbildungen nicht. Fotos aus dem Patientengut der Poliklinik für Kieferorthopädie Regensburg.



Abb. 3: Orthopantomogramm (OPG) der 11-jährigen Probandin mit 13 Nichtanlagen. Das Fehlen der Zahnkeime 14, 15, 17, 24, 25, 27, 31, 34, 35, 37, 44, 45 und 47 lässt sich auf dem Röntgenbild gut erkennen. Röntgenbild aus dem Patientengut der Poliklinik für Kieferorthopädie Regensburg.

2.1.4 Therapie

Die Nichtanlage bleibender Zähne stellt für die Betroffenen sehr häufig ein ästhetisches sowie auch ein funktionelles Problem dar und erfordert somit unbedingt eine Therapie.

Zur Ästhetik: Die Lückenbildung im oberen Frontzahnbereich wird ästhetisch oft als besonders störend empfunden (Kirzioğlu et al., 2005). Auch intermaxilläre Unstimmigkeiten und Asymmetrien sowie Mittellinienverschiebungen wirken sich nachteilig auf das Erscheinungsbild aus. Mit Hypodontie vergesellschaftete Mikrosymptome vorhandener Zähne, wie Zapfenzähne und andere diverse Struktur- und Formdefekte, können die faziale Ästhetik zusätzlich negativ beeinflussen.

Zur Funktion: Das Fehlen permanenter Zähne kann eine verminderte Kaufunktion zur Folge haben (Behr et al., 2008). Bei Aplasien im Oberkiefer kommt es durch ein lokales Wachstumsdefizit des Kieferknochens im Bereich des aplastischen Zahnes häufig zur Kreuzbissituation. Dadurch, aber auch durch Kippung und Wanderung lückenbenachbarter Zähne kommt es zu Fehlbelastungen und Hyperbalancekontakten, die eine Störung der dynamischen Okklusion bedeuten. Zusätzlich können Zahnfehlstellungen und die oben genannten Mikrosymptome bei Hypodontie die Mundhygiene erschweren und so das Karies- und Parodontitisrisiko erhöhen (Harzer et al., 2008).

Auch die Phonetik kann durch das Fehlen von Zähnen gestört sein (Müller et al., 2010).

Eine späte Diagnose und damit eine Verzögerung der Therapie kann außerdem laut Hobkirk et al. (1980) auch negative psycho-soziale und pädagogische Konsequenzen für die betroffenen Kinder haben. Umso wichtiger ist es, nach einer sorgfältigen Untersuchung und bei entsprechender Diagnose, auch möglichst bald eine Therapie einzuleiten, um genannte Nachteile für die Betroffenen zu vermeiden (Behr et al. 2008). Ziel der Therapie ist es dann, sowohl die Ästhetik als auch die Funktion wiederherzustellen (Kirzioğlu et al., 2005). Zudem muss sichergestellt werden, dass die normale Zahn- und Kieferentwicklung durch die Therapie nicht behindert wird. Eine sorgfältige Therapieplanung und Vorbereitung sind in jedem Fall maßgeblich für den Erfolg. Die Wahl einer geeigneten Therapie wird durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst. So sind neben der Anzahl und Lokalisation der Nichtanlagen auch Alter, Wachstumstyp, Bisslage, Platz- und Kieferverhältnisse, Habits, Gesichtsprofil, Mundhygiene und unter Umständen vorhandene Gebissanomalien neben der Hypodontie des Betroffenen entscheidende Kriterien (Harzer et al., 2008). Die Behandlung von Hypodontiepatienten erfordert neben der kieferorthopädischen oft auch eine prothetische und chirurgische Therapie und damit die interdisziplinäre Zusammenarbeit mehrerer Fachspezialisten (Behr et al., 2008).

Der Patient und dessen Eltern oder Erziehungsberechtigte sollten nach umfassender Aufklärung über Therapiemöglichkeiten, Alternativen und die anfallenden Kosten in den Therapieentschluss miteinbezogen werden.

Therapie einzelner Nichtanlagen:

Zur Therapie einzelner Nichtanlagen stehen völlig unterschiedliche Therapiemodelle zur Verfügung: Zum einen der kieferorthopädische Lückenschluss, zum anderen der prothetische Lückenschluss und Lückenschluss mittels Autotransplantat. Eine Entscheidung zwischen den unterschiedlichen Modellen sollte schon möglichst bald fallen, um erste Schritte noch während der Dentition einzuleiten und verbleibendes Wachstum auszunutzen. Verschiedene Kriterien erlauben oft eine klare Aussage darüber, welches Therapiekonzept im Einzelfall als optimal angesehen werden kann und sind deshalb beim Therapieentscheid hilfreich (Harzer et al., 2008).

Das Alter und die Okklusionssituation bei Behandlungsbeginn sind wichtige Kriterien bei der Wahl der Therapie. Im frühen Dentitionsalter bei noch nicht ausgeprägter Okklusion oder starker Interkuspidation der Zähne lässt sich ein kieferorthopädischer Lückenschluss einfacher realisieren als bei vollständiger zweiter Dentition mit intensiver Höcker-Fissuren-Verzahnung.

Auch die intraoralen Platzverhältnisse sind zu beachten. Platzmangel, enge oder verengte Lücken, sowie die Anlage der Weisheitszähne sprechen für einen kieferorthopädischen Lückenschluss. Die Protrusion der die Lücke begrenzenden distalen Nachbarzähne begünstigt den kieferorthopädischen Lückenschluss, während die Retrusion derselben diese Therapie erschwert.

Das Größenverhältnis der beiden Kiefer zueinander und die Bisslage spielen ebenfalls eine Rolle bei der Therapiewahl. In einem im Vergleich zum Gegenkiefer sagittal unterentwickelten Kiefer empfiehlt sich der Lückenerhalt, beziehungsweise die Lückenöffnung mit späterer prothetischer Versorgung, um das Wachstum des Kiefers nicht zu hemmen.

Für ein ästhetisch befriedigendes Ergebnis ist es günstig, wenn, vor allem im sichtbaren Bereich, der in die Lücke zu bewegendes Zahn eine ähnliche Form, Farbe und Größe besitzt wie der fehlende Zahn.

Mitentscheidend für die extraorale Ästhetik sind das Gesichtsprofil und der Wachstumstyp des Patienten vor der Therapie. Das Erscheinungsbild eines konkaven Gesichtsprofils wird durch den kieferorthopädischen Lückenschluss noch verstärkt, während ein konvexes Profil

dadurch harmonisiert werden kann. Ein horizontales Wachstumsmuster spricht gegen den kieferorthopädischen Lückenschluss, da die Mesialisierung von Seitenzähnen eine Bisssenkung zur Folge hat. Beim vertikalen Wachstumstyp kann genau dies zur Profilverbesserung genutzt werden, da durch den kieferorthopädischen Lückenschluss die Prominenz des Untergesichts und des Unterkiefers abgemildert werden kann.

Eine durch Hypodontie entstandene Zahnücke kann zu sekundärem Zungenpressen führen, welches auch nach Ersatz des Zahnes, beziehungsweise nach kieferorthopädischem Lückenschluss persistieren kann (Kahl-Nieke, 2001). Im Allgemeinen können Habits, wie das Lutschhabit oder diverse Zungenfehlfunktionen, den kieferorthopädischen Behandlungserfolg gefährden und müssen daher mittherapiert werden (Kahl-Nieke, 2001).

Gesunde Zahnhart- und Weichgewebe sowie eine gute Mundhygiene sind Voraussetzungen für die zum Lückenschluss benötigten kieferorthopädischen Behandlungsapparaturen. Außerdem helfen Mitarbeit und Motivation des Patienten und gegebenenfalls dessen Eltern mit, das gewünschte Behandlungsergebnis zu erzielen (Harzer et al., 2008).

Therapie multipler Nichtanlagen:

Bei multiplen Nichtanlagen stellt die Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik eine besonders große Herausforderung dar. Die Wahl der prothetischen Therapie hängt vom Zustand der Zähne und vom Alter des Patienten ab (Forgie et al., 2005). Auch die Compliance des Patienten spielt bei der Herstellung und später beim Tragen und Reinigen des prothetischen Zahnersatzes eine wichtige Rolle. Verschiedene Arten von Zahnersatz stehen zur Auswahl. Fallberichte unterschiedlicher Behandlungsmethoden für Kinder werden in der Literatur beschrieben. Beispiele für herausnehmbaren und festsitzenden implantatgetragenen Zahnersatz finden sich bei Bergendal et al. (1991), Giray et al. (2003), Worsaae et al. (2007) und Rupp et al. (1997). Versorgungen mit Totalprothesen wurden von Nabadalung (1999), herausnehmbare Teilprothesen von Akkad et al. (2006) vorgestellt. Der Zahnersatz muss grundsätzlichen Anforderungen der Funktion, Ästhetik und Phonetik genügen und darf die normale Zahn- und Gebissentwicklung nicht behindern (Akkad et al., 2006).

Um der fließenden Entwicklung des orofazialen Systems Rechnung zu tragen, ist die prothetische Versorgung von Kindern bis zum Wachstumsabschluss meist eine temporäre Lösung im Sinne eines Provisoriums. Die langfristige Haltbarkeit der Versorgung ist erst nach Wachstumsabschluss gefordert. Zur temporären Versorgung bei Anodontie oder Oligodontie sind herausnehmbare Prothesen häufig Mittel der Wahl, da die geringe Pfeileranzahl oft eine festsitzende Versorgung ausschließt. Festsitzender Zahnersatz kann zudem nachweislich das Wachstum behindern (Pigno et al., 1996).

Die Therapie mit dentalen Implantaten sollte nach Beurteilung des skelettalen Alters nach Wachstumsabschluss erfolgen (Pigno et al., 1996), da Implantate nicht dem Knochenwachstum folgen (Smith et al., 1993). Implantate können bei Umbauprozessen im Zuge des Kieferwachstums von Knochen überwuchert werden, beziehungsweise ihre Stabilität im Knochen verlieren (Cronin et al., 1994). Nach Wachstumsabschluss sind Implantate jedoch sehr gut zur Pfeilervermehrung für die definitive prothetische Versorgung bei Hypodontie geeignet (Worsaae et al., 2007).

In Zukunft könnten neue Methoden aus dem Bereich des Bioengineering die bestehenden Behandlungsmethoden revolutionieren. Schon gegenwärtig ist die Regeneration diverser Gewebe und ganzer Organe aus menschlichen Stammzellen ein weites multidisziplinäres Forschungsfeld. Ziel ist es, funktionsfähige Organe in vitro zu züchten, um erkrankte oder verlorengegangene, beziehungsweise fehlende Organe ersetzen zu können. Dies ist auch bei Zähnen denkbar. Es ist bereits gelungen, mesenchymale Stammzellen, die zu Pulpazellen (Liu et al., 2006) oder Zellen des parodontalen Ligaments (Seo et al., 2005) differenzieren, zu isolieren. Diese könnten unter geeigneten Umständen auch zu Zellen differenzieren, die Hartgewebe wie Dentin oder Wurzelzement bilden. Nach epithelialen Stammzellen, die Schmelzproteine bilden können, wird noch gesucht (Honda et al., 2007).

2.2 Das Fernröntgenseitenbild (FRS)

2.2.1 Geschichtlicher Überblick

Carrea und Pacini fertigten 1922 erstmals Röntgenbilder des Schädels in der Norma lateralis an (Brodie, 1949). Zu diesem Zeitpunkt existierte jedoch noch keine Standardisierung oder genaue Methodik der Auswertung dieser Bilder. Die für die Reproduktion und Vergleichbarkeit sowie für die Analyse von Wachstums- und Therapieveränderungen entscheidende Standardisierung der Aufnahmetechnik entwickelten Hofrath (1931) in Deutschland und Broadbent (1931) in den USA mit Hilfe eines speziellen Stativs (Cephalostat).

Um wiederholt identische Verhältnisse bei der Aufnahme von FRS- Bildern zu garantieren, bedarf es der sorgfältigen Einstellung und Fixierung des Kopfes. Während die Norma lateralis parallel zur Filmebene ausgerichtet wird, wird die Bipupillarlinie horizontal eingestellt. Der Zentralstrahl läuft durch den Porus acusticus externus. Durch die gewonnene Objektivität der Aufnahme wurde die Messung von Hart- und Weichgewebspunkten (Bezugspunkten) möglich und somit eine kephalometrische Analyse des FRS.

2.2.2 Kieferorthopädische Indikation

Die deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie schrieb in einer Stellungnahme 1997, dass im Rahmen der kieferorthopädischen Diagnostik Behandlungsplanung und -überwachung unter anderem das Fernröntgenseitenbild (FRS) unverzichtbar ist (DGKFO, 1997).

Zunächst dient die Aufnahme als wichtige Ergänzung zu Modellbefund, Anamnese und klinischer Untersuchung, um zahlreiche Kiefer und Schädelstrukturen beurteilen zu können.

Das Fernröntgenseitenbild eignet sich zur Verlaufskontrolle während der Therapie, zur Beurteilung des Therapieerfolges und zu Dokumentationszwecken. Zudem bietet es dem Behandler die Möglichkeit, Wachstumsprognosen zu erstellen. Dieser enorme Informationsgewinn rechtfertigt eine standardmäßige Anwendung des FRS in der Kieferorthopädie. Natürlich besteht für das FRS, sowie für jedes andere Röntgenbild, eine strenge Indikationsstellung, die im Einzelfall die Anfertigung durch ein Überwiegen des Nutzens gegenüber dem Schaden rechtfertigen muss. Fernröntgenseitenbilder werden im Zuge der kieferorthopädischen Anfangsuntersuchung, bei der Enduntersuchung nach erfolgter Therapie und je nach Behandlungsverlauf und Dauer auch regelmäßig während der kieferorthopädischen Behandlung angefertigt.

In vorliegender Studie wurde das FRS als Untersuchungsmaterial für Schädelmorphologie, Wachstumsmuster und Frontzahnstellung bei Patienten mit Nichtanlagen verwendet. Zur Diagnosestellung bei Nichtanlagen von Zähnen eignet sich das FRS nicht. Hierfür müssen Anamnese, klinische Untersuchung und das Orthopantomogramm (OPG) hinzugezogen werden.

2.2.3 Informationsgewinn durch die FRS-Analyse

Das Fernröntgenseitenbild (Abb. 4) bildet die Grundlage der kephalometrischen Analyse des Schädels in der Norma lateralis.

Abgebildet werden:

- Das Weichteilprofil des Gesichtes
Hierbei sind vor allem das Kinn-, Lippen- und Nasenprofil von klinischem Interesse.
- Das Schädelskelett inklusive der beiden Kiefer
- Die Dentition im Ober- und Unterkiefer

Die Abbildung dieser Strukturen gibt dem Kieferorthopäden Aufschluss über folgende für Analyse und Behandlung wichtige Punkte:

- Skelettaler Einbau der Kieferbasen zueinander und zur Schädelbasis
- Position und Achsenstellung der Frontzähne zueinander und zu den Kieferbasen
- Beziehung der Weichgewebe zu den Hartgeweben
- Wachstumsmuster und Gesichtsschädelaufbau
- Metrische Beziehungen der Kiefer
- Differenzierung von dentalen und skelettalen Anomalien

2.2.4 Geometrische Abbildungsfehler

Durch die Einhaltung der geforderten Einstellungen können einige Abbildungsfehler, zum Beispiel die Doppelzeichnung paarig angelegter Strukturen, vermieden werden. Dennoch ergeben sich trotz korrekter Einstellung geometrische Abbildungsfehler. Zu den wichtigsten gehören Vergrößerung, Doppelkonturen und Unschärfe.

Die Vergrößerung ergibt sich daraus, dass die Röntgenstrahlen nach Austritt divergent verlaufen und so bis auf den Zentralstrahl den Schädel und den Film nicht senkrecht treffen. Dies hat zur Folge, dass alle diese Strukturen, verglichen mit dem Original, vergrößert abgebildet werden. Der Vergrößerungsfaktor kann mit dem Abstand von Röntgenstrahler und Bildebene verkleinert werden. Es gilt: $V = d/d-d_1$, wobei V der Vergrößerungsfaktor, d der Abstand des Filmes von der Röntgenröhre und d_1 der Abstand des abzubildenden Punktes vom Film ist. Eine beliebige Vergrößerung des Fokus-Film-Abstandes ist aus technischen sowie aus praktischen Gründen nicht möglich. International üblich ist ein Abstand von 1,5 m, wodurch sich eine Vergrößerung von circa 10% ergibt. In der Analyse spielt dies bei Winkelmessungen keine Rolle, der Vergrößerungsfaktor muss jedoch bei linearen Messungen beachtet werden.

