

Aus dem medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg
und des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Ulrich Lotzmann

Abteilung für Kieferorthopädie
Leiter: Prof. Dr. J.M.H. Dibbets

Midpalatinale Sutur Expansion gemessen an Implantaten nach Björk

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

Dem Fachbereich Medizin der
Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Falk-Friedrich von Haussen
aus Marburg/ Lahn

Marburg an der Lahn 2006

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Philipps-Universität Marburg am 20.04.2006

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Professor Dr. B. Maisch

Referent: Professor Dr. J. M. H. Dibbets

Koreferent: Professor Dr. H. Pancherz

Für meine Frau Judith
und
meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	4
2.1. Material.....	4
2.1.1. Studie I: Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method. Skieller (1964).....	4
2.1.2. Studie II: Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period. Krebs (1964).....	7
2.2. Methoden.....	11
2.2.1. Implantat Methode nach Björk.....	11
2.2.2. Vermessung der gegebenen Graphiken.....	11
2.2.3. Berechnung des durchschnittlichen Wachstums pro Jahr.....	14
2.2.3.1. Im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris.....	14
2.2.3.2. Im Bereich des Zahnbogens.....	15
2.2.4. Berechnung der Röntgenvergrößerung.....	16
2.2.5. Beschreibung der Variablen.....	17
2.2.5.1. Gruppe (1).....	17
2.2.5.2. Geschl (2).....	17
2.2.5.3. Alter (3).....	18
2.2.5.4. Post_ex (4).....	18
2.2.5.5. Post_exr (5).....	18
2.2.5.6. Ende (6).....	19
2.2.5.7. Ender (7).....	19
2.2.5.8. Maxexp (8) und Maxexpr (9).....	19
2.2.5.9. Altmaxex (10).....	19
2.2.5.10. Rezidiv (11).....	20
2.2.5.11. Rezidivr (12).....	20
2.2.5.12. Altrezma (13).....	20
2.2.5.13. Deltimre (14).....	20
2.2.5.14. Alt1post (15).....	21
2.2.5.15. Exp1post (16).....	21
2.2.5.16. Ex1postr (17).....	21
2.2.5.17. Expowach (18).....	21

Inhaltsverzeichnis

2.2.5.18. Strezdet (19).....	22
2.2.5.19. Rezowach (20).....	22
2.2.6. Statistische Methoden.....	22
2.2.6.1. Signifikanzniveau.....	22
2.2.6.2. Mittelwertberechnung und Median.....	22
2.2.6.3. Standardabweichung und Varianz.....	23
2.2.6.4. Korrelationsanalyse.....	23
2.2.6.5. Streudiagramm	23
2.2.6.6. Kolmogrov-Smirnov-Test.....	24
2.2.6.6. U-Test von Mann-Whitney.....	24
3. Ergebnisse.....	25
3.1. Methodenfehler.....	25
3.2. Altersverteilung des Patientenkollektives.....	25
3.3. Test auf Normalverteilung.....	27
3.4. Mittelwerte.....	28
3.5. Ergebnisse der Korrelationsanalyse.....	33
3.5.1. Ergebnisse der Korrelationsanalyse des Zahnbogen und der Sutur separat betrachtet.....	33
3.5.1.1. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der maximal erzielten Erweiterung (9).....	33
3.5.1.2. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der erhaltenen Erweiterung ein Jahr nach maximaler Erweiterung (17).....	34
3.5.1.3. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit der erhaltenen Erweiterung ein Jahr danach (17).....	35
3.5.1.4. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit dem Ausmaß des Rezidives ein Jahr nach maximaler Erweiterung (20).....	35
3.5.1.5. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit dem Verlust an Erweiterung ein Jahr nach maximaler Erweiterung (20).....	36
3.5.1.6. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit dem maximalen Verlust an Erweiterung (12).....	36
3.5.1.7. Korrelation des maximalen Verlustes an Erweiterung (12) mit dem Verlust an Erweiterung nach einem Jahr (20).....	37

Inhaltsverzeichnis

3.5.1.8. Korrelation des Verlust der Erweiterung nach einem Jahr (20) mit der Zeitdauer von dem Zeitpunkt der maximalen Erweiterung bis zum Erreichen des maximalen Rezidives (14).....	37
3.5.1.9. Korrelation des Verlustes der Erweiterung nach einem Jahr (20) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19).....	38
3.5.1.10. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19).....	38
3.5.1.11. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19).....	39
3.5.2. Korrelation zwischen den erzielten Ergebnissen im Bereich der Sutur und den Ergebnissen im Bereich des Zahnbogens.....	39
3.5.2.1. Korrelation der maximalen Erweiterungen (9).....	39
3.5.2.2. Zeitraum von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt.....	40
3.5.2.3. Korrelation der erhaltenen Erweiterungen nach einem Jahr (17).....	40
3.5.2.4. Korrelation der Rezidive ein Jahr nach Erreichen der maximalen Erweiterung (20).....	40
3.6. Mittelwertvergleiche mit t-Test. Vergleich unter den Gruppen Skieller und Krebs.....	40
3.6.1. Mittelwertvergleich des Alters (3) in den Untergruppen.....	40
3.6.2. Mittelwertvergleich im Bereich des Zahnbogens zwischen den Untergruppen.....	41
3.6.2.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) zwischen den Untergruppen.....	41
3.6.2.2. Mittelwertvergleich der erhaltenen Erweiterung zu Studienende (7) zwischen den Untergruppen.....	41
3.6.2.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und (20) zwischen den Untergruppen	42
3.6.2.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv mehr auftritt (14) zwischen den Untergruppen.....	42
3.6.3. Mittelwertvergleich im Bereich der Sutur zwischen den Untergruppen.....	42
3.6.3.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) in zwischen den Untergruppen.....	43

Inhaltsverzeichnis

3.6.3.2. Mittelwertvergleich der erhaltene Erweiterung zu Studienende (6) zwischen den Untergruppen.....	43
3.6.3.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und (20) zwischen den Untergruppen.....	43
3.6.3.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) zwischen den Untergruppen.....	44
3.7. Mittelwertvergleiche mit t-Test. Vergleich unter den Geschlechtern.....	44
3.7.1. Mittelwertvergleich des Alters (3) unter den Geschlechtern.....	44
3.7.2. Mittelwertvergleich im Bereich des Zahnbogens unter den Geschlechtern...	44
3.7.2.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) unter den Geschlechtern.....	45
3.7.2.2. Mittelwertvergleich der erhaltene Erweiterung zu Studienende (7) unter den Geschlechtern.....	45
3.7.2.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und (20) unter den Geschlechtern.....	45
3.7.2.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) unter den Geschlechtern.....	45
3.7.3. Mittelwertvergleich im Bereich der Sutur unter den Geschlechtern.....	46
3.7.3.1. Mittelwertvergleich der Maximale Erweiterung (9) unter den Geschlechtern.....	46
3.7.3.2. Mittelwertvergleich der erhaltener Erweiterung zu Studienende (6) unter den Geschlechtern.....	46
3.7.3.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und (20) unter den Geschlechtern.....	47
3.7.3.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) unter den Geschlechtern.....	47
4. Diskussion.....	48
4.1. Vergleich der Erweiterung im Zahnbogen mit der Erweiterung im Bereich der Implantate.....	48
4.2. Abhängigkeit der Expansion vom Alter und vom Geschlecht.....	54

Inhaltsverzeichnis

4.3. Erfolg der Expansion in der Nachbeobachtung.....	55
4.4. Korrelation zwischen den Werten im Bereich der Implantate und den Werten im Bereich des Zahnbogens.....	57
4.5. Vergleich der Mittelwerte zwischen den Studiengruppen von Krebs (1964) und Skieller (1964).....	58
5. Zusammenfassung.....	62
6. Schlussbemerkung.....	64
7. Literaturverzeichnis.....	65
8. Anhang.....	70
8.1. Variablen Beschreibung.....	70
8.1.1. Pat.....	70
8.1.2. Gruppe (1)	70
8.1.3. Geschl (2)	70
8.1.4. 0x.....	70
8.1.5. ax, bx usw.	71
8.1.6. ay, by usw.	71
8.1.7. Alter (3) und r0y.....	71
8.1.8. rax, rbx usw.	72
8.1.9. ray, rby usw.	72
8.1.10. Post_ex (4).....	72
8.1.11. Post_exr (5).....	72
8.1.12. Ende (6).....	73
8.1.13. Ender (7).....	73
8.1.14. Maxexp (8) und Maxexpr (9).....	73
8.1.15. Altmaxex (10).....	74
8.1.16. Rezidiv (11).....	74
8.1.17. Rezidivr (12).....	74
8.1.18. Altrema (13).....	74
8.1.19. Deltimre (14).....	74
8.1.20. Exp1ppix.....	75
8.1.21. Alt1ppix.....	75