Auch bei der Entstehung von Doppelkonturen spielt die Vergrößerung eine zentrale Rolle, da die filmferne, also die dem Tubus zugewandte, Gesichtshälfte eine stärkere Vergrößerung erfährt als die dem Film zugewandte Seite. Dieser Abbildungsfehler reduziert sich ebenfalls mit steigendem Fokus-Film-Abstand.

Aus der Tatsache, dass die Anode nicht punktförmig ist, sondern eine Fläche von 50 mm²-100 mm² aufweist, ergibt sich eine gewisse Bildunschärfe. Auch hier reduziert ein erhöhter Fokus-Film-Abstand das Phänomen. Allerdings muss die Belichtungszeit erhöht werden, um eine

gleichwertige Strahlungsleistung zu erreichen, welche wiederum das Auftreten von Bewegungsunschärfen fördert.

2.2.5 Kephalometrie

Der Begriff „Kephalometrie“ leitet sich aus den griechischen Worten „kephale“ (= Kopf) und „metrein“ (= messen) ab (Drescher, 2000). Es handelt sich um die Vermessung von Schädelstrukturen, welche wir in der Kieferorthopädie standardmäßig an FRS-Bildern durchführen.

Alle kephalometrischen Analysen basieren auf angulären und linearen Messungen, die als absolute Werte oder als dimensionale oder proportionale Beziehungen bearbeitet werden.

2.2.5.1 Analyseverfahren

Nach der Einführung der standardisierten Röntgentechnik wurden über 100 Analyseverfahren zur Vermessung des Schädels in der Norma lateralis entwickelt (Schopf, 1991), die nach verschiedensten Kriterien und den Autoren klassifiziert werden können. Im europäischen Raum setzt sich die Idee einer separaten Vermessung von Gebiss und Schädel durch, also die Trennung von Kraniometrie und Gnathometrie.

Die komplexe Entwicklung der Kephalometrie soll im Folgenden unter besonderer Berücksichtigung der in dieser Studie relevanten Analyseverfahren kurz zusammengefasst werden.

- Downs (1956) publizierte die erste umfassende Analyse zur Auswertung dentofazialer Beziehungen und dem Gesichtsprofil.
- Der Fortschritt in der Elektronik und Technik ermöglichte Ricketts (1960, 1972) und Wingberg (1984) die Entwicklung von computergestützter Kephalometrie und damit einen schnellen Zugriff auf Messwerte, Wachstumsanalysen und –prognosen sowie eine vereinfachte und schnelle statistische Auswertung.
- Björk (1963, 1968) konnte anhand von Implantatstudien nachweisen, dass die Gesichtsentwicklung auf komplex ablaufenden Wachstumsvorgängen beruht, die er

mit einer Translation als „ein“-dimensionale vertikale oder sagittale Wachstumsrichtung sowie einer Rotation als Kombination beider Richtungen beschreibt. Hauptfaktor für die Rotationsrichtung ist das Wachstum der Kondylen, wobei vertikales Wachstum eine Rotation nach posterior, horizontales Wachstum eine Rotation nach anterior bedeutet.

- Die im europäischen Raum seit den achtziger Jahren weitläufig anerkannte Bergenanalyse wurde von Hasund et al. (1972) vorgestellt. Diese Technik bedient sich im Sinne einer individualisierten Kephalometrie fließender Normen und wird damit einer individuellen Harmonie zwischen fazialen Strukturen gerecht. Der Begriff individuelle beziehungsweise fließende Norm folgt der Grundidee, dass auch ohne Berücksichtigung von absoluten Normwerten Körperteile harmonisieren und funktionsfähige und in diesem Sinne anomaliefreie Einheiten bilden.
- Steiner (1953) gelang es durch eigene, aber auch durch die Erkenntnisse anderer Autoren, praxisrelevante Messungen in eine Analyse mit breiter klinischer Anwendbarkeit zu vereinen.

2.2.5.2 Kephalometrische Bezugspunkte

Die Definition von Bezugspunkten im FRS gewährleistet die Vergleichbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Reproduktion einer Analyse. Je nach Struktur unterscheiden wir skelettale Punkte, dentale Punkte und Weichteilpunkte. Grundsätzlich ist nach anatomischen und konstruierten Punkten zu unterscheiden. Während anatomische Punkte konkrete, im Röntgenbild sichtbare anatomische Strukturen beschreiben, werden konstruierte Punkte durch den Schnittpunkt zweier Referenzlinien, beziehungsweise dem Schnittpunkt einer Referenzlinie mit einer anatomischen Struktur lokalisiert. Nicht jeder Bezugspunkt korreliert also mit einer anatomischen Struktur. Sogenannte radiologische Bezugspunkte ergeben sich durch Schnittpunkte zweier Röntgenshatten durch die zweidimensionale Abbildung von dreidimensionalen Strukturen in der Norma lateralis. Zu beachten gilt, dass alle Punkte, die nicht in der Medianebene liegen, bilateral existieren, auch wenn es im Idealfall zur Überlagerung dieser beiden Punkte kommt.

2.3 Literatur über die kephalometrische Analyse bei Personen mit Hypodontie

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen zum Thema „Nichtanlagen“ stammen aus dem frühen neunzehnten Jahrhundert. Seither befassten sich zahlreiche Autoren mit Studien zur Prävalenz, Ätiologie und Therapie von Hypodontie. Auch die Schädelmorphologie von Probanden mit Hypodontie wurde in einigen Studien aus verschiedenen Ländern untersucht. Im Folgenden soll eine kurze Literaturübersicht in chronologischer Reihenfolge Einblicke in die Materie liefern.

Wisth et al. (1974) untersuchten an der Universität Bergen 55 Kinder mit mindestens einer Nichtanlage und verglichen bestimmte Parameter aus der FRS-Analyse mit einer gleich großen Vergleichsgruppe aus Kindern mit Vollbezahnung. Die Autoren fanden einen retrognathen Oberkiefer und eine deutlich verkürzte Oberkieferbasis. Weiterhin waren der Interinzisalwinkel verkleinert und die Oberkieferfrontzähne stärker protrudiert. Diese Veränderungen der Schädelmorphologie in der Hypodontiegruppe galten für beide Geschlechter und unabhängig davon, in welchem der Kiefer die Nichtanlagen vorkamen.

Roald et al. (1982) analysierten in einer Langzeitstudie, inwieweit sich die kraniofaziale Morphologie bei Patienten im Alter zwischen 9 und 16 Jahren verändert. Die Tatsache, dass die bei Neunjährigen diagnostizierten Auffälligkeiten, die Schädelmorphologie betreffend, später auch bei Sechzehnjährigen zu beobachten waren, ließ die Autoren zu dem Schluss kommen, dass Hypodontie wenig Einfluss auf das Wachstum im Allgemeinen hat.

Eine schwedische Studie von Sarnäs et al. (1983) ergab, dass die untersuchten Kinder mit Hypodontie mehr anterior rotierte Unterkiefer, reklinierte Frontzähne und ein sagittales Wachstumsdefizit des Oberkiefers aufwiesen.

Dermout et al. (1986) studierten die Kieferrelation und den dentalen Engstand im Zusammenhang mit Hypodontie in einer belgischen Population. Die Ergebnisse zeigten vermehrt Tiefbisssituationen, skelettale Klasse I und weniger häufig Engstände in der Unterkieferfront.

Nodal et al. (1994) teilten dänische Kinder mit Hypodontie nach Schweregrad in zwei Gruppen ein (1. Gruppe: 5 bis 12 Nichtanlagen; 2. Gruppe: 13 oder mehr Nichtanlagen) und verglichen die Ergebnisse beider Gruppen. Dabei zeigten Kinder mit 13 oder mehr aplastischen Zähnen einen verkleinerten Kieferwinkel, einen prognathen Unterkiefer und eine verstärkte Anteriorrotation des Unterkiefers.

Øgaard et al. (1995) führten eine ähnliche Untersuchung in Norwegen durch. Hier wurden 3 Untergruppen gebildet (1. Gruppe: 2 bis 5 Nichtanlagen; 2. Gruppe: 6 bis 9 Nichtanlagen; 3. Gruppe: mehr als 10 Nichtanlagen). Die Ergebnisse wurden mit einer Kontrollgruppe von 50 Vollbezahnten verglichen. Auch hier zeigte sich mit zunehmender Anzahl der Nichtanlagen eine wachsende Prognathie des Unterkiefers sowie eine verkürzte anteriore Gesichtshöhe und anteriore Rotation der Mandibula. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Wisth et al. (1974) waren die Frontzähne hier rekliniert. Syndrompatienten, Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten und kieferorthopädisch vorbehandelte Patienten gehörten zum Untersuchungsgut.

Die Auswirkungen von Hypodontie auf dentofaziale Strukturen in Abhängigkeit von der Lokalisation der Nichtanlagen (einseitig/beidseitig, Front-/Seitenzahngbiet) wurden von Yüksel et al. (1997) in der Türkei analysiert. Im Gegensatz zu mehreren anderen Studien waren in diesem Untersuchungsgut die oberen Frontzähne prokliniert und vorwiegend skelettale Klasse I Kieferbeziehungen zu beobachten.

Chung et al. (2000) führten FRS Analysen an 150 britischen Hypodontiepatienten durch. Mit zunehmender Anzahl von Nichtanlagen fanden sie einen verkleinerten Kieferbasiswinkel und eine Tendenz zur Klasse III.

Ben-Bassat et al. (2003) untersuchten israelische Kinder mit multipler Hypodontie auf skelettale und dentale Besonderheiten. Die Untersuchungsgruppe zeigte beim Vergleich mit israelischen Normwerten bimaxillären Retrognathismus und eine verminderte vordere Gesichtshöhe. Nach Einteilung in Untergruppen zeigte sich, dass fehlende Frontzähne den Einfluss auf die untersuchten dentofazialen Strukturen dominieren, wobei die extremsten Abweichungen von den Normwerten Personen mit mehr als 10 Nichtanlagen zeigten.

Endo et al. (2004) fanden in einem japanischen Untersuchungsgut von weiblichen Probanden mit mindestens 4 Nichtanlagen eine verkürzte Oberkieferbasislänge, einen prognathen und anterior rotierten Unterkiefer sowie eine reduzierte vordere Gesichtshöhe und reklinierte Frontzähne, was einen signifikant vergrößerten Interinzisalwinkel zur Folge hatte. Außerdem wurde eine Tendenz zur skelettalen Klasse III festgestellt.

Fernröntgenseitenbilder wurden von deutschen Hypodontiepatienten zwischen 6 und 54 Jahren von Lisson et al. (2005) untersucht. Bei der Auswertung wurde zwischen Personen mit Oligodontie (6 und mehr Nichtanlagen) und Hypodontie (1-6 Nichtanlagen) unterschieden. Beide Gruppen wurden mit anerkannten Normwerten verglichen. Dabei waren Oberkiefer und Unterkieferlänge verkürzt, die unteren und oberen Inzisivi rekliniert und die Unterkiefer

stärker anterior rotiert. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden nicht festgestellt.

Endo et al. (2005) veröffentlichten eine weitere Studie zum Thema „Schädelmorphologie bei Hypodontie“. Die Autoren teilten 50 Probandinnen in je 3 Untergruppen nach Lokalisation der Nichtanlagen (Frontzahn-/Seitenzahngebiet/ Front- und Seitenzahngebiet) ein. Im Vergleich zu Probanden der Kontrollgruppe zeigten die Probanden mit Hypodontie reklinierte Frontzähne einen vergrößerten Interinzisalwinkel, eine verkürzte Oberkieferbasis und eine Unterkieferprognathie. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass das Ausmaß an Veränderungen durch aplastische Zähne in beiden Gebieten stärker ist, als das im Seitenzahngebiet oder dem im Frontzahngebiet alleine, wobei zwischen diesen beiden bei alleinigem Vorkommen kein Unterschied feststellbar war.

Bauer et al. (2009) untersuchten das Wachstumsmuster von Patienten mit Hypodontie anhand von Analysen des Kieferwinkels, des Schädelbasiswinkels, der Rotation der Kieferbasen und des Hasund-Index. Obwohl eine leichte Tendenz zum horizontalen Wachstumsmuster erkennbar war, konnte dieser Sachverhalt nicht statistisch gesichert werden.

3 Material und Methoden

3.1 Auswahl der Probanden

Für die Erstellung einer retrospektiven Studie wurde ein Teil des Patientengutes der Poliklinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum in Regensburg untersucht.

Insgesamt wurden Daten von 33 weiblichen und 17 männlichen Probanden gesammelt, bei denen sich mindestens 2 Nichtanlagen in der zweiten Dentition in einem der beiden Kiefer diagnostizieren ließen. Die Erstellung der Fernröntgenseitenbilder sowie die Abdrucknahme für Gipsmodelle erfolgten vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung. Zu diesem Zeitpunkt waren die Personen zwischen 9 und 14 Jahre alt, das Durchschnittsalter betrug 11,5 Jahre. Patienten mit Syndromerkrankungen beziehungsweise Lippen-, Kiefer-, und/oder Gaumenspalten wurden nicht in das Studiengut aufgenommen.

Die 50 Probanden der Untersuchungsgruppe wurden wie folgt in 3 Untergruppen eingeteilt:

Gruppe 1: 2 und mehr fehlende Zähne im Oberkiefer (11 Personen)

Gruppe 2: 2 und mehr fehlende Zähne im Unterkiefer (12 Personen)

Gruppe 3: 2 und mehr fehlende Zähne in beiden Kiefern (27 Personen)

Fehlte nur ein einziger Zahn in einem Kiefer, wurde er in dieser Einteilung nicht berücksichtigt.

Zum einen wurde die gesamte Gruppe auf Unterschiede zu Normwerten untersucht. Zum anderen wurden Parameter, für die ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden wurde, in jeder Untergruppe erneut analysiert und mit den gleichen Normwerten verglichen.

3.2 Diagnose der Nichtanlagen

Anzahl und Zahntyp der Nichtanlagen bei jedem Probanden wurden anhand der Orthopantomogramme auf einem Röntgenbetrachter diagnostiziert. Zur Sicherung der Diagnose wurden die Daten mit den in den Patientenakten dokumentierten Daten verglichen. Durch die dort vermerkten Informationen aus Anamnese und klinischer Untersuchung konnten Fehldiagnosen, zum Beispiel eine frühe Extraktion des betreffenden Zahnes, ausgeschlossen werden. Nur Probanden, bei denen die Daten aus den Akten und die der eigenen Untersuchung übereinstimmten, wurden ins Untersuchungsgut aufgenommen.

3.3 FRS-Analyse

3.3.1 Methoden zur Ermittlung der Untersuchungswerte

Als Studienmaterial standen jeweils mindestens ein Orthopantomogramm, ein Fernröntgenseitenbild und Gipsmodelle von jedem Proband zur Verfügung. Das Material wurde im Zuge einer ausführlichen kieferorthopädischen (Erst-)Untersuchung zum gleichen Zeitpunkt erstellt.

Die analysierten Fernröntgenseitenbilder wurden in einem Multigraphgerät von Siemens (Germany) mit einem Fokus-Film-Abstand von 4 Metern erstellt.

Die Durchzeichnung erfolgte manuell am Röntgenbetrachter.

Die so ermittelten Referenzpunkte wurden auf einem Digitalisiergerät (Accugrid XNT, Modell A30TLF, Numonics) eingescannt. Die genannten Schritte wurden von einem einzigen Untersucher durchgeführt. Um methodische Fehler klein zu halten, wurde ein Teil der Röntgenbilder nach einer erinnerungsfreien Periode von 1 bis 2 Wochen erneut ausgewertet. Bei Unstimmigkeiten größer als 1mm beziehungsweise 1° erfolgte eine dritte Auswertung.

Der höchste und der niedrigste Messwert wurden verworfen, während der mittlere Wert für die Auswertung verwendet wurde.

Die Computersoftware (Dentofacial Planner Version 7.02 für Windows, Toronto Ontario, Kanada) führt anhand der eingescannten Referenzpunkte automatisch eine kephalometrische Analyse (Ratisbona-Analyse) durch, bei der Strecken, Winkel und Indexmessungen auf eine Kommastelle genau kalkuliert werden. Die Werte dieser Ratisbona-Analyse wurden für jede Person des Untersuchungsgutes in tabellarischer Form ausgedruckt. Auf diese Art wurden 13 Untersuchungsparameter, 11 Winkel, 1 Index und 1 Strecke ermittelt. Zusätzlich wurde aus dem, wie oben beschrieben, ermittelten ANB-Winkel die individualisierte ANB-Differenz errechnet. Die obere und untere vordere Gesichtshöhe wurde, da nicht automatisch über die Ratisbona-Analyse errechnet, manuell mit einem Geodreieck an den FRS-Bildern auf einem Röntgenbetrachter gemessen und daraus der Hasund-Index errechnet.

Die Messung des Overbites (vertikaler Überbiss) und des Overjets (sagittaler Überbiss) erfolgte an Gipsmodellen der Probanden. Als Messinstrument diente eine Schieblehre mit Noniusskala, sodass auch diese Werte auf eine Kommastelle genau gemessen werden konnten.

3.3.2 Auflistung der Parameter

Für die Untersuchung relevante kephalometrische Bezugspunkte sind folgende:

1. Skelettale Punkte:

- Nasion (N): anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis
- Sella (S): Mitte der Fossa hypophysealis
- Artikulare (Ar): Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae
- Basion (Ba): posteriorster und kaudalster Punkt des Clivus
- Pterygoid-Punkt (Pt): Schnittpunkt der kaudalen Kontur des Foramen rotundum und der dorsalen Kontur der Fossa pterygopalatina
- Tangentenpunkt 1 (T1): kaudalster Punkt der Außenkontur des Corpus mandibulae im Bereich des Kieferwinkels
- Tangentenpunkt 2 (T2): dorsalster Punkt der Außenkontur des aufsteigenden Astes der mandibula im Bereich des Kieferwinkels
- Menton (Me): kaudalster Punkt der Unterkiefersymphyse
- Pogonion (Pog): anteriorster Punkt des knöchernen Kinns in der Sagittalen
- Gnathion (Gn): anteriorster und kaudalster Punkt des knöchernen Kinns
- A-Punkt (A): tiefster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes
- B-Punkt (B): tiefster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes
- Spina nasalis anterior (Sp): Spitze der knöchernen Spina nasalis anterior am Oberkieferalveolarfortsatz
- Spina nasalis posterior (Spp): posteriorster Punkt des harten Gaumens

2. Dentale Punkte:

- Inzisio superius (Is): labiale Kante des am weitesten anterior stehenden mittleren Oberkieferinzisivus
- Inzisio superius apicale (Isa): Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden mittleren Oberkieferinzisivus

- Inzisio inferius (Ii): labiale Kante des am weitesten anterior stehenden Unterkieferinzisivus
- Inzisio inferius apicale (Iia): Wurzelspitze des am weitesten anterior stehenden Unterkieferinzisivus

Die oben aufgelisteten kephalometrischen Bezugspunkte sind in Abb. 4 graphisch dargestellt.

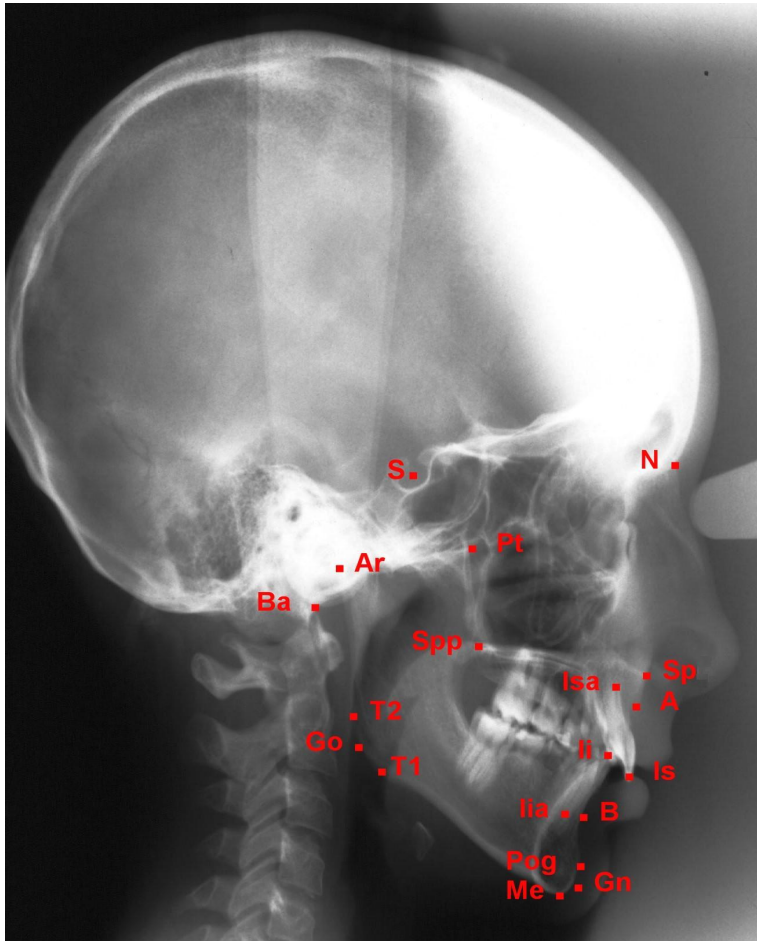


Abb. 4: Fernröntgenseitenbild (FRS) des 11-jährigen Kindes mit 13 Nichtanlagen mit den für diese Studie relevanten kephalometrischen Bezugspunkten. Röntgenbild aus dem Patientengut der Poliklinik für Kieferorthopädie Regensburg.

In dieser Studie untersuchte Werte aus FRS- und Modellanalyse:

Winkelmessungen in Grad (°):

Sagittal:

∠ SNA: Inklination der Oberkieferbasis zur Schädelbasis in der Sagittalen (Abb. 5a)

∠ SNB: Inklination der Unterkieferbasis zur Schädelbasis in der Sagittalen (Abb. 5a)

∠ ANB: Kieferbasenrelation in der Sagittalen (SNA-SNB) (Abb. 5a)

∠ ANB-Differenz: Sagittale Kieferrelation ($0.4 \times \text{SNA} + 0.2 \times \text{ML-NSL} - 35.16 =$

Individualisierter ANB-Winkel; Individualisierter ANB- ANB-Winkel= ANB-Differenz)

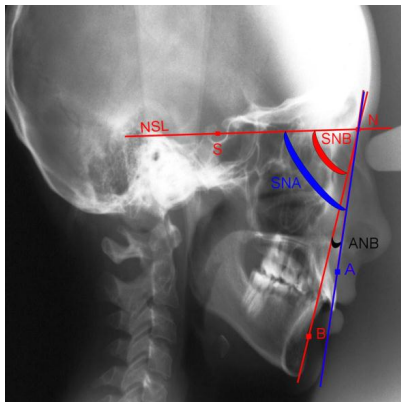


Abb. 5a: Dargestellt sind der SNA-Winkel (blau), der SNB-Winkel (rot) und der ANB-Winkel (schwarz).

Vertikal:

∠ NL-ML: Vertikale Kieferbasenrelation (Abb. 5b)

∠ NL-NSL: Inklination der Oberkieferbasis zur Schädelbasis in der Vertikalen (Abb. 5b)

∠ ML-NSL: Inklination der Unterkieferbasis zur Schädelbasis in der Vertikalen (Abb. 5b)

∠ Gn-Pt/Ba-N: Fazialachse (Abb. 5c)

∠ ArGoMe: Kieferwinkel (Abb. 5c)

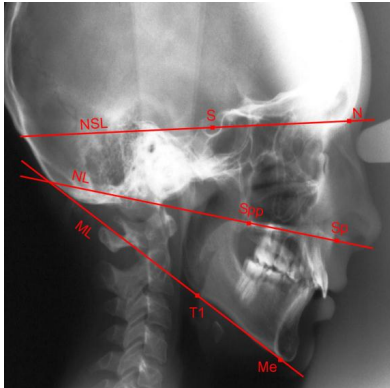


Abb. 5b: Graphische Darstellung der vorderen Schädelbasis Linie (NSL), der Nasal Linie (NL) und der Mandibular Linie (ML).

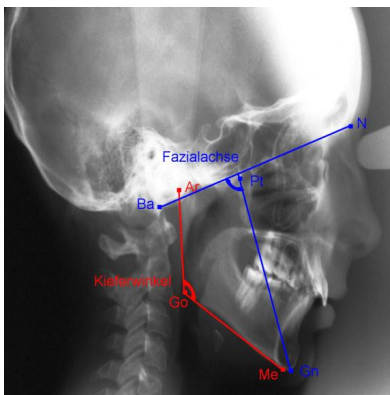


Abb. 5c: Darstellung des Kieferwinkels (Gonionwinkel) (rot) und der Fazialachse (blau).

Dentale Parameter:

\angle OI/NL: Inklination des mesialsten Oberkieferinzisivus zur Nasal Linie (NL) (Abb. 5d)

\angle UI/ML: Inklination des mesialsten Unterkieferinzisivus zur Mandibular Linie (ML) (Abb. 5d)

\angle OI/UI: Winkel zwischen den Zahnachsen von mesialstem Oberkieferinzisivus und mesialstem Unterkieferinzisivus (Interinzisalwinkel) (Abb. 5d)

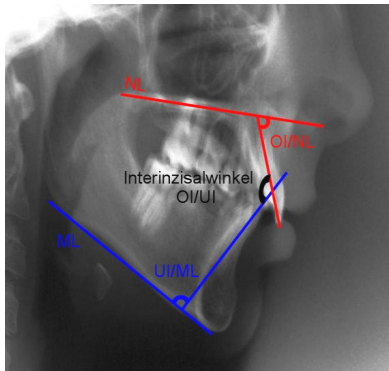


Abb. 5d: Dargestellt sind die Inklination des mittleren Oberkieferinzisivus zur Nasal Linie (rot), die Inklination des mittleren Unterkieferinzisivus zur Mandibular Linie (blau) und der Interinzisalwinkel (schwarz).

Lineare Messungen in mm:

Sagittal:

Wits-Wert: Abstand zwischen A-Punkt und B-Punkt auf das Okklusaleplanum projiziert (Abb. 5e)

Overjet: sagittaler Frontzahnüberbiss

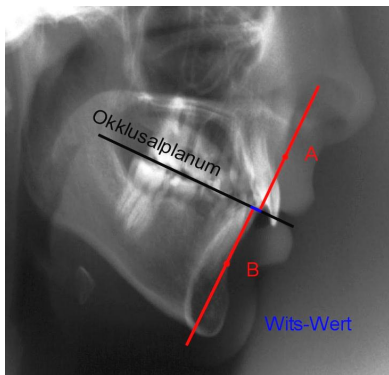


Abb. 5e: Graphische Darstellung des Wits-Wertes (blau)

Vertikal:

Overbite: Vertikaler Frontzahnüberbiss

Hasund-Index: Verhältnis zwischen oberer und unterer vorderer Gesichtshöhe
($N-SP^* \times 100 / SP^* - Me$) Nasion bis Spinaplanum/Spinaplanum bis Menton (Abb. 5f)

Jarabak-Index: Verhältnis zwischen hinterer und vorderer Gesichtshöhe
($S-tg\alpha \times 100/N-Me$) (Abb. 5f)

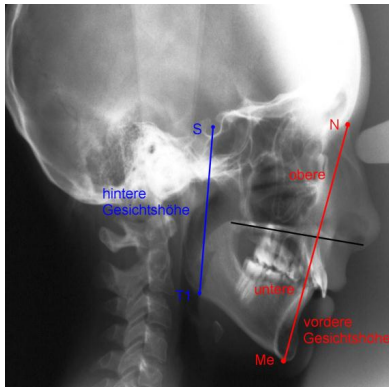


Abb. 5f: Darstellung der hinteren Gesichtshöhe (blau) und der vorderen Gesichtshöhe (rot). Die vordere Gesichtshöhe wird durch das Spinaplanum (schwarz) in eine obere und eine untere vordere Gesichtshöhe unterteilt.

3.3.3 Normwerte

Als Vergleichswerte für die genannten Parameter dienten die in der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Regensburg verwendeten Normwerte inklusive deren Standardabweichungen. Diese Normwerte leiten sich von den von Segner et al. (1998) veröffentlichten Normen ab. Die Tabellen 4 und 5 im Ergebnisteil beinhalten eine genaue Auflistung der verwendeten Normen und deren Standardabweichungen.

3.4 Statistische Methoden

Alle Einzelwerte der 16 Parameter wurden zur weiteren Auswertung in das Statistikprogramm SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, IL, USA, Version 15.0 für Windows) übernommen. Die Ergebnisse wurden mit dem Einstichproben-t-test berechnet, ebenfalls die mittlere Abweichung von Normwerten und die Irrtumswahrscheinlichkeit. Das Signifikanzniveau lag bei $<0,05\%$.

Die Ergebnisse der gesamten Untersuchungsgruppe wurden abgewartet, um danach die statistisch signifikanten Parameter erneut auf dieselbe Art und Weise für jede der drei Untergruppen separat zu analysieren und Unterschiede zwischen den Gruppen aufzudecken.

3.5 Wachstumsanalyse nach Björk

Um das mandibuläre Wachstumsmuster der Probanden zu analysieren, wurde die strukturelle Methode nach Björk (1969) herangezogen. Die Fernröntgenseitenbilder werden dabei auf 6 Strukturmerkmale hin untersucht. Drei dieser Strukturmerkmale sind objektive Messungen:

- Kieferwinkel
- Nordervalwinkel: Inklination der Unterkiefersymphyse
- Hasund-Index

Diese Parameter wurden, wie oben beschrieben, mit der Ratisbona-Analyse und Messungen am FRS auf einem Röntgenbetrachter ermittelt. In einer Vergleichstabelle finden sich für jeden Parameter 6 Wertintervalle, jedes mit 1-3 „Plus“- beziehungsweise „Minus“-zeichen versehen. Die Anzahl der Vorzeichen jenes Intervalls, dem der gemessene Wert zugeordnet werden kann, wird für die spätere Auswertung notiert.

Die übrigen 3 Strukturmerkmale sind subjektive Beurteilungen von Strukturen im FRS:

- Form des Kondylus des Kiefergelenkes
- Verlauf/Steilheit des Mandibularkanales
- Form der Unterkiefersymphyse

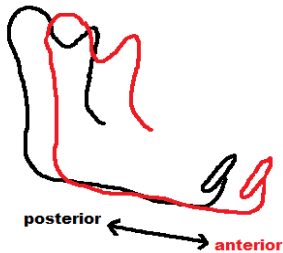
Diese Parameter wurden auf dem Röntgenbetrachter mit Hilfe einer Vergleichstabelle beurteilt. Jeweils 6 Formen der jeweiligen Struktur sind in einer Vergleichstabelle schematisch aufgezeichnet und mit 1-3 „Plus“- oder „Minus“-zeichen versehen. Die Struktur im FRS wird der am ähnlichsten Zeichnung in der Tabelle zugeordnet und die Anzahl der „Plus“ oder „Minus“ notiert.

Am Ende haben wir für jeden der 6 Parameter eine bestimmte Anzahl von „Plus“ oder „Minus“ ermittelt. Zwei Komponenten des Wachstumsmusters können getrennt analysiert werden:

1. Rotation des Unterkiefers: Werte aller 6 Parameter
2. Translation des Unterkiefers: Werte zweier Parameter: Form des Kondylus und Kieferwinkel

Translations- und die Rotationsbewegung des Unterkiefers siehe Abb. 6

Translation:



Rotation:

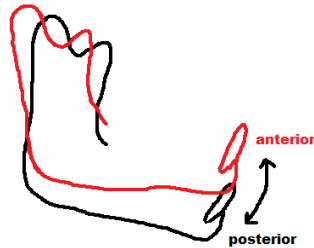


Abb. 6: Schematische Darstellung von Translations- und Rotationsbewegung der Unterkieferbasis

Die Vorzeichen dieser Parameter werden addiert, wobei sich ein „Plus“- und ein „Minus“-zeichen gegenseitig aufheben.