Inhaltsverzeichnis

8.1.22. Alt1post (15).....	75
8.1.23. Exp1post (16).....	75
8.1.24. Rex1post (17).....	75
8.1.25. Expowach (18).....	76
8.1.26. Strezdel (19).....	76
8.1.27. Rezowach (20).....	76
8.2. Tabellen.....	77
8.2.1. Pixel Gruppe Skieller Dental.....	77
8.2.2. Pixel Gruppe Skieller Sutur.....	77
8.2.3. Gruppe Krebs dental Pixel.....	78
8.2.4. Gruppe Krebs Sutur Pixel.....	79
8.2.5. Umgerechnete Werte Gruppe Skieller Dental.....	80
8.2.6. Umgerechnete Werte Gruppe Skieller Sutur.....	80
8.2.7. Umgerechnete Werte Gruppe Krebs dental.....	81
8.2.8. Umgerechnete Werte Gruppe Krebs sutur.....	82
8.2.9. Arbeitvariablen Gruppen Skieller und Krebs dental.....	83
8.2.10. Arbeitvariablen Gruppen Skieller und Krebs sutur.....	84
8.3. Variablenlisten.....	86
8.3.1. Variablenliste für Variablen im Bereich des Zahnbogens.....	86
8.3.2. Variablenliste für Variablen im Bereich der Implantate.....	86

1. Einleitung

Ein uni- oder bilateraler Kreuzbiss im Seitenzahnggebiet wird als eine der häufigsten Malocclusionsformen bei kaukasischen Kindern beschrieben und tritt laut Literaturangaben bei 8-23% der Bevölkerung auf (Kuroi 1992, Kutin und Hawes 1969, Hanson et al. 1970, da Silva et al. 1991). In der afrikanischen Bevölkerung liegt die Häufigkeit des Kreuzbisses dagegen mit 1-2% wesentlich niedriger (Infante 1975, Kerosuo 1990). Die transversale Erweiterung im Oberkiefer bei uni- oder bilateralem Kreuzbiss ist eine anerkannte und oft durchgeführte, kieferorthopädische Therapieform zur Behandlung dieses Fehlbisses. Es gibt eine ausschließlich kieferorthopädische Behandlungsmethode mit zahnfixierten oder herausnehmbaren Apparaturen zur Weitung des Oberkiefers, so wie eine kombinierte Form der Behandlung mit chirurgischer Unterstützung, in der eine sagittale Spaltung des Oberkiefers im Bereich der Gaumennaht vorgenommen wird.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Effizienz der ausschließlich kieferorthopädischen Therapie. Untersucht werden die unterschiedlichen Therapieerfolge einer transversalen Erweiterung des Oberkiefers, mit einer schnellen Expansion, im angloamerikanischen auch kurz als RME (rapid maxillary expansion) bezeichnet, mit einer festsitzenden Apparatur und einer langsamen Expansion, mit einer herausnehmbaren Apparatur. Bei der schnellen, transversalen Erweiterung wird mit relativ großen Kräften über einen relativ kurzen Zeitraum expandiert, während bei der langsamen Expansion mit geringeren physiologischen Kräften gearbeitet wird.

Die Arbeit untersucht nicht nur die Ergebnisse der beiden Therapieformen in Bezug auf die Zahnstellung, sondern auch die tatsächlich kieferorthopädische Auswirkung auf die skelettale Basis des Oberkiefers. Grundlage der Arbeit bilden die Studien, „Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method“ von Skieller (1964) und „Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period“ von Krebs (1964), die beide auf der „Transactions of the European Orthodontic Society“ im Jahre 1964 vorgestellt wurden.

Der Grund, die Arbeit auf Basis dieser alten Daten durchzuführen, liegt in der Qualität der Daten, bzw. im Design der damaligen Studien. Die Messung der transversalen Erweiterung im Oberkiefer im skelettalen Bereich wurde durch die

Einleitung

Implantation von 0,6 x 2,0mm großen Vitallium Implantaten im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris nach der Methode von Björk vereinfacht und so die Genauigkeit erhöht. Durch die Röntgenopazität ist eine sehr präzise und reproduzierbare Identifikation der Implantate auf den während der Studie erstellten Kontrollröntgenaufnahmen möglich.

Da die Implantation solcher Implantate einen nicht unerheblichen Mehraufwand bedeuten und da, wenn auch nur in geringem Umfang, auch bei solch kleinen operativen Eingriffen mit Komplikationen zu rechnen ist, lässt sich eine vergleichbare Studie zur Untersuchung einer etablierten Therapie heutzutage kaum rechtfertigen. Eine erneute Aufbereitung der damals gewonnenen Daten ist um so mehr sinnvoll, da die beiden Studien nur getrennt voneinander betrachtet wurden und ein Vergleich der beiden Therapieformen auf Basis dieser Studien noch nicht erfolgt ist. Der Vergleich der beiden Studien ist auf Grund des sehr ähnlichen Studiendesigns ohne Probleme möglich. Innerhalb der Studien ist noch keine umfassende statistische Auswertung der erhobenen Daten bzw. bisher noch keine Veröffentlichung dieser Ergebnisse erfolgt.

Von besonderem Interesse scheint die Beziehung der Expansion des Zahnbogens im Verhältnis zur Erweiterung der skelettalen Basis des Oberkiefers zu sein, da alle vergleichbaren Studien, die sich mit dieser Thematik befasst haben, sich nicht der Implantatmethode bedienten. Die dort gewonnenen Daten können, verglichen mit den Daten von Skieller (1964) und Krebs (1964), nur als ungenau betrachtet werden, da es keine reproduzierbare anatomische Punkte in diesem Bereich gibt, die eine genaue Beurteilung der erzielten Erweiterung ermöglichen. Unter dieser Betrachtung sind die Daten von Skieller (1964) und Kerbs (1964) einzigartig, da von anderen Autoren lediglich einzelne Fallbeschreibungen mit Kontrollimplantaten publiziert wurden, jedoch keine Studien mit einem größeren Patientenkollektiv, welches signifikante, statistische Aussagen erlauben.

Auch die Nachbeobachtungszeit in den Studien von Skieller (1964) und Kerbs (1964) liegt mit bis zu 4 Jahren weit über der Nachbeobachtungszeit vergleichbarer Studien. So wurden im überwiegenden Teil der vorliegenden Studien lediglich zu drei Zeitpunkten Untersuchungen durchgeführt. Eine Ausgangsuntersuchung, eine Untersuchung im Anschluss an die aktive Expansion und eine

Einleitung

Abschlussuntersuchung nach meist einem halben oder einem ganzen Jahr Retension. Aufgrund der kurzen Nachbeobachtungszeiten können keine validen Rückschlüsse auf den Langzeiterfolg einer Therapie geschlossen werden.

Die Fragen, die mit der vorliegenden Arbeit beantwortet werden sollen, beziehen sich einerseits auf die Wirksamkeit der beiden Therapieformen und andererseits auf die unterschiedlichen Auswirkungen der Therapien auf den Zahnbogen und den skelettalen Bereich der Maxilla.

Bei der Effizienz der beiden Therapieformen sollen nicht nur die Ergebnisse unmittelbar nach Abschluss der Behandlung betrachtet werden, sondern auch das Ergebnis über einen längeren Zeitraum nach der Behandlung. Ein Vergleich der Therapien soll zeigen ob eine der beiden Therapieformen der anderen überlegen ist. Eine weitere interessante Frage ist, ob es ein bestimmtes Alter gibt, in dem eine Therapie besonders erfolgversprechend ist oder ob eine Abhängigkeit vom Geschlecht besteht.