Wenn wir am Ende einen positiven Wert erhalten, bedeutet das eine anteriore Rotation des Unterkiefers beziehungsweise eine Translation in der Sagittalen. Die Person hat ein horizontales Wachstumsmuster.

Erhalten wir einen negativen Wert, so bedeutet dies eine posterior Rotation des Unterkiefers oder vertikale Translation. Dieser Proband hat also ein vertikales Wachstumsmuster.

Je größer die am Ende ermittelte Anzahl der Vorzeichen, desto stärker ist die Ausprägung des jeweiligen Wachstumstypes. Die Vergleichstabelle und deren Auswertung sind in Tabelle 2 dargestellt.

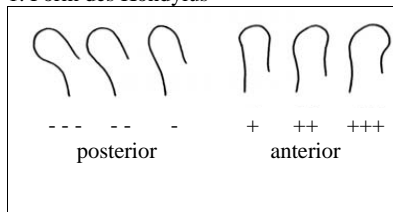
Tabelle 2: Wachstumsmusteranalyse nach Björk (1969), Odegard (1970), Wingberg (1984)

Vergleichstabelle zur Auswertung der Unterkiefer Rotation und Translation

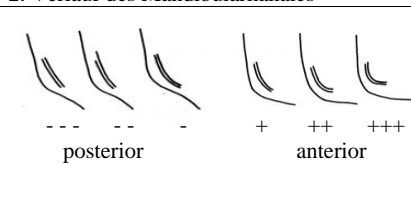
Rotation	+ 18 bis + 9	ausgeprägt anterior	Translation	+ 6 bis + 4	ausgeprägt sagittal
	+ 8 bis + 3	anterior		+ 3 bis + 2	sagittal
	+ 2 bis 0	indifferent		+ 1 bis 0	indifferent
	- 1 bis - 6	posterior		- 1 bis - 2	vertikal
	- 7 bis - 18	ausgeprägt posterior		- 3 bis - 6	ausgeprägt vertikal
Rotation Σ 1.-6.			Translation Σ 1.+6.		

Sechs Strukturmerkmale: 1.-3. Subjektive Parameter; 4.-6. Objektive Messungen

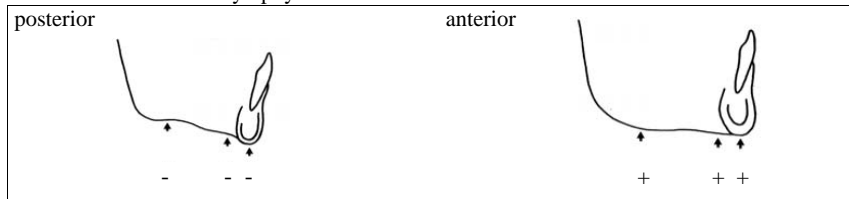
1. Form des Kondylus



2. Verlauf des Mandibularkanales



3. Form der Unterkiefersymphyse



4. Inklination der Unterkiefersymphyse: Nordervalwinkel

Norm 58°

Nordervalwinkel	<50°	50°-55°	55°-60°	60°-65°	70°-75°	70°>
Wachstum	+++	++	+	-	- -	- - -

5. Hasund-Index: $N-Sp / Sp - Gn \times 100 \%$

Norm 79%

Hasund-Index	90%	89%-84%	83%-75%	74%-70%	69%-66%	65%
Wachstum	+++	++	+	-	- -	- - -

6. Kieferwinkel: ArGoMe

Norm 126°

ArGoMe	< 118°	118°-122°	123°-129°	130°-134°	135°-140°	140°>
Wachstum	+++	++	+	-	- -	- - -

4 Ergebnisse

4.1 Anzahl und Zahntyp der Nichtanlagen

Die Untersuchungsgruppe bestand aus insgesamt 50 Probanden (33♀, 17♂). Unter Berücksichtigung der Auswahlkriterien waren somit Frauen nahezu doppelt so häufig von Hypodontie betroffen als Männer. Die Zahl der Nichtanlagen pro Person variierte zwischen 2 und 18. Durchschnittlich fehlten den Personen 5 Zähne. Insgesamt waren 256 Zähne, 117 im Oberkiefer, 139 im Unterkiefer, nicht angelegt (Abb. 7).

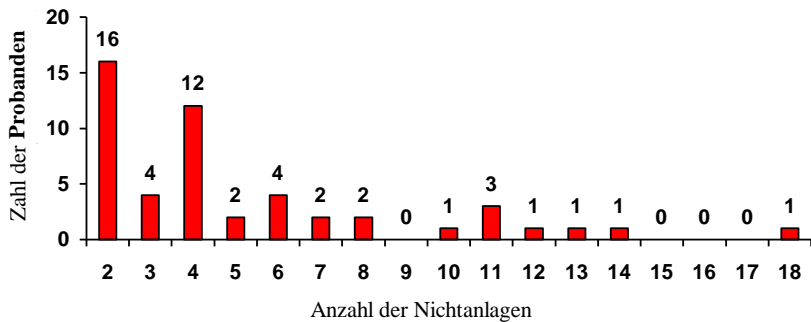


Abb. 7: Anzahl von Probanden mit einer bestimmten Anzahl von Nichtanlagen in der Untersuchungsgruppe (50 Probanden)

Insgesamt fanden wir 220 (100 im Oberkiefer, 120 im Unterkiefer) bilateral symmetrische Nichtanlagen und 36 unilaterale Nichtanlagen vor. Symmetrische Nichtanlagen waren bei allen Zahntypen, ausgenommen der Eckzähne und der ersten Prämolaren, im Unterkiefer häufiger. Verteilung der bilateralen und der unilateralen Nichtanlagen im Gebiss siehe Abb. 8.

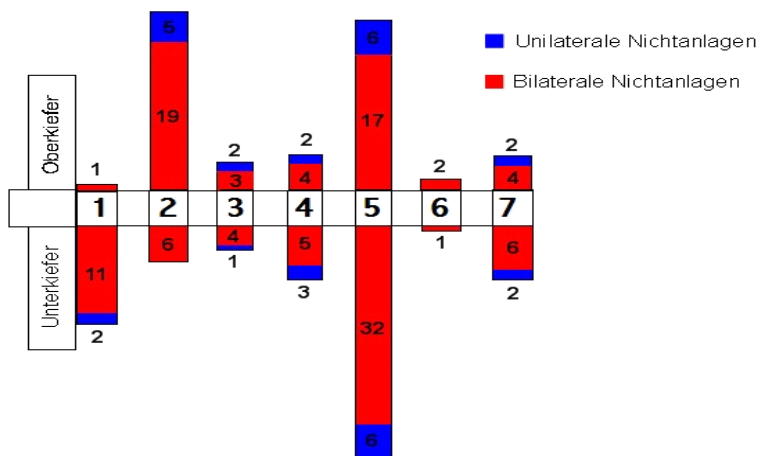


Abb. 8: Verteilung der unilateralen und bilateralen Nichtanlagen im Oberkiefer und im Unterkiefer. Die Werte im Graphen geben an, wie oft ein bestimmter Zahn im Gebiss unilateral beziehungsweise bilateral angelegt ist. Bei den bilateralen Nichtanlagen entspricht der Wert in der Graphik einem Paar von 2 symmetrischen Nichtanlagen.

Der am häufigsten von Aplasie betroffene Zahntyp war der untere zweite Prämolare, gefolgt von dem oberen seitlichen Schneidezahn und dem oberen zweiten Prämolare. Die am seltensten nicht angelegten Zähne hingegen waren der untere erste Molare und die oberen mittleren Schneidezähne. Eine detaillierte Auflistung aller Zahntypen ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung der Nichtanlagen nach Kiefer und Zahntyp in der gesamten Untersuchungsgruppe (50 Probanden)

Oberkiefer	Zahntyp	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
	Zahl der Nichtanlagen	4	2	20	4	3	22	1	1	22	5	6	19	2	6
Unterkiefer	Zahntyp	47	46	4	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
	Zahl der Nichtanlagen	8	1	35	5	3	6	12	12	6	3	6	35	1	6

4.2 Ergebnisse der FRS-Analyse in der gesamten Untersuchungsgruppe

Die statistische Auswertung der Winkel und Streckenmessungen ergab eine Reihe signifikanter Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Hypodontie-Untersuchungsgruppe und Normwerten. Sowohl der SNA- als auch der SNB-Winkel waren im Untersuchungsgut signifikant verkleinert. Die Kiefer waren somit im sagittalen Vergleich zur Schädelbasis retrognath eingelagert.

Die sagittale Kieferrelation, beschrieben durch den individualisierten ANB-Winkel, lag jedoch im Normbereich.

Für die vertikale Kieferbasenrelation, gemessen am NL-ML-Winkel, sowie die vertikale Inklination der beiden Kieferbasen im Vergleich zur Schädelbasis (ML-NSL, NL-NSL-Winkel) konnten keine signifikanten Unterschiede zu den entsprechenden Normwerten gezeigt werden.

Der Hasund-Index, der sich aus dem Verhältnis von oberer und unterer vorderer Gesichtshöhe errechnet, war in der Hypodontie-Untersuchungsgruppe signifikant erhöht.

Der Jarabak-Index, das Verhältnis zwischen hinterer und vorderer Gesichtshöhe, wich nicht signifikant unterschiedlich vom Normwert ab.

Auch die Mittelwerte für den Kieferwinkel, der Wits-Wert und die Fazialachse lagen im Normbereich.

Bei der Auswertung der dentalen Parameter wurde bei Probanden mit Hypodontie ein signifikant vergrößerter sagittaler und vertikaler Überbiss festgestellt.

Die Oberkieferfrontzähne waren im Vergleich zur Norm leicht rekliniert, wobei wir bei diesem Wert einen hohen Variationsbereich feststellten.

Die Unterkieferfrontzähne waren im Durchschnitt neutral inkliniert und auch der Interinzisalwinkel wich nicht signifikant vom Normwert ab.

Die errechneten Mittelwerte aus der Untersuchungsgruppe, die dazugehörigen Normwerte mit Standardabweichung, der mittlere Unterschied zwischen Normwert und dem Untersuchungswert sowie der p-Wert sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Vergleich zwischen den ermittelten Mittelwerten (\pm Standardabweichung (SD)) im Untersuchungsgut und den Normwerten (\pm Standardabweichung (SD)) gemeinsam mit den entsprechenden p-Werten des t-Tests. (Bei p-Werten kleiner als 0.05 ist der Unterschied zwischen Werten statistisch signifikant: \angle SNA, \angle SNB, Hasund-Index, vertikaler Überbiss (Overbite) und sagittaler Überbiss (Overjet)).

Variable	Mittelwert \pm SD Untersuchungs- gruppe	Normwert \pm SD	Differenz	p-Wert
\angle SNA ($^\circ$)	80,3 \pm 3,8	82,0 \pm 3,0	-1,7	0,00**
\angle SNB ($^\circ$)	77,3 \pm 4,3	80,0 \pm 3,0	-2,7	0,00**
\angle indiv.ANB ($^\circ$)	-0,8 \pm 3,1	0,0 \pm 2,0	-0,8	0,09
Wits-Wert (mm)	-0,3 \pm 3,7	0,0 \pm 1,0	-0,3	0,99
\angle ArGoMe ($^\circ$)	126,9 \pm 8,5	126,0 \pm 6,0	0,9	0,46
\angle Gn-Pt/Ba-N ($^\circ$)	90,2 \pm 5,6	90,0 \pm 3,0	0,2	0,83
Hasund-Index	86,8 \pm 8,7	79,0 \pm 5,0	7,8	0,00**
Jarabak-Index	62,9 \pm 5,6	63,5 \pm 1,5	-0,6	0,44
\angle ML-NL ($^\circ$)	25,4 \pm 6,9	23,5 \pm 6,0	1,9	0,06
\angle ML-NSL ($^\circ$)	33,6 \pm 6,9	32,0 \pm 6,0	1,6	0,10
\angle NL-NSL ($^\circ$)	8,5 \pm 4,2	8,5 \pm 3,0	0,0	0,97
\angle OI/NL ($^\circ$)	72,1 \pm 10,4	70,0 \pm 5,0	2,1	0,17
\angle UI/ML ($^\circ$)	92,7 \pm 8,6	92,0 \pm 6,0	0,7	0,59
\angle OI/UI ($^\circ$)	133,0 \pm 11,7	132,0 \pm 6,0	1,0	0,57
Overbite (mm)	3,9 \pm 1,5	2,0 \pm 1,0	1,9	0,00**
Overjet (mm)	2,7 \pm 1,9	2,0 \pm 1,0	0,7	0,02*

* p = Signifikanzlevel 5%

** p = Signifikanzlevel 1%

4.3 Ergebnisse der FRS-Analyse in den 3 Untergruppen

Nach Unterteilung in die 3 Untergruppen wurden nur diejenigen Parameter, die bei der Untersuchung der gesamten Gruppe signifikante Unterschiede zu den Normwerten aufwiesen weiter untersucht. Dies waren: Overbite, Overjet, SNA-Winkel, SNB-Winkel und Hasund-Index (Tabelle 5).

In jeder der Untergruppen wurden ein vergrößerter Hasund-Index, sowie ein vergrößerter vertikaler Überbiss festgestellt.

Bei den anderen Werten zeigten sich Unterschiede zwischen den 3 Gruppen.

So hatten Probanden mit Nichtanlagen in beiden Kiefern verkleinerte SNA- und SNB-Winkel, also bimaxillären Retrognathismus. Der kleinste durchschnittliche SNA-Winkel fand sich in Gruppe 1, bei Personen mit Nichtanlagen nur im Oberkiefer. Dennoch konnte eine statistisch signifikante Abweichung vom Normwert für den SNA-Wert nur in Gruppe 3 gezeigt werden.

Probanden in Gruppe 2 hatten im Vergleich zur Norm unveränderte SNA-Winkel, jedoch signifikant verkleinerte SNB- Winkel. Demnach wurde die Retrognathie bei dieser Personengruppe nur im Unterkiefer beobachtet.

Ein signifikant vergrößerter sagittaler Überbiss zeigte sich ausschließlich in Gruppe 2.

Tabelle 5: Darstellung der signifikanten Parameter aus der ersten Analyse (Tabelle 4) nach separater Auswertung in den Untergruppen. Mittelwerte mit Standarddeviation, Normwerte mit Standarddeviation, mittlere Differenz zu den Normwerten und p-Werte. (\angle SNA, \angle SNB, Hasund-Index, Overbite und Overjet)

	Variable	Mittelwert \pm SD	Normwert \pm SD	Differenz	p-Wert
Gruppe 1 Nichtanlagen im Oberkiefer	\angle SNA ($^{\circ}$)	79,4 \pm 3,9	82,0 \pm 3,0	-2,07	0,11
	\angle SNB ($^{\circ}$)	78,0 \pm 5,7	80,0 \pm 3,0	-2,0	0,27
	Hasund Index	88,2 \pm 9,2	79,0 \pm 5,0	9,2	0,01**
	Overjet (mm)	1,9 \pm 2,0	2,0 \pm 1,0	-0,1	0,84
	Overbite (mm)	3,9 \pm 1,6	2,0 \pm 1,0	1,9	0,00**
Gruppe 2 Nichtanlagen im Unterkiefer	\angle SNA ($^{\circ}$)	80,2 \pm 4,3	82,0 \pm 3,0	-1,8	0,17
	\angle SNB ($^{\circ}$)	76,5 \pm 4,1	80,0 \pm 3,0	-3,5	0,01*
	Hasund Index	85,6 \pm 5,9	79,0 \pm 5,0	6,6	0,00**
	Overjet (mm)	3,0 \pm 0,9	2,0 \pm 1,0	1,0	0,00**
	Overbite (mm)	3,6 \pm 1,1	2,0 \pm 1,0	1,6	0,00**
Gruppe 3 Nichtanlagen in beiden Kiefern	\angle SNA ($^{\circ}$)	80,5 \pm 3,6	82,0 \pm 3,0	-1,5	0,04
	\angle SNB($^{\circ}$)	77,4 \pm 3,8	80,0 \pm 3,0	-2,6	0,00**
	Hasund Index	86,7 \pm 9,6	79,0 \pm 5,0	7,7	0,00**
	Overjet (mm)	2,9 \pm 2,2	2,0 \pm 1,0	0,9	0,08
	Overbite (mm)	3,9 \pm 1,6	2,0 \pm 1,0	1,9	0,00**

* p=Signifikanzlevel 5%

** p= Signifikanzlevel 1%

4.4 Ergebnisse der Wachstumsanalyse nach Björk

Die Wachstumsanalyse nach Björk (1969) führte zu dem Ergebnis, dass Probanden mit Nichtanlagen weder auffallend zum vertikalen noch zum horizontalen Wachstumsmuster neigen. Sowohl in der Rotationskomponente als auch in der Translationskomponente verteilen sich die 50 Einzelergebnisse relativ gleichmäßig zwischen vertikalem und horizontalem Typ.