2. Material und Methoden

2.1. Material

Die vorliegende Studie basiert auf den zwei Artikeln „Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method“ von Skieller (1964) und “Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period” von Krebs (1964). Die Studien zu den beiden Artikeln wurden in den 50er und 60er Jahren des letzten Jahrhunderts durchgeführt. Da die Originalwerte nicht in Tabellenform vorlagen, sondern nur in grafischer Form, mussten aus den vorhandenen Grafiken die Messwerte extrahiert und zurückgerechnet werden.

2.1.1. Studie I:

Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method. Skieller (1964)

Die Studie von Skieller (1964) untersuchte die langsame, transversale Expansion des Oberkiefers mit Hilfe einer herausnehmbaren kieferorthopädischen Platte. Es sollte die Frage geklärt werden, ob die langsame Expansion von einem halben Millimeter pro Woche lediglich eine bukkale Bewegung der Zähne oder auch eine Erweiterung der medianen palatinalen Sutur bewirkt.

In die Studie wurden 16 Kinder aufgenommen, die zu Beginn der Studie im Alter zwischen 6 und 14 Jahren waren, darunter 10 Mädchen und 6 Jungen. Die Studie begann im Jahre 1959 und wurde 1964 im Rahmen des 40. Kongresses der European Orthodontic Society in Athen publiziert. Einschlusskriterium für die Studienpatienten war ein unilateraler oder bilateraler Kreuzbiss. Es wurden sowohl Kreuzbisse vom basalen Typ, bedingt durch einen schmalen Kiefer, als auch Patienten mit Kreuzbissen vom dento-alveolären Typ, bedingt nur durch einen zu engen Zahnbogen, in die Studie aufgenommen. In einem Teil der Fälle war der Kreuzbiss kombiniert mit einer zusätzlichen Malokklusionen oder dentalen Platzproblemen.

Zur Expansion wurde eine herausnehmbare Platte mit Adamsklammern über die ersten Prämolaren und die ersten Molaren verwendet. Auf einen Labialbogen konnte

Material und Methoden

in den meisten Fällen verzichtet werden. Expandiert wurde mit einer „Steady Dehn- und Nachstellschraube“. Auf diese Weise waren Expansionen von bis zu 8mm möglich (Skieller 1964). In der vertikalen Dimension sollte die Platte die Okklusion nicht beeinflussen.

Die Patienten wurden instruiert zweimal die Woche mit je einer viertel Umdrehung zu expandieren. Dies entspricht einer Expansion von einem halben mm pro Woche. Die Platte sollte den ganzen Tag getragen werden, konnte aber zu den Mahlzeiten herausgenommen werden. Die Expansionsphase dauerte insgesamt siebeneinhalb Monate. Im Anschluss wurde die Platte noch ein weiteres Jahr zur Retention getragen. Geplant war eine Beobachtungszeit von vier Jahren.

Untersucht wurden posterior-anteriore-Schädelaufnahme und Gipsmodelle der Kiefer. Auf den Röntgenaufnahmen wurde der Abstand der vor Studienbeginn implantierten Metallimplantate gemessen. Die Implantation erfolgte nach der Methode von Björk (siehe Abschnitt in Material und Methoden 2.2.1.). Der Vergrößerungsfaktor der Röntgenaufnahme wurde von Skieller nicht berücksichtigt. Auf den Modellen wurde im anterioren Bereich der Abstand zwischen den distalen Flächen der lateralen Inzisivi gemessen und im posterioren Bereich der Abstand zwischen den ersten Molaren. Untersuchungszeitpunkte waren eine Anfangsuntersuchung zu Beginn der Studie, eine Untersuchung am Ende

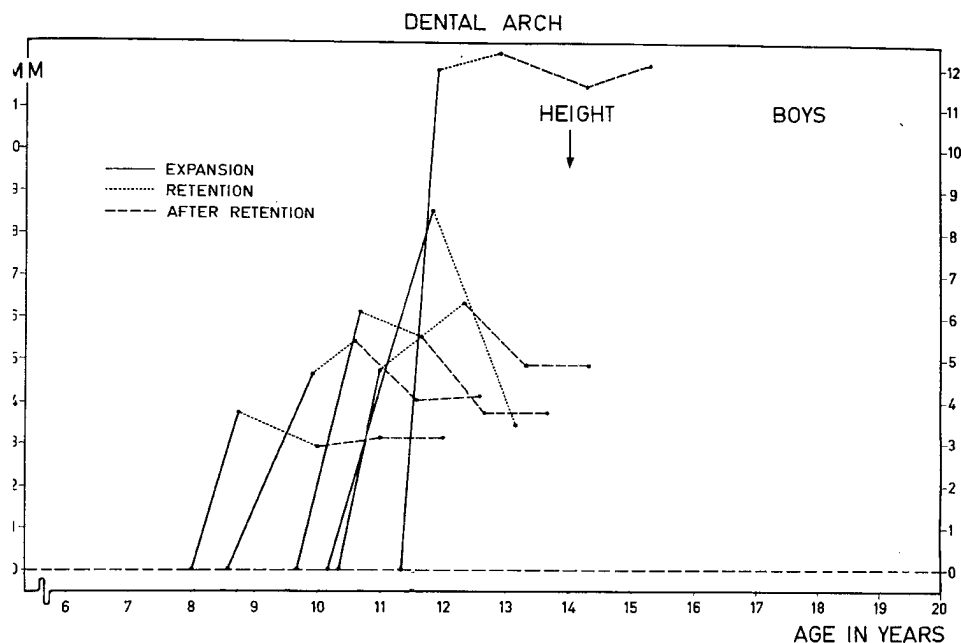


Abbildung 2.1: Originalgrafik 11a, aus Skieller (1964), Seite 152, zeigt die Expansion im Bereich der 1. Molaren der männlichen Patienten im Untersuchungsverlauf.

Material und Methoden

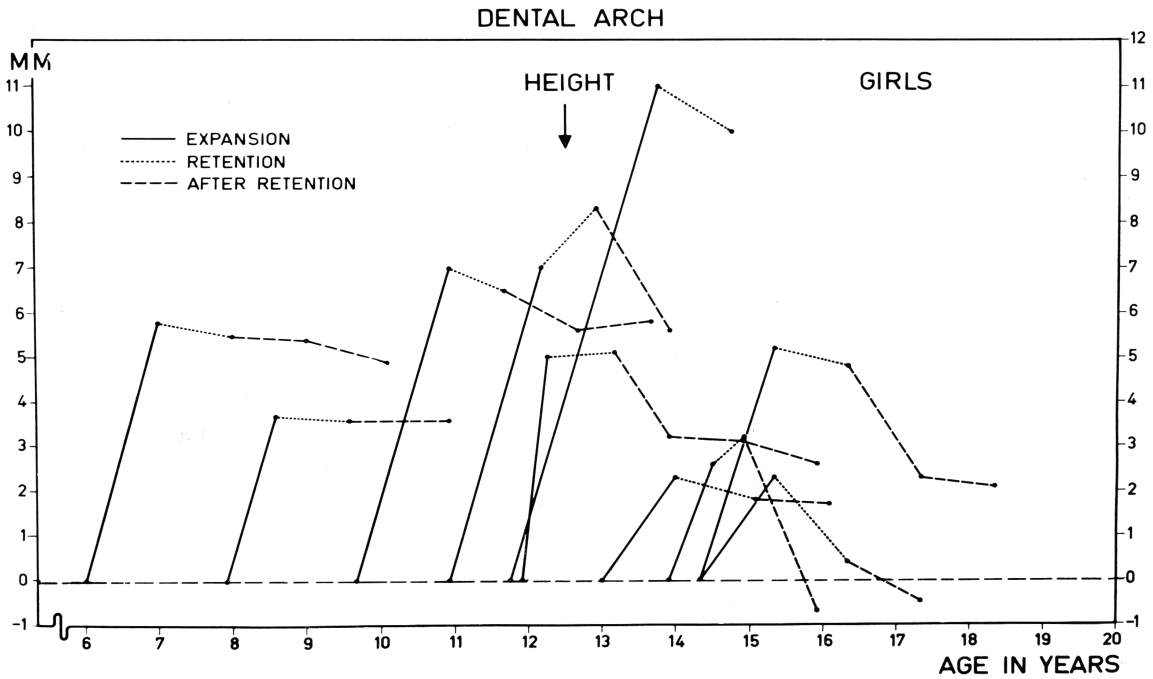


Abbildung 2.2: Originalgrafik 11b, aus Skieller, (1964) Seite 152, zeigt die Expansion im Bereich der 1. Molaren der weiblichen Patienten im Untersuchungsverlauf