Die Punktediagramme (Abb. 9 und 10) zeigen die Verteilung der Werte, wobei jeder Punkt die Summe der Probanden aus der Untersuchungsgruppe mit derselben Translation beziehungsweise Rotation der Mandibula repräsentiert.

In Abb. 9 und 10 ist das Wachstumsmuster von Probanden mit Hypodontie dargestellt.

8. Rotation der Mandibula (Form des Kondylus, Verlauf des Mandibularkanals, Form der Unterkiefersymphyse, Kieferwinkel, Nordervalwinkel, Hasund-Index)
9. Translation der Mandibula (Form des Kondylus und Kieferwinkel)

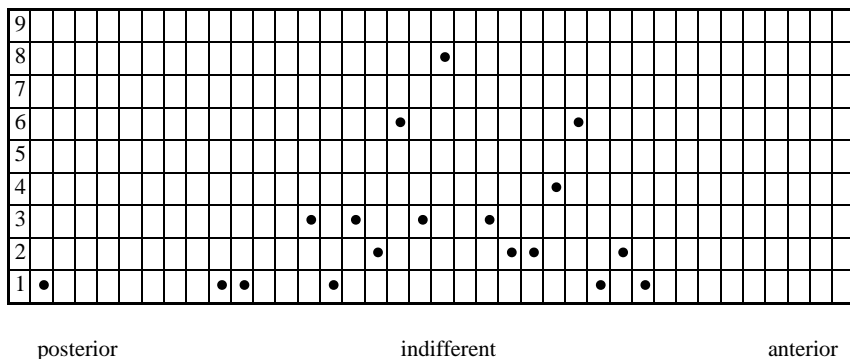


Abb. 9: Ausprägung und Richtung der Unterkieferrotation

X-Achse: Richtung der Rotation; Y-Achse: Zahl der Probanden ($\sum N=50$)

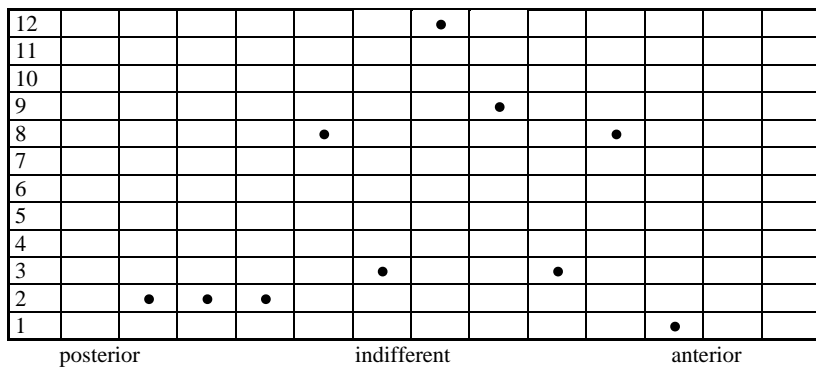


Abb. 10: Ausprägung und Richtung der Unterkiefertranslation

X-Achse: Richtung der Translation; Y-Achse: Zahl der Probanden ($\sum N=50$)

5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss von 2 und mehr Nichtanlagen in der permanenten Dentition auf die Schädelmorphologie und das Wachstumsmuster zu untersuchen.

Auswahl der kephalometrischen Parameter

Bei der Auswahl der kephalometrischen Parameter, die in dieser Studie zur Beurteilung kraniofazialer Strukturen herangezogen wurden, sind mehrere Faktoren berücksichtigt worden. Zum einen sollten nur gängige Parameter untersucht werden, um die Vergleichbarkeit mit anderen, auch internationalen Studien zu diesem Thema zu vereinfachen. Zum anderen sollten die Untersuchungswerte für die kieferorthopädische Diagnostik und Therapie relevant und möglichst aussagekräftig bezüglich der untersuchten Strukturen sein. Da Referenzpunkte, die eine komplizierte Konstruktion erfordern oder deren Lokalisation im FRS schwierig oder nur ungenau möglich ist, Fehlerquellen darstellen können, wurde in der vorliegenden Studie darauf geachtet, dass nur eindeutig markierbare Referenzpunkte und einfache Konstruktionswege zur Ermittlung der Untersuchungsparameter miteinbezogen wurden.

Alle untersuchten Parameter wurden in der Poliklinik für Kieferorthopädie in Regensburg standardmäßig bei der kieferorthopädischen Falldiagnostik bestimmt und zur Analyse kraniofazialer Strukturen verwendet. Auch die Analyse des Unterkieferwachstums erfolgte, wie in Regensburg üblich, mittels der strukturellen Methode nach Björk (1969).

Normwerte

Die in der Poliklinik für Kieferorthopädie verwendeten Normwerte leiten sich von den von Segner et al. (1998) evaluierten Normen ab. Diese Mittelwerte stammen aus einer Studie mit Personen jeden Alters und Geschlechts. Unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten wurden diese Werte am Universitätsklinikum Regensburg leicht abgeändert und werden standardmäßig zur Fallanalyse von Patienten der Kieferorthopädischen Abteilung verwendet. Da diese Normen eine große und lokale Bevölkerung repräsentieren, erschienen sie als Vergleichswerte in vorliegender Studie besser geeignet als Mittelwerte einer eigens angelegten Kontrollgruppe. Eine aus dem kieferorthopädischen Patientenkollektiv des Universitätsklinikums gebildete Kontrollgruppe würde nur Personen beinhalten, die eine Art von kieferorthopädischer Behandlung benötigen und somit kaum Personen mit eugnatem Gesichtsschädelaufbau.

Patientenauswahl

Um Differenzen, die sich durch unterschiedliches chronologisches Alter des Probandengutes bei der Messung bestimmter Parameter ergeben könnten, zu minimieren, wurden für Personen der Untersuchungsgruppe eine untere Altersgrenze von 9 Jahren und eine obere Altersgrenze von 14 Jahren gesetzt. Mit 9 Jahren lassen sich Nichtanlagen durch röntgenologische Verfahren aufgrund der fortgeschrittenen Mineralisierung aller bleibenden Zähne, ausgenommen der Weisheitszähne, gut diagnostizieren. Die Nichtanlage der Prämolaren kann im Alter von 6 Jahren mit 97%er Sicherheit diagnostiziert werden (Ravn et al., 1977). Da jedoch Berichte von Spätmineralisationen dieser Zähne bis zum 12. Lebensjahr existieren, wurde die Diagnose der Nichtanlage an Röntgenbildern, die im Laufe der kieferorthopädischen Behandlung bei den untersuchten Personen erstellt wurden, nachgeprüft. Die Gefahr einer Fehldiagnose durch Spätmineralisierung konnte so ausgeschlossen werden. In einer Langzeitstudie von Roald et al. (1982) wurden Kinder mit Hypodontie einmal im Alter von 9 und einmal im Alter von 16 Jahren untersucht. Dabei wurden dieselben morphologischen Unterschiede zur Kontrollgruppe, die bei den Neunjährigen diagnostiziert wurden, auch 7 Jahre später bei den Sechzehnjährigen gefunden. Der Altersunterschied von maximal 5 Jahren zwischen 9- und 14-Jährigen in vorliegender Studie erschien daher vertretbar. In dieser Studie wurden keine Probanden, die älter als 14 Jahre waren, untersucht, da nahezu alle Probanden in diesem Alter bereits eine kieferorthopädische Behandlung erhalten hatten.

Nahezu zwei Drittel der untersuchten Probanden in dieser Studie waren Frauen. Damit bestätigen sich in der Untersuchungsgruppe Ergebnisse der Metaanalyse von Polder et al., (2004) für Europäer, wonach Frauen weit häufiger von Hypodontie betroffen sind als Männer. Ein Verhältnis von 2:1 fanden Bauer et al. (2009) in einer deutschen Population von Hypodontiepatienten. Allerdings gibt es auch Studien an Kaukasiern, die keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern, was die Prävalenz von Hypodontie betrifft, aufdecken konnten (Rolling et al., 2001, Backman et al., 2001).

Obwohl Frauen häufiger betroffen waren, fehlten den männlichen Probanden in dieser Studie im Durchschnitt mehr Zähne (Männer: 6,48 Nichtanlagen pro Person im Vergleich zu Frauen: 4,42 Nichtanlagen je Proband). Sarnäs et al. (1983) konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Anzahl der durchschnittlich fehlenden Zähne feststellen. Eine Studie, die bestätigt, dass Männer mit Hypodontie durchschnittlich mehr Nichtanlagen haben, konnte in der aktuellen Literatur nicht gefunden werden. Sehr wahrscheinlich beruht die Beobachtung in dieser Studie daher eher auf Zufall.

Bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder wurde nicht weiter zwischen weiblichen und männlichen Personen unterschieden. Für die Altersgruppe der in dieser Studie untersuchten Personen konnten mehrere Autoren, die sich ebenfalls mit der FRS-Analyse von Hypodontiepatienten beschäftigten, keine auffallenden Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen (Nodal et al., 1994, Øgaard et al., 1995, Sarnäs et al., 1983). Auch in Studien auf dem Gebiet der kraniofazialen Entwicklung bei Personen ohne Hypodontie konnten nur wenige Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt werden (Riolo et al., 1974, Segner et al., 1998). Die gemeinsame Auswertung von Daten beider Geschlechter erschien daher gerechtfertigt.

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen von Nichtanlagen auf die kraniofaziale Morphologie zu erfassen. Daher wurden Probanden mit Syndromerkrankungen von der Untersuchung ausgeschlossen, um zu verhindern, dass syndromspezifische Anomalien in der kraniofazialen Morphologie die Ergebnisse beeinflussen.

In vergangenen Studien musste mehrfach eingeräumt werden, dass die beobachteten Charakteristika bei Hypodontiepatienten auch auf eine kieferorthopädische Vorbehandlung einiger Patienten zurückzuführen sein könnten (Sarnäs et al., 1983). Um therapiebedingte Veränderungen der Schädelmorphologie in dieser Studie auszuschließen, wurden nur Röntgenbilder, die vor Beginn einer kieferorthopädischen Behandlung angefertigt wurden, zur kephalometrischen Auswertung herangezogen.

Diskussion der Anzahl und Verteilung der Nichtanlagen

Eine geringe Zahl von Nichtanlagen war deutlich häufiger zu beobachten als schwere Formen der Hypodontie. Bei der Mehrzahl von Probanden fehlten nur 2 Zähne (16 von 50). Bei nur 7 Probanden fehlten mehr als 10 Zähne. Es wurde außerdem festgestellt, dass eine beidseitige, symmetrische Aplasie bei Probanden mit mindestens 2 Nichtanlagen deutlich häufiger vorkam (110-mal) als das einseitige Fehlen eines Zahnes (36-mal). Nur die Eckzähne und die ersten Prämolaren im Unterkiefer waren häufiger einseitig nicht angelegt. Der Metaanalyse von Polder et al. (2004) zufolge, treten einseitige Nichtanlagen bei allen Zahntypen häufiger auf außer bei den lateralen Schneidezähnen im Oberkiefer. Diese Studie zeigt, dass bei Personen mit mindestens 2 Nichtanlagen offenbar symmetrische Nichtanlagen bei nahezu allen Zahntypen häufiger vorkommen als einseitige Aplasien. Diese Beobachtung ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Probanden mit einer einzelnen Nichtanlage nicht im Studiengut inkludiert waren. Laut Polder et al. (2004) ist bei 48% der Probanden mit Hypodontie nur ein einzelner Zahn nicht angelegt. Dieser sehr hohe Anteil erklärt die unterschiedlichen Ergebnisse bezüglich der Häufigkeit unilateraler und bilateraler

Nichtanlagen der beiden Untersuchungen.

Zahlreiche Autoren konnten keinen signifikanten Unterschied bei der Anzahl der Nichtanlagen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer feststellen (Polder et al., 2004, Silverman et al., 1979). In der vorliegenden Studie fehlten im Unterkiefer mehr Zähne (139) als im Oberkiefer (117). Dies ist vor allem auf die hohe Anzahl von aplastischen zweiten Prämolaren im Unterkiefer zurückzuführen, die mit Abstand am häufigsten nicht angelegt waren. Am zweithäufigsten fehlten die seitlichen Schneidezähne im Oberkiefer, gefolgt von den zweiten Prämolaren im Oberkiefer. Diese Reihenfolge scheint am häufigsten und wurde von zahlreichen Autoren veröffentlicht (Sarnäs et al., 1983, Polder et al., 2004, Behr et al., 2011). Diese scheint für Personen ab zwei Nichtanlagen in gleicher Weise zu gelten.

Abweichend von dieser Reihenfolge wurde in Studien an Kaukasiern mehrmals berichtet, dass der zweite Oberkieferprämolare nach dem ersten Unterkieferprämolare der am zweithäufigsten nicht angelegte Zahn ist (Backman et al., 2001, Øgaard et al., 1995).

In der 50 Probanden umfassenden Untersuchungsgruppe fehlten die oberen mittleren Inzisivi und die ersten Molaren des Unterkiefers jeweils nur bei einem einzigen Probanden. Auch Øgaard et al. (1995) konnten zeigen, dass der mittlere Inzisivus im Oberkiefer und die ersten Molaren am seltensten von Aplasie betroffen sind. Einige Studien berichteten über Unterschiede in der Häufigkeit bezüglich der Nichtanlage bestimmter Zahntypen zwischen verschiedenen ethnischen Gruppen (Davis, 1987, Backman et al., 2001). Bei Japanern und Chinesen fehlen beispielsweise die seitlichen Unterkieferinzisivi häufiger als die seitlichen Oberkieferinzisivi (Endo et al., 2005, Davis, 1987).

Diskussion der kephalometrischen Analyse

Nach Auswertung der Fernröntgenseitenbilder und der Modelle wurden einige signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Untersuchungsgruppe und den verwendeten Normwerten festgestellt.

Inklination der Kieferbasen in der Sagittalen

Die Inklination der Oberkieferbasis in der Sagittal-Ebene, gemessen zur Schädelbasis, war deutlich retrognath. Verkleinerte SNA-Winkel veröffentlichten auch Roald et al. (1982) und Sarnäs et al. (1983) in ihren Studien an Personen mit Hypodontie. Auch Øgaard et al. (1995) kamen zu diesem Ergebnis. Allerdings beobachteten sie eine Retrognathie der Maxilla erst bei Probanden mit mehr als 10 Nichtanlagen. Ein verminderter Prognathiegrad des Oberkiefers konnte nach Analyse des SNA-Wertes in den Untergruppen in Gruppe 1 und Gruppe 3 festgestellt werden. Eine statistische Signifikanz wurde nur in Gruppe 3 erzielt. Obwohl

Probanden mit Nichtanlagen nur im Oberkiefer den kleinsten mittleren SNA-Winkel hatten, war hier die Streuung der Einzelwerte im Vergleich zur Gruppengröße zu stark. Eine signifikante Reduktion des SNA bei Patienten mit Nichtanlage der lateralen Oberkieferinzisivi konnten Wisth et al. (1974) beobachten.

Hervorzuheben ist, dass Probanden mit Nichtanlagen nur im Unterkiefer neutral inklinierte Oberkieferbasen hatten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Retrognathie des Oberkiefers im direkten Zusammenhang mit den Nichtanlagen in diesem Kiefer steht und Nichtanlagen im Unterkiefer keinen solchen Einfluss auf die Inklination des Oberkiefers haben. Endo et al. (2004) fanden verkürzte Oberkieferbasislängen bei Personen mit Hypodontie. Sie erklärten, dass eine Reduktion lokaler Knochenapposition, wie sie mit dem Durchbruch von Zähnen assoziiert ist, diese Verkürzung der Oberkieferbasis bedingen könnte. Da eine verkürzte Oberkieferbasislänge auch einen reduzierten SNA-Winkel zur Folge hat, kann die Retrognathie des Kiefers, wie sie in dieser Studie gefunden wurde, auf die gleiche Weise erklärt werden.