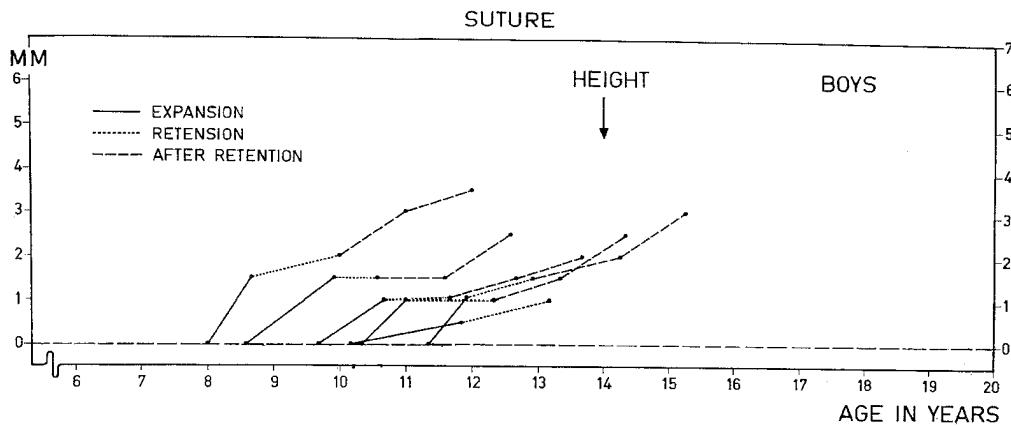


Abbildung 2.3: Originalgrafik 10a, aus Skieller, (1964) Seite 151, zeigt die Expansion im Bereich der Implantate auf der Crista zygomatico-alveolaris der männlichen Patienten im Untersuchungsverlauf

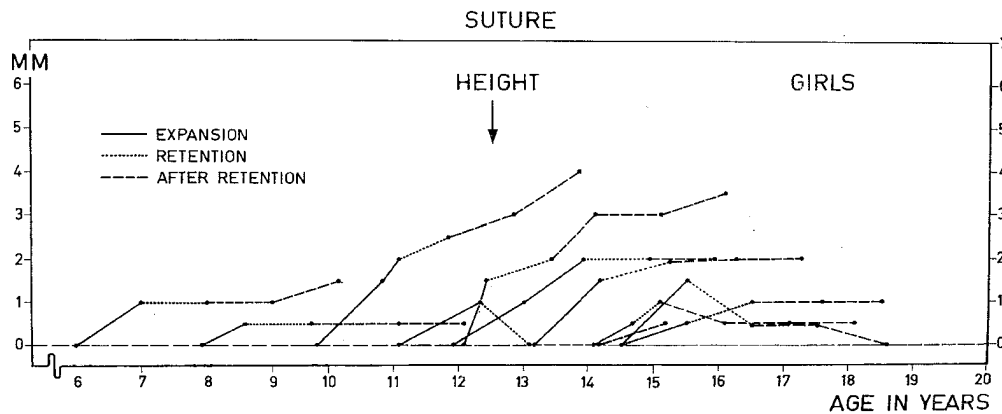


Abbildung 2.4: Originalgrafik 10b, aus Skieller (1964) Seite 151, zeigt die Expansion im Bereich der Implantate auf der Crista zygomatico-alveolaris der weiblichen Patienten im Untersuchungsverlauf

der Expansionsphase, eine Untersuchung zum Ende der Retentionsphase, sowie je eine Untersuchung pro Jahr zur Nachbeobachtung. Die Originalgrafiken zeigen die Abbildungen 2.1 bis 2.4.