Auch der Unterkiefer war in der Sagittal-Ebene deutlich retrognath zur Schädelbasis eingelagert. Der SNB-Wert war in vorliegender Studie signifikant kleiner im Vergleich zum entsprechenden Normwert. In der Literatur finden wir unterschiedliche Ergebnisse zum Prognathiegrad des Unterkiefers bei Probanden mit Hypodontie. Während Lisson et al. (2005) vergrößerte SNB-Winkel im Vergleich zu deren Normen fanden, konnten Yüksel et al. (1997) keine Abweichung von einer Kontrollgruppe mit Vollbezahnung feststellen. Bei genauerer Betrachtung der jeweiligen Untersuchungen stellten wir fest, dass die verwendeten Kontrollwerte für den SNB-Winkel um mehr als 4,6 Grad voneinander abweichen. Lisson et al. (2005) verwendeten Vergleichswerte aus der Wachstumsstudie von Riolo et al. (1974). Der mittlere SNB-Winkel beträgt laut Riolo et al. (1974) 77,35 Grad. Yüksel et al. (1997) verglichen die Werte ihrer Hypodontiegruppe mit dem Mittelwert einer von ihnen aufgestellten Kontrollgruppe aus Probanden ohne Hypodontie. In dieser Gruppe betrug der Mittelwert für den SNB-Winkel 75,39 Grad. Der in vorliegender Studie verwendete Vergleichswert von 80,00 Grad für den SNB-Winkel leitet sich von den von Segner et al. (1998) evaluierten Normen ab. Inwieweit die Verwendung unterschiedlicher Vergleichswerte durch regionale Unterschiede in der lokalen Bevölkerung gerechtfertigt wird, bleibt zu untersuchen. In jedem Fall wird durch die Wahl des Kontrollwertes die Interpretation der Ergebnisse maßgeblich beeinflusst, wie hier am Beispiel des SNB-Wertes gezeigt werden kann.

Der Prognathiegrad des Unterkiefers kann auch durch andere Parameter, wie den ML-NSL-Wert, beeinflusst werden. Eine anteriore Rotation der Basis in der Vertikalen kann den Prognathiegrad des Unterkiefers verstärken und so zu vergrößerten SNB-Winkeln führen. Die Rotation der Kieferbasen wird weiter unten im Text diskutiert.

Die Analyse des SNB-Winkels in den Untergruppen ergab eine signifikante Verkleinerung in den Gruppen 2 und 3. Somit zeigten Probanden mit Nichtanlagen im Unterkiefer eine Retrognathie dieses Kiefers, während Personen mit Nichtanlagen nur im Oberkiefer neutral inklinierte Unterkiefer hatten. Genau wie im Oberkiefer scheint auch im Unterkiefer ein Zusammenhang zwischen Nichtanlagen und Retrognathie des betroffenen Kiefers zu existieren. Eine naheliegende Erklärung ist, dass auch hier das Fehlen von Zähnen zu einem Wachstumsdefizit der Unterkieferbasis führt, welches sich in der Sagittal-Ebene durch einen verkleinerten SNB-Winkel manifestiert. Somit würde die Retrognathie nicht als eine tatsächliche Rücklage des Unterkiefers zu verstehen sein, sondern vielmehr durch eine Verkürzung der Kieferbasis hervorgerufen werden. Ben-Bassat et al. (2003) kamen in einem israelischen Untersuchungsgut ebenfalls zu dem Ergebnis, dass Probanden mit Hypodontie bimaxillären Retrognathismus im Vergleich zu israelischen Normwerten zeigen. Wir können ähnlich argumentieren, dass das Fehlen von funktionellen Einheiten im Kiefer das Knochenwachstum negativ beeinflusst und die Nichtanlage von Zähnen somit eine Verkleinerung der Kieferbasen zufolge hat. Generell verkleinerte Unterkiefer fanden Suri et al. (2006) bei Personen mit Hypodontie im Vergleich zu Vollbezahnten in einer Untersuchungsgruppe von Probanden mit Pierre Robins Sequenz. Diese Studie konnte bestätigen, dass zwei und mehr Nichtanlagen in einem Kiefer eine negative Auswirkung auf den Prognathiegrad desselben Kiefers haben, wobei dies wahrscheinlich auf ein generelles Wachstumsdefizit der Basen durch das Fehlen funktioneller Einheiten, nämlich der Zähne, zurückzuführen ist. Wenn wir bedenken, welche unterschiedlichen Wachstumsprozesse in den Kiefern während deren Entwicklung stattfinden, so ist es bemerkenswert, dass das fehlende Wurzelwachstum und der fehlende Zahndurchbruch einzelner Zähne in diesem Maße Einfluss auf die Größe der Kieferknochen nehmen. Diese Erklärung ist dennoch die gängigste unter den Autoren, die dieses Phänomen beobachten konnten.

Theoretisch wäre es auch möglich, dass die Genmutationen, die für Aplasie von Zähnen verantwortlich sind, ebenfalls das Kieferwachstum negativ beeinflussen. Somit wäre die Verkleinerung der Basen nicht die Folge der Nichtanlagen, sondern primär genetisch bedingt. Es konnte keine Studie gefunden werden, die speziell diesen Zusammenhang untersucht.

Diskussion der sagittalen Kieferrelation

Zur Bestimmung der sagittalen Kieferrelation wurden in dieser Studie der individualisierte ANB-Wert und der Wits-Wert herangezogen. Der ANB-Winkel wird von mehreren Parametern des Gesichtsschädelaufbaus wie Prognathiegrad des Oberkiefers, Höhe des Mittelgesichtes und des Untergesichtes sowie der Rotation der Kieferbasen in der vertikalen Ebene beeinflusst. Daher ist dieser Winkel nur im orthognathen Gesichtsaufbau aussagekräftig. Um diese Problematik zu umgehen, wurde in vorliegender Studie der individualisierte ANB-Wert für jeden Patienten berechnet. Dieser erlaubt auch bei vorliegender Dysgnathie eine zuverlässige Bestimmung der sagittalen Kieferrelation, da neben der Einlagerung der Oberkieferbasis (SNA) auch die Neigungsdysharmonie des Unterkiefers (ML-NSL) als vertikale Komponente berücksichtigt wird.

Trotz der signifikanten Abweichung des SNA- und des SNB-Winkels blieb der individualisierte ANB-Wert innerhalb des Normbereiches, also offenbar unbeeinträchtigt von der signifikanten Retrognathie beider Kieferbasen.

Auch der Wits-Wert, der ohne Berücksichtigung der Einlagerung der Kiefer zur Schädelbasis oder jeglicher vertikaler Komponenten die Lagebeziehung von Unterkiefer und Oberkiefer in der Sagittal-Ebene beschreibt, zeigte keine signifikanten Abweichungen vom Normwert.

Sowohl der individualisierte ANB-Wert als auch der Wits-Wert deuten darauf hin, dass Patienten mit Hypodontie vorwiegend eine neutrale sagittale Kieferrelation, oder gleichbedeutend, eine skelettale Klasse I besitzen. Auch Dermout et al. (1986) und Yüksel et al. (1997) fanden am häufigsten Klasse-I-Beziehungen der Kiefer bei Personen mit Hypodontie.

Aufgrund der signifikanten Unterschiede in der Einlagerung der Kieferbasen in den Untergruppen wäre anzunehmen, dass sich auch die sagittale Kieferrelation bei Personen mit Nichtanlagen nur im Unterkiefer von jenen mit Nichtanlagen in beiden Kiefern und jenen mit Nichtanlagen nur im Oberkiefer unterscheidet. Konkret würden aufgrund der singulären Retrognathie eines Kiefers Probanden mit Nichtanlagen im Oberkiefer eher zur skelettalen Klasse III und umgekehrt Personen mit Nichtanlagen nur im Unterkiefer eher zur Klasse II tendieren. Eine neutrale Kieferrelation in der Gesamtgruppe könnte sich dennoch ergeben, wenn sich die Gegensätzlichkeiten der Untergruppen bei gemeinsamer Auswertung aufheben. Da die sagittale Kieferrelation aufgrund der fehlenden statistischen Signifikanz von individualisiertem ANB-Winkel und Wits-Wert in der Erstausswertung in den Untergruppen nicht noch einmal analysiert wurde, können diese Überlegungen an der Stelle nicht statistisch unterlegt werden.

Diskussion der Rotation der Kieferbasen

Eine reduzierte vertikale Kieferrelation und anteriore Rotation der Unterkieferbasis, über die Nodal et al. (1994) und Øgaard et al. (1995) bei Hypodontiepatienten berichteten, konnten in dieser Studie nicht gezeigt werden. Die anteriore Rotation der Unterkieferbasis, die auch eine reduzierte vertikale Kieferrelation zur Folge hat, wurde einer mangelhaften okklusalen Unterstützung der Kiefergelenke zugeschrieben. Diese entsteht durch das Fehlen mehrerer Zähne. Durchbruchsstörungen und Retentionen, wie sie bei schweren Formen der Hypodontie häufig vorkommen, können dieses Phänomen verstärken. Øgaard et al. (1995) beobachteten die anteriore Rotation des Unterkiefers vor allem bei Probanden mit mehr als zehn Nichtanlagen. Der Mehrzahl der Probanden, die für die vorliegende Studie untersucht wurden, fehlten weniger als 5 Zähne. Daraus kann gefolgert werden, dass die Inklination der Unterkieferbasis in der Vertikalen vom Schweregrad der Hypodontie, also der Anzahl der fehlenden Zähne, abhängig ist. Bei einzelnen wenigen Nichtanlagen ist demnach kein Defizit an okklusaler Unterstützung zu erwarten. Auch Nodal et al. (1994) berichteten von einer signifikant stärkeren anterioren Rotation bei Probanden mit 13-21 Nichtanlagen im Vergleich zu Personen mit 5-12 Nichtanlagen. Obwohl anzunehmen wäre, dass Nichtanlagen im Seitenzahnbereich einen stärker negativen Einfluss auf die Unterstützung der Kiefergelenke nehmen als Nichtanlagen im Frontzahnbereich, konnten Endo et al. (2004), die Unterschiede zwischen anteriorer und posteriorer Hypodontie untersuchten, dies nicht zeigen. Sarnäs et al. (1983) stellten fest, dass sowohl der NSL-ML-Winkel als auch der ML-NL-Winkel bei achtjährigen Hypodontiepatienten signifikant größer war als bei Achtzehnjährigen. Demnach ist nicht nur die Anzahl der Nichtanlagen, sondern auch das Alter der untersuchten Probanden für die Inklination der Unterkieferbasis von großer Bedeutung und muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Das durchschnittliche Alter der untersuchten Probanden war bei allen Studien, die hier zum Vergleich angeführt wurden, ähnlich, somit kann ausgeschlossen werden, dass Unterschiede in den Ergebnissen auf das Alter der Probanden zurückzuführen sind.

Diskussion der Gesichtshöhe

Die untere vordere Gesichtshöhe war im Vergleich zur oberen vorderen Gesichtshöhe in dieser Studie signifikant reduziert. Dieselbe Beobachtung machten auch Bauer et al. (2009) in einer Untersuchungsgruppe aus deutschen Probanden mit Nichtanlage unterschiedlicher Zähne. Der Hasund-Index war sowohl in der gesamten Untersuchungsgruppe als auch in jeder der drei Untergruppen signifikant reduziert. Diesem Ergebnis zufolge ist die Verkürzung der

unteren vorderen Gesichtshöhe unabhängig davon, in welchem Kiefer sich die Nichtanlagen befinden. Lineare Messungen der vorderen Gesichtshöhe ergaben im Untersuchungsgut von Lisson et al. (2005) sowohl eine Verkürzung der oberen als auch eine Verkürzung der unteren vorderen Gesichtshöhe. Woodworth et al. (1985) fanden lediglich eine Verkürzung der oberen vorderen Gesichtshöhe. Am häufigsten berichtet wurde jedoch von einer Verkürzung der unteren vorderen Gesichtshöhe (Øgaard et al., 1995, Bondartes et al., 2000, Johnson et al., 2002). Diese Berichte konnten in vorliegender Studie bestätigt werden. Eine entsprechend starke Verkürzung des unteren Gesichtsdrittels kann die Ästhetik sowohl im Profil, als auch bei der Frontalansicht negativ beeinflussen. Eine derartige Änderung der Proportionen kommt bei fortgeschrittenem Zahnverlust meist in höherem Alter durch die anteriore Rotation des Unterkiefers vor. In diesem Fall kann ein ästhetisches Profil mittels Bisshebung durch prothetischen Zahnersatz wiederhergestellt werden. Auch bei Hypodontiepatienten kann eine kieferorthopädische Bisshebung die Lösung des ästhetischen Problems der verkürzten Untergesichtshöhe darstellen, vor allem, wenn es gemeinsam mit einer Tiefbissituation vorkommt. Abgesehen von einer anterioren Rotation des Unterkiefers ist auch die Verkürzung der Kieferbasen in der Vertikalen als Ursache für eine reduzierte vordere Gesichtshöhe denkbar. Da durch das Wachstum der Zahnwurzeln und dem Durchbruch der Zähne das vertikale Wachstum der Kieferbasen gefördert wird (Moss et al., 1969), würde dieser Impuls durch Nichtanlagen permanenter Zähne schwächer ausfallen, beziehungsweise im Bereich der Aplasie fehlen. Die Tatsache, dass in den meisten Studien lediglich die untere vordere Gesichtshöhe reduziert war, scheint gegen diese Theorie zu sprechen. Allerdings wurde oftmals eine Indexmessung, mit der sich lediglich das Verhältnis zwischen oberer und unterer Vorgesichtshöhe beschreiben lässt, durchgeführt. Eine Aussage zur tatsächlichen Gesichtshöhe im Vergleich zu Normwerten ist nur bei einer linearen Messung der Gesichtshöhen zulässig. Dies wurde beispielsweise von Lisson et al. (2005) praktiziert. Laut deren Studie waren sowohl die obere als auch die untere vordere Gesichtshöhe reduziert. Hinzu kommt, dass die untere Gesichtshöhe durch eine anterior Rotation der Mandibula stark negativ beeinflusst werden kann. Øgaard et al. (1995) beispielsweise beobachten eine verkürzte untere vordere Gesichtshöhe gemeinsam mit einer anterioren Rotation der Unterkieferbasis. Es ist also durchaus möglich, dass eine Verkürzung der vorderen Gesichtshöhe teilweise auf ein vertikales Wachstumsdefizit der Kieferbasen, bedingt durch die Nichtanlage von Zähnen, zurückzuführen ist.

Unabhängig davon, wodurch es zur Verkürzung der vorderen, vor allem der unteren vorderen, Gesichtshöhe kommt, ist es wichtig, Hypodontiepatienten nach ästhetischen Gesichtspunkten,

die das extraorale Erscheinungsbild betreffen, sowie nach Einbußen in der Funktion zu untersuchen.

Das Verhältnis zwischen hinterer und vorderer Gesichtshöhe lag im Bereich der Norm. Die Verkürzung der vorderen Untergesichtshöhe hatte also auf den Jarabak-Index keine Auswirkung. Das könnte bedeuten, dass auch die hintere Gesichtshöhe verhältnismäßig verkürzt war. Endo et al. (2005) konnten bei Japanern mit Hypodontie keine Abweichungen der hinteren Gesichtshöhe feststellen.

Diskussion des Unterkieferwachstums

Das Unterkieferwachstum wurde in dieser Studie nach der strukturellen Methode nach Björk (1969) analysiert. Zu den kalkulierten Strukturmerkmalen gehörten unter anderem auch der Kieferwinkel und der Hasund-Index die auch im statistischen Teil der Arbeit berücksichtigt wurden. Der signifikant vergrößerte Hasund-Index, deutet auf ein horizontales Unterkieferwachstum hin, da mit einem verstärkten sagittalen Wachstum des Kiefers häufig eine Verkürzung der unteren vorderen Gesichtshöhe verbunden ist.

Für ein neutrales Unterkieferwachstum spricht der innerhalb der Norm liegende Kieferwinkel. Der Normwert von 126 Grad wurde auch in den deutschen Studien von Lisson et al. (2005) und Bauer et al. (2009) an deutschen Probanden verwendet. Während Bauer et al. (2009), die das Wachstum von Personen mit Hypodontie untersuchten, leicht verkleinerte Kieferwinkel, also vorwiegend Werte kleiner 126 Grad, fanden, konnten Lisson et al. (2005) keine signifikante Abweichung vom Normwert feststellen. Auch Endo et al. (2005) stellten bei japanischen Hypodontiepatienten keine Veränderungen des Kieferwinkels fest. Eine Vergrößerung des Kieferwinkels bei Personen mit Nichtanlagen wurde in keiner Studie beobachtet.

Auch die Fazialachse kann einen Hinweis auf die Wachstumsrichtung des Unterkiefers liefern. Größere Winkel sprechen für ein eher horizontales, kleinere für ein vertikales Wachstum. Der für das Untersuchungsgut dieser Studie kalkulierte Mittelwert lag innerhalb des Streubereiches der Norm. Die Fazialachse war also weder verkleinert noch vergrößert, was auf ein neutrales Wachstum der Mandibula hindeutet.

Diskussion des vertikalen und sagittalen Frontzahnüberbisses

Die Messungen an Gipsmodellen ergaben einen deutlich vergrößerten mittleren vertikalen Frontzahnüberbiss und einen mäßig vergrößerten sagittalen Frontzahnüberbiss. In der gesamten Untersuchungsgruppe sowie in jeder der 3 Untergruppen war der mittlere vertikale

Frontzahnüberbiss nahezu doppelt so groß wie der entsprechende Normwert von 2 mm. Einen ähnlichen Wert (3,7 mm) fanden auch Chung et al. (2000) in einer Untersuchungsgruppe von britischen Probanden. Auch Dermout et al. (1986) beobachteten Tiefbissituationen bei Personen mit Nichtanlagen deutlich häufiger als bei Personen mit Vollbezahnung. Der Tiefbiss kann nachteilige Auswirkungen auf das gesamte Kauorgan haben. So konnten verstärkte (Frontzahn-) Abrasion, Parodontitis und Zahnverlust durch Überbelastung sowie Arthropathien und craniomandibuläre Dysfunktionen mit dem Tiefbiss in Zusammenhang gebracht werden (Kahl-Nieke, 2001).

Bei starker Ausprägung dieser Anomalie kann es außerdem zu traumatischen Einbissen in die Schleimhaut des Gaumens kommen. Der Tiefbiss stellt daher eine kieferorthopädische Behandlungsindikation dar. Da die Hypodontie den Ergebnissen dieser Studie zufolge auffallend häufig mit Tiefbissituationen vergesellschaftet ist, sollten Personen mit Nichtanlagen diesbezüglich untersucht werden, um gegebenenfalls schnell eine Therapie einleiten zu können. Bei Kindern und Jugendlichen werden hierfür oft funktionskieferorthopädische (FKO) Geräte, aber auch Plattenapparaturen gewählt (Kahl-Nieke, 2001).

Ein Zusammenhang zwischen verkürzter Untergesichtshöhe und tiefem Biss bei Probanden mit Hypodontie liegt in dieser Studie nahe. Beide Befunde waren stark ausgeprägt und wurden in allen Untergruppen beobachtet. Neben einer anterioren Rotation der Unterkieferbasis wäre auch eine generelle Unterentwicklung des Unterkiefers als Ursache denkbar. Anhaltspunkte dafür wären eine verkürzte Unterkieferbasis (Lisson et al., 2005), ein reduzierter alveolärer Prognathiegrad (Nodal et al., 1994) oder auch der in dieser Studie gefundene reduzierte SNB-Winkel. Anderen Autoren zufolge haben Nichtanlagen permanenter Zähne keine, beziehungsweise nur sehr geringe, Auswirkungen auf das generelle Gesichtswachstum (Øgaard et al., 1995, Bauer et al., 2009).

Die Vergrößerung des sagittalen Überbisses war weit weniger auffallend. Allerdings zeigten sich bei der Untersuchung dieses Wertes Unterschiede zwischen den Untergruppen. Während Personen mit Nichtanlagen nur im Oberkiefer normale sagittale Frontzahnstufen hatten, zeigten Probanden mit Nichtanlagen nur im Unterkiefer signifikant vergrößerte Stufen. Dies könnte mit der sagittalen Einlagerung der Kieferbasen zusammenhängen, wobei durch eine singuläre Retrognathie des Unterkiefers auch die sagittale Stufe vergrößert wäre. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass der Unterschied zwischen den eher kleinen Untersuchungsgruppen diesen Parameter betreffend zufällig entstand.

Diskussion der Frontzahnangulation

In vorliegender Studie wurden nur leichte Abweichungen bezüglich der Angulation der Frontzähne und des Interinzisalwinkels gefunden. Die entsprechenden Werte lagen alle innerhalb der Normbereiche, wiesen jedoch eine große Streubreite auf. Die Oberkieferinzisivi waren etwas rekliniert, während die Unterkieferinzisivi neutral inkliniert waren. Daraus ergab sich ein etwas vergrößerter Interinzisalwinkel.

Endo et al. (2004), Øgaard et al. (1995) fanden eine signifikant veränderte Reklination der oberen und unteren Frontzähne und folglich einen deutlich vergrößerten Interinzisalwinkel. Im Gegensatz dazu berichteten die Untersuchungsgruppen um Wisth et al. (1974) und Yüksel et al. (1997) von einer signifikant veränderten Proklination der oberen Frontzähne zusammen mit einem verkleinerten Interinzisalwinkel bei Probanden mit Hypodontie. Wie auch in anderen Studien suggeriert wurde, können Ursachen für Anomalien bei Frontzahnstellungen ein Ungleichgewicht der Balance zwischen Lippen- und Zungendruck oder eine habituelle Einlagerung der Zunge in der Region der Nichtanlagen sein. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass Fehlstellungen vorhandener Zähne bei Personen mit Hypodontie sehr häufig beobachtet werden, sowohl im Front- als auch im Seitenzahnbereich. Widersprüchliche Ergebnisse in der Literatur lassen jedoch vermuten, dass diese individuell zu werten sind und keine generalisierten Aussagen zur Art der Fehlstellungen zulässig sind. Fehlstellungen der Zähne führen häufig zu funktionellen, vor allem im Frontzahnbereich auch zu ästhetischen Einbußen und sollten daher nach genauer Modell- und FRS-Analyse mit geeigneten kieferorthopädischen Geräten therapiert werden.

Diskussion der Wachstumsanalyse

Jede kieferorthopädische Behandlung bei Kindern und Jugendlichen wird durch das Wachstum beeinflusst (Riolo et al., 1974) und umgekehrt. Das Wachstumsmuster kann sowohl einen positiven als auch einen hemmenden Effekt auf die Behandlung haben und bestimmt damit auch die Auswahl der Behandlungsmechanik (Riolo et al., 1974). Damit ist das Wachstumsmuster von klinischer Relevanz und für den Kieferorthopäden wichtig zur Behandlungsplanung.

Die Vorhersage des Wachstums der Maxilla ist praktisch nicht möglich, da es keine röntgenologisch stabilen Strukturen gibt und keine einheitlichen oder vorhersagbaren Muster bestehen (Segner et al., 1998). Zur Wachstumsanalyse der Mandibula haben sich verschiedene Analyseverfahren bewährt. Die in dieser Studie verwendete strukturelle Methode nach Björk (1969) ist oft hilfreich, extreme Wachstumsmuster frühzeitig zu

erkennen und die Behandlung darauf abzustimmen (Segner et al., 1998). Das Unterkieferwachstum kann als Kombination einer Rotation und einer Translation angesehen werden. Bei der Analysetechnik nach Björk (1969) werden beide Komponenten einzeln ausgewertet, so wie im Methodenteil bereits erläutert. Als problematisch könnte hierbei die subjektive Wertung dreier Parameter angesehen werden. Die subjektive Bewertung von Strukturen ist trotz Zuordnung zu Musterstrukturen vom Betrachter abhängig und selbst dann häufig nicht exakt reproduzierbar. Trotzdem schien diese Methode für die Zwecke der vorliegenden Studie geeignet, denn es sollten hier keine exakten Diagnosen oder Prognosen bezüglich des Wachstums eines Individuums erstellt werden. Vielmehr ging es darum, im Untersuchungsgut klare Tendenzen zu einem bestimmten Wachstumstyp aufzudecken und so herauszufinden, ob Probanden mit Hypodontie bevorzugt einen bestimmten Wachstumstyp besitzen. Um Fehler, die durch die Auswertung mehrerer Untersucher entstehen könnten, zu vermeiden, wurde die Wachstumsanalyse von einem einzigen Untersucher durchgeführt.

Im Hinblick auf das Ziel der Analyse wurde auch bewusst auf eine statistische Auswertung, wie sie für die anderen Parameter erfolgte, verzichtet. Die Ergebnisse der 50 Probanden des Untersuchungsgutes wurden graphisch so dargestellt, dass mögliche Tendenzen in eine Wachstumsrichtung klar ersichtlich wären. Aus den besagten Graphen war abzulesen, dass weder der horizontale noch der vertikale Wachstumstyp dominant war. Am häufigsten war ein neutrales oder annähernd neutrales Unterkieferwachstum zu beobachten, wobei es einzelne Ausreißer sowohl ins vertikale als auch ins horizontale Muster gab.

Die kephalometrischen Analysen in dieser Studie unterstreichen das Ergebnis der Wachstumsanalyse nach Björk (1969). Der ML-NSL-Winkel beschreibt die Divergenz des Unterkiefers zur Schädelbasis. Je nach Rotation der Unterkieferbasis wird die Neigung als Posterior- (vertikaler Wachstumstyp) oder Anteriorneigung (horizontaler Wachstumstyp) definiert (Segner et al., 1998). Da der ML-NSL im Normbereich lag, lässt sich auch von diesem Wert ein neutrales Wachstum ableiten. Ferner korrelieren auch Jarabak-Index und Fazialachse, die beide ebenfalls im Normbereich lagen, mit dem neutralen Wachstumstyp.

Øgaard et al. (1995) folgerten, dass Hypodontie keinen erweiterten Einfluss auf das Wachstum im Allgemeinen hat. Im Gegensatz dazu sahen sich Bauer et al. (2009) durch ihre Ergebnisse in der Annahme bestätigt, dass vor allem Probanden mit posterioren Nichtanlagen zum horizontalen Wachstumsmuster neigen, obwohl dies statistisch nicht belegt werden konnte. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem Wachstumstyp und Nichtanlagen bleibender Zähne gibt. Trotzdem sollte dem Wachstumsmuster vor und während der kieferorthopädischen Behandlung von

Hypodontiepatienten dringend Beachtung geschenkt werden, da es in diesem Probandengut genau wie in der vollbezahnten Population extreme Wachstumstypen gibt, auf die jede Behandlung abgestimmt werden muss.

Schlussfolgerungen

In vorliegender Studie konnten mehrere signifikante Unterschiede in der kraniofazialen Morphologie zwischen Probanden mit Nichtanlagen permanenter Zähne und Personen mit Vollbezahnung beobachtet werden.

Die Retrognathie eines Kiefers mit 2 und mehr Nichtanlagen kann durch den negativen Einfluss der fehlenden Zahnanlagen auf das Kieferwachstum erklärt werden. Umso wichtiger ist es, bei der Behandlung von Hypodontiepatienten im Kindesalter darauf zu achten, das Wachstum durch prothetischen Zahnersatz oder kieferorthopädische Geräte nicht zu behindern, sondern gegebenenfalls wachstumsfördernde Maßnahmen zu ergreifen.

Der häufig gemeinsam mit einer verkürzten unteren Gesichtshöhe beobachtete tiefe Frontzahnüberbiss kann nachteilige Auswirkungen auf Zähne, Kiefergelenke und Kaumuskulatur haben und sollte schon im Wechselgebiss behandelt werden.

Das Leitsymptom „Nichtanlage“ erfordert in jedem Fall eine umfassende individuelle Diagnostik aller kraniofazialen Strukturen und eine vorausschauende Behandlungsplanung, gegebenenfalls mit interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopäden und Fachärzten anderer Disziplinen (Behr et al., 2008). Bei der Behandlung von Hypodontiepatienten sollte der Fokus nicht allein auf das Fehlen der Zähne gerichtet werden, sondern speziell auch auf kraniofaziale Anomalien, die in wissenschaftlichen Studien mit Hypodontie in Zusammenhang gebracht werden können.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von Nichtanlagen permanenter Zähne auf die kraniofaziale Morphologie und das Wachstum aufzudecken. Speziell sollten auch Unterschiede, die sich ergeben, wenn Nichtanlagen nur im Oberkiefer, nur im Unterkiefer oder in beiden Kiefern auftreten, untersucht werden.

Wir bestimmten Daten von 33 weiblichen und 17 männlichen Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums in Regensburg. Die Personen waren zwischen 9 und 14 Jahre alt und hatten mindestens 2 Nichtanlagen in einem der beiden Kiefer. Die insgesamt 50 Kinder wurden in 3 Untergruppen unterteilt: Gruppe 1: Nichtanlagen im Oberkiefer; Gruppe 2: Nichtanlagen im Unterkiefer; Gruppe 3: Nichtanlagen in beiden Kiefern.

11 Winkel, 2 Index und 3 Streckenmessungen wurden an den Fernröntgenseitenbildern und Gipsmodellen berechnet. Alle Daten wurden statistisch ausgewertet und mit modifizierten Normwerten nach Segner et al. (1998) verglichen. Parameter, die in dieser Auswertung statistisch signifikante Abweichungen von den Normen zeigten, wurden in jeder Untergruppe erneut ausgewertet und mit denselben Normwerten verglichen.

In der Untersuchungsgruppe der Hypodontiepatienten wurden bimaxillärer Retrognathismus, eine Verkürzung der unteren vorderen Gesichtshöhe sowie ein vergrößerter vertikaler und sagittaler Frontzahnüberbiss festgestellt. Bei der Analyse der Untergruppen zeigte sich, dass eine signifikante Retrognathie nur in Kiefern mit Nichtanlagen permanenter Zähne zu beobachten war, während die vollbezahnten Gegenkiefer neutral eingelagert waren. Eine Verkürzung der unteren vorderen Gesichtshöhe sowie ein vergrößerter vertikaler Überbiss wurden in allen Untergruppen beobachtet.

Die strukturelle Wachstumsanalyse nach Björk (1969) ergab, dass neutrale und wenig extreme Wachstumsmuster bei Personen mit Hypodontie am häufigsten vorkommen. Ein eindeutiger Trend zum horizontalen oder zum vertikalen Wachstumstyp war nicht zu erkennen.

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen, dass Unterschiede in der kraniofazialen Morphologie zwischen Personen mit angeborenen Nichtanlagen permanenter Zähne und Personen mit Vollbezahnung bestehen. Ein Wachstumsdefizit der Kieferbasen und ein verkürztes Untergesicht mit tiefem Frontzahnüberbiss waren die gravierendsten Unterschiede. Diesen Besonderheiten sollte bei der Behandlung von Hypodontiepatienten Beachtung geschenkt werden.

7 Literatur

- Akcicek S, J, 2008. Zahndurchbruchszeiten der bleibenden Dentition bei Jungen und Mädchen der Stadt Straßburg. Med. dent. Diss. Hamburg.
- Akkad, A, S, Bächle, M, Kohal, R, 2006. Prothetische Versorgung eines 6-jährigen Kindes mit Hypodontie. Schweiz. Monatsschr. Zahnmed. 116: 627-635.
- Ayub, M, Rehman, F, Yasinzaï, M, Ahmad, W, 2010. A novel missence mutation in the ectodysplasin-A (EDA) gene underlies X-linked recessive nonsyndrmic hypodontia. Intern. J. Dermatol. 49:1399-1402.
- Backman, B, Wahlin, Y, B, 2001. Variations in number and morphology of permanent teeth in 7-year-old Swedish children. Internat. J. Paediat. Dent 11: 11-17.
- Bartzela, T, N, Carels, C, E, Bronkhorst, E, M, Ronning, E, Rizell, S, Kuijpers-Jagtman, A, M, 2010. Thooth agenesis pattern in bilateral cleft lip and palate. Eur. J. Oral Sci. 118: 47-52.
- Bauer, N, Heckmann, K, Sand, A, Lisson, J, A, 2009. Craniofacial Growth Patterns in Patients with congenitally Missing Permanent Teeth. J. Orofac. Orthop. 70: 139-151.
- Behr, M, Proff, P, Leitzmann, M, Pretzel, M, Handel, G, Schmalz, G, Driemel, O, Reichert, T, E, Koller, M, 2011. Survey of congenitally missing teeth in orthodontic patients in Eastern Bavaria. Europ. J. Orthod. 33: 32-36.
- Behr, M, Driemel, O, Mertins, V, Gerlach, T, Kolbeck, C, Rohr, N, Reichert, T, E, Handel, G, 2008. Concepts for the treatment of adolescent patients with missing permanent teeth. Internat. J. Oral Maxofac. Surg. 12: 49-60.
- Ben-Bassat, Y, Brin, I, 2003. Skeletodental patterns in patients with multiple congenitally missing teeth. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 124: 521-525.
- Bergendal, T, Eckerdal, O, Hallonsten, A, L, Koch, G, Kurol, J, Kvint, S, 1991. Osseointegrated implants in the oral rehabilitation of a boy with ectodermal dysplasia: a case report. Internat. Dent. J. 41: 149-156.

Berkovitz, B, K, B, Holland, G, R, Moxham B, J 2009. Oral Anatomy, Histology and Embryology. 4th Ed. Edinburgh, London, New York: Mosby.

Björk, A, 1963. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by the implant method. J. Dent. Res. 42: 400-411.

Björk, A, 1968. The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application. Am. J. Phys. Anthropol. 29: 243-254.

Björk, A, 1969. Prediction of mandibular growth rotation. Am. J. Orthod. 55: 585-599.

Bondarets, N, Mc Donald, F, 2000. Analysis of the vertical facial form in patients with severe hypodontia. Am. J. Phys. Anthropol. 111: 177-184.

Broadbent, B, H, 1931. A new x-ray technique and its application to orthodontics. Angle Orthod. 1: 45-66.

Brodie, A, G, 1949. Cephalometric roentgenology: History, techniques and uses. J. Oral. Surg. 7: 185-198.

Brook, A, H, 1984. A unifying aetiological explanation for anomalies of human tooth number and size. Arch. Oral Biol. 29: 373-378.

Burzynski, N, J Escobar, V, H, 1983. Classification and genetics of numeric anomalies of dentition. Birth Def. Orig. Art. Ser. 19: 95-106.

Chung, L, K, Hobson, R, S, Nunn, J, H, Gordon, P, H, Carter, N, E, 2000. An analysis of the skeletal relationship in a group of young people with hypodontia. J. Orthod. 27: 315-318.

Courtney, J, M, Blackburn, J, Sharpe, P, T, 2005. The ectodysplasia and NfκB signalling pathways in odontogenesis. Arch. Oral Biol. 50: 159-163.

Créton, M, A, Cune, M, S, Verhoeven, W, Meijer, G, J, 2007. Patterns of missing teeth in a population of oligodontia patients. Internat. J. Prosthodont. 20: 409-413.

Cronin, R, J, Oesterle, L, J, Ranly, D, M, 1994. Mandibular implants and the growing patient. *Internat. J. Oral Maxillofac. Impl.* 9: 55-62.

Dalben, S, Das Neves, L, T, Gomide, M, R, 2006. Oral findings in patients with Apert syndrome. *J. Appl. Oral Sci.* 14: 465-469.

Davis, P, J, 1987. Hypodontia and Hyperodontia of permanent teeth in Hong Kong schoolchildren. *Community Dent. Oral Epidem.* 15: 218-220.

De Coster, P, J, Marks, L, C, Huysseune, A, 2009. Dental agenesis and clinical perspectives. *Oral Pathol. & Med.* 38: 1-17.

Dermaut, L, R, Goeffers, K, R, De Smit, A, A, 1986. Prevalence of tooth agenesis correlated with jaw relationship and dental crowding. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthoped.* 90: 204-210.

DGKFO 1997. Indikation und Häufigkeit von Röntgenaufnahmen im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie. *J. Orofac. Orthoped.* 58: 286-287.

Downs, W, B, 1956. Analysis of dentofac profile. *Angle Orthod.* 26: 191-212.

Drescher, D, 2000. Fernröntgenseitenanalyse. In Dietrich, P (Hrsg). *Praxis der Zahnheilkunde Bd 11: Kieferorthopädie 1*, 4. Aufl., München, Jena: Urban und Fischer, 263-291.

Endo, T, Ozoe, R, Yoshino, S, Shimooka, S, 2005. Hypodontia patterns and Variations in craniofacial Morphology in Japanese Orthodontic patients. *Angle Orthod.* 76: 996-1003.

Endo, T, Yoshimo, S, Ozoe, R, Kojima, K, Shimooka, S, 2004. Association of advanced hypodontia and craniofacial morphology in Japanese orthodontic patients. *Odontol.* 92: 48-53.

Fan, H, Ye, X, Shi, L, Yin, W, Hua, B, Song, G, Shi, B, Bian, Z, 2008. Mutations in the EDA gene are responsible for X-linked hypohidrotic ectodermal dysplasia and hypodontia in chinese kindreds. *Eur. J. Oral Sci.* 116: 412-417.

Forgie, A, H, Thind, B, S, Larmour, C, J, Mossey, P, A, Stirrups, D, R, 2005. Management of hypodontia: restorative considerations. Part 3: *Quintessence Internat.* 36: 437-445.

Friedrich, R, E, Leist, A, Scheuer, H, A, 2008. Die Durchbruchzeiten der permanenten Dentition bei Kindern und Jugendlichen im Saarland. Arch. Kriminol. 222: 73-104.

Giray, B, Akca, K, Iplikcioglu, H, Akca, E, 2003. Two-year follow-up of a patient with oligodontia treated with implant- and tooth-supported fixed partial dentures: a case report. Internat. J. Oral Maxillofac. Impl. 18: 905-911.

Harzer, W, Eckelt, U, Walter, M, 2008. Nichtanlage bleibender Zähne-, Diagnostik und Therapieempfehlung. Zahnmed. up2date 5: 451-478.

Harzer, W, Hetzer, G, 1987. Zur Dentition permanenter Zähne-Längsschnittuntersuchung an 250 Schulkindern zwischen dem 7. und 15 Lebensjahr. Zahn Mund Kieferheilk. 75: 779-785.

Hasund, A, Boe, O, Jenatschke, F, Norderval, K, Thunold, K, Wisth, P, J, 1972. Klinische Kephalometrie für die Bergen-Technik. 1. Aufl. Universität Bergen.

Hobkirk, J, A, Brook, A, H, 1980. The management of patients with severe hypodontia. J. Oral Rehabil. 7: 289-298.

Honda, M, J, Tsuchiya, S, Sumita, Y, Sagara, H, Ueda, M, 2007. The sequential seeding of epithelial and mesenchymal cells for tissue-engineered tooth regeneration. Biomaterials 28: 680-689.

Johnson, E, L, Roberts, M, W, Guckes, A, D, Bailey, L, J, Phillips, C, L, Wright, J, T, 2002. Analysis of craniofac development in children with hypohidrotic ectodermal dysplasia. Am. J. Med. Genet. 112: 327-334.

Kahl-Nieke, B, 2001. Einführung in die Kieferorthopädie 2. Aufl. München, Jena: Urban & Fischer.

Kirzioğlu, Z, Kösel, S, Ozay, E, M, S, Karayilmaz, H, 2005. Clinical features of hypodontia and associated dental anomalies: a retrospective study. Internat. J. Oral Dis. 11: 399-404.

Kochhar, R, Richardson, A, 1998. The chronology and sequence of eruption of human permanent teeth in Northern Ireland. Internat. J. Paed. Dent. 8: 243-252.

- Kumasaka, S, Miyagi, A, Sakai, N, Shindo, J, Kashima, I, 1997. Oligodontia: a radiographic comparison of subjects with Down syndrom and normal subjects. *Spec. Care Dent.* 17: 137-141.
- Lisson, J, A, Scholtes, S, 2005. Investigation of Craniofacial Morphology in Patients with Hypo- and Oligodontia. *J. Orofac. Orthoped.* 66: 1997-1207.
- Liu, H, Gronthos, S, Shi, S, 2006. Dental pulp stem cells. *Methods Enzymol.* 419: 99-113.
- Mattheeuws, N, Dermaut, L, Martens, G, 2004. Has Hypodontia increased in Caucasians during the 20th century? A meta-analysis. *Eur. J. Orthod.* 26: 99-103.
- Moss, M, L, Salentijn, L, 1969. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am. J. Orthod.* 55: 566-577.
- Mostowska, A, Kobiela, A, Trzeciak, W, H, 2003. Molecular basis of non syndromic tooth agenesis: mutations of *MSX1* and *PAX9* reflect their role in patterning human dentition. *Eur. J. Sci.* 111: 365-370.
- Müller, R, Runte, C, 2010. Stimme und Sprache aus phoniatischer und zahnärztlicher Sicht. *Zahnmed. up2date* 2: 191-209.
- Nabadalung, D, P, 1999. Prosthodontic rehabilitation of an anhidrotic ectodermal dysplasia patient: a clinical report. *J. Prosthet. Dent.* 81: 499-502.
- Näsmann, M, Forsberg, C, M, Dahllöf, G, 1997. Long-term dental developement in children after treatment for malignant disease. *Eur. J. Orthod.* 19: 151-159.
- Nodal, M, Kjaer, I, Solow, B, 1994. Craniofacial morphology in patients with mutiple congenitally missing permanent teeth. *Eur. J. Orthod.* 16: 104-109.
- Odegaard, J, 1970. Mandibular rotation studied with the aid of metallic implants. *Am. J. Orthod.* 58: 448-54.

Øgaard, B, Krogstad, O, 1995. Craniofacial structure and soft tissue profile in patients with severe hypodontia. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 108: 472-477.

Pigno, M, A, Blackman, R, B, Cronin, R, J, Cavazos, E, 1996. Prostodontic management of ectodermal dysplasia. A clinical report. *J. Prosth. Dent.* 76: 541-545.

Polder, B, J, Van't Hof, M, A, Van der Linden, F, P, G, M, Kuijpers-Jagtman, A, M, 2004. A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth. *Community Dent. Oral Epidemiol.* 32: 217-226.

Ravn, J, J, Nielsen, H, G, 1977. A longitudinal radiographic study of the mineralization of 2nd premolars. *Skand. J. Dent. Res.* 85: 232-236.

Ricketts, R, 1972. The value of cephalometrics and computerized technology. *Angle Orthod.* 42: 179-199.

Riolo, M, L, Moyers, R, E, Mc Namara, J, 1974. An atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from the University school growth study, the University of Michigan. Ann Arbor MI: Center for human Growth and Development, University of Michigan.

Roald, K, L, Wisth, P, J, Bøe, O, E, 1982. Changes in craniofacial morphology in individuals with hypodontia between the ages of 9 and 16. *Acta Odontol. Scand.* 40: 65-74.

Rolling, S, Poulsen, S, 2001. Oligodontia in Danish schoolchildren. *Acta Odontol. Scand.* 59: 111-112.

Rupp, R, P, Dillehay, J, K, Squire C, F, 1997. Orthodontics, prostodontics and periodontics: a multidisciplinary approach. *Gen. Dent.* 45: 286-89.

Sarnäs, K-V, Rune, B, J, 1983. The facial profile in advanced hypodontia: a mixed longitudinal study of 141 children. *Eur. J. Orthod.* 5: 133-143.

Schalk-van der Weide, Y, Beemer F, A, Faber, J, A, Bosman, F, 1994. Symptomatology of patients with oligodontia. *J. Oral Rehabil.* 21: 247-261.

- Schopf, P, 1991. Curriculum Kieferorthopädie. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH.
- Segner, D, Hasund, A, 1998. Individualisierte Kephalemetrie. 3. Aufl. Hamburg: Dietmar Segner Verlag und Vertrieb.
- Seo, B, M, Miura, M, Sonoyama, W, Coppe, C, Stanyon, R, Shi, S, 2005. Recovery of stem cells from cryopreserved periodontal ligament. J. Dent. Res. 9: 907-912.
- Silverman, N, E, Ackerman, J, L, 1979. Oligodontia: A study of its prevalence and variation. ASDC J. Dent. Child. 46: 470-477.
- Smith, R, A, Vargervik, K, Kearns, G, Bosch, C, Koumjian, J, 1993. Placement of an endosseous implant in a growing child with ectodermal dysplasia. Oral Surg., Oral Med., Oral Pathol. 75: 669-673.
- Steiner, C, C, 1953. Cephalometrics for you and me. Am. J. Orthod. 39: 729-735.
- Suri, S, Ross, R, B, Tompson B, D, 2006. Mandibular morphology and growth with and without hypodontia in subjects with Pierre Robin sequence. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 130: 37-46.
- Vastardis, H, 2000. The genetics of human tooth agenesis: new discoveries for understanding dental anomalies. Am. J. Orthod. Dentofac. Orthoped. 117: 650-656.
- Wang, Y, Groppe, J, C, Wu, J, Ogawa, T, Mues, G, D' Souza, R, Kapadia, H, 2009. Pathogenic mechanism of tooth agenesis linked to paired domain mutations in human PAX9. Oxford J. Life Sci.&Med. 18: 2863-2874.
- Wingberg, J, P, 1984. Computerunterstützte Kephalemetrie nach der Bergen Technik. Med. Diss. Hamburg.
- With, P, J, Thunold, K, Bøe, O, E, 1974. The craniofacial morphology of individuals with hypodontia. Acta Odont. Scand. 32: 293-302.

Woodworth, D, A, Sinclair, P, M, Alexander, R, G, 1985. Bilateral congenital absence of maxillary lateral incisors: a craniofac and dental cast analysis. *Am. J. Orthod.* 87: 280-293.

Worsaae, N, Jensen, B, N, Holm, B, Hoisko, J, 2007. Treatment of severe hypodontia-oligodontia-an interdisciplinary concept. *Internat. J. Oral Maxillofac. Surg.* 36: 473-480.

Yamaguchi, T, Tomoyaso, Y, Nakadate, T, Oguchi, K, Maki, K, 2008. Allergy as a possible factor for Hypodontia. *Eur. J. Orthod.* 30: 641-644.

Yüksel, S, Ücem, T, 1997. The effect of tooth agenesis on dentofac structures. *Eur. J. Orthod.* 19: 71-78.

8 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

9 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Amelia Lisa Kreczi

Geburtsdatum: 03.02.1986

Geburtsort: Linz an der Donau, Österreich

Eltern: Dr. Thomas Kreczi, Dr. Ulrike Kreczi

Geschwister: Jakob Kreczi, Lucia Kreczi, Felizia Kreczi

Bildungsweg:

- 1992-1996 Grundschule: VS 39 St. Margarethen in Linz
- 1996-1998 Körnergymnasium in Linz
- 1998-2002 Realgymnasium Kollegium Aloisianum in Linz
- 2002 Austauschjahr in Australien St. Paul's Anglican Grammar School in Warragul (Victoria)
- 2003-2004 Realgymnasium Kollegium Aloisianum in Linz
- 7/2004 Matura am Realgymnasium Kollegium Aloisianum in Linz
- 2004-2009 Studium der Zahnmedizin an der Universität Regensburg
- 12/2009 Staatsexamen Zahnmedizin an der Universität Regensburg

Berufliche Tätigkeit:

- 4/2010-2/2011 Vorbereitungsassistentin in der Praxis Dr. Träder in Groß-Umstadt
- 10/2010 Curriculum Endodontie (DSGE)
- seit 4/2011 Vorbereitungsassistentin in der Praxis Dres. Werner in Bad Füssing

10 Danksagung

Vielen Dank an Prof. Dr. Dr. Proff für die Überlassung des Themas. Er stellte mir das Untersuchungsmaterial zur Verfügung und stand mir mit Rat und Tat zur Seite.

Danke an Prof. Dr. Fanghänel für das sorgfältige Korrekturlesen der Arbeit.

Auch danke an Priv.-Doz. Dr. Faltermeier, der mir fachlich beistand, stets erreichbar war und mir die Zeit zum Arbeiten und Schreiben gab, die ich brauchte.

Danke an meine Eltern, meine Großmütter, Geschwister und an meinen Freund, die mich allesamt während des Studiums und beim Schreiben dieser Arbeit unterstützt und ermutigt haben.