2.1.2. Studie II:

Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period. Krebs (1964)

In der Studie von Krebs (1964) wurde die schnelle Expansion des Oberkiefers, auch RME (rapid maxillary expansion) genannt, mit 9mm Expansion in 25 Tagen, mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur untersucht. Ziel der Untersuchung war es, die Auswirkungen der Expansion des Zahnbogens auf die mediane palatinale Suture zu erfassen und die Persistenz der Expansion nach Beendigung der Therapie zu beobachten.

Die Studie wurde in der Zeit von 1956 bis 1964 am Royal Dental College von Kopenhagen durchgeführt und im Rahmen des 40. Kongresses der European Orthodontic Society in Athen 1964 vorgestellt. In die Studie wurden 24 Patienten aufgenommen. Ein Patient wurde aus der Studie ausgeschlossen, weil die Nachuntersuchungen unvollständig waren. Von den 23 in der Studie verbliebenen Patienten waren 12 männlichen und 11 weiblichen Geschlechts. Bei Einschluss in

Material und Methoden

die Studie waren sie im Alter zwischen 8 und 19 Jahren. Die Nachuntersuchungen erfolgten bis zum Jahr 1964 oder bis zum Ende des skelettalen Wachstums der Patienten. Einschlusskriterium für die Studie war ein bilateraler Kreuzbiss vom basalen Typ, also eine zu schmale Oberkieferbasis im Vergleich zum Zahnbogen. Alle Patienten hatten neben dem Kreuzbiss weitere dentale, okklusale oder Platzprobleme.

Zur schnellen Expansion wurde eine festsitzende Acrylplatte nach Derichsweiler verwendet, die mit Bändern an den ersten Prämolaren und den ersten Molaren befestigt wurde. In die Platte war eine Expansionsschraube eingearbeitet, mit der über einen Zeitraum von 14 bis 35 Tagen expandiert wurde, im Durchschnitt 21 Tage lang, abhängig vom Ausmaß des Kreuzbisses und der Compliance der Patienten. In den folgenden eineinhalb bis sechs Monaten, im Mittel drei Monate, wurde die Retention mit der selben Platte gewährleistet. Nach Entfernung der festsitzenden Platte wurde die Phase der Retention mit einer herausnehmbaren Platte für weitere 1 bis 35 Monate fortgesetzt, im Mittel 15 Monate. Die Nachbeobachtung erfolgte bis zum Ende des skelettalen Wachstums oder bis zum Jahr 1964.

Die Messungen wurden, wie in der Studie von Skieller (1964), an posterior-anterioren Röntgenbildern und an Gipsmodellen vorgenommen. Auf den Röntgenbildern wurde der Abstand von vor Studienbeginn implantierten Metallpins gemessen, der Vergrößerungsfaktor des Röntgenbildes wurde dabei nicht berücksichtigt. Die Implantation erfolgte nach der Methode von Björk im Bereich beider Processi zygomatici maxillae, an gleicher Stelle, wie in der Studie von Skieller. Die korrekte Platzierung der Implantate wurde neben der für die Auswertung wichtige PA-Röntgenaufnahme durch eine weitere laterale Aufnahme überprüft. An den Gipsmodellen wurde der Abstand der lingualen Flächen der Eckzähne und der ersten Molaren auf Höhe der Margo gingivae gemessen. Bei manchen Patienten wurden zusätzliche Messungen an Implantaten im Bereich des knöchernen Gaumens durchgeführt, die jedoch in den dieser Arbeit zugrundeliegenden Artikeln keine Berücksichtigung fanden.

Es erfolgte eine Anfangsuntersuchung zu Beginn der Studie, sowie Verlaufsuntersuchungen zum Ende der Expansion, zum Ende der festsitzenden Retention und in jährlichen Abständen. Die Ergebnisse wurden nur im Form von Graphiken veröffentlicht (siehe Abbildungen 2.5 - 2.8). Sie zeigen die Erweiterung

Material und Methoden

der Sutur und des Zahnbogens in Abhängigkeit von der Zeit. Tabellen der Messungen lagen uns nicht vor.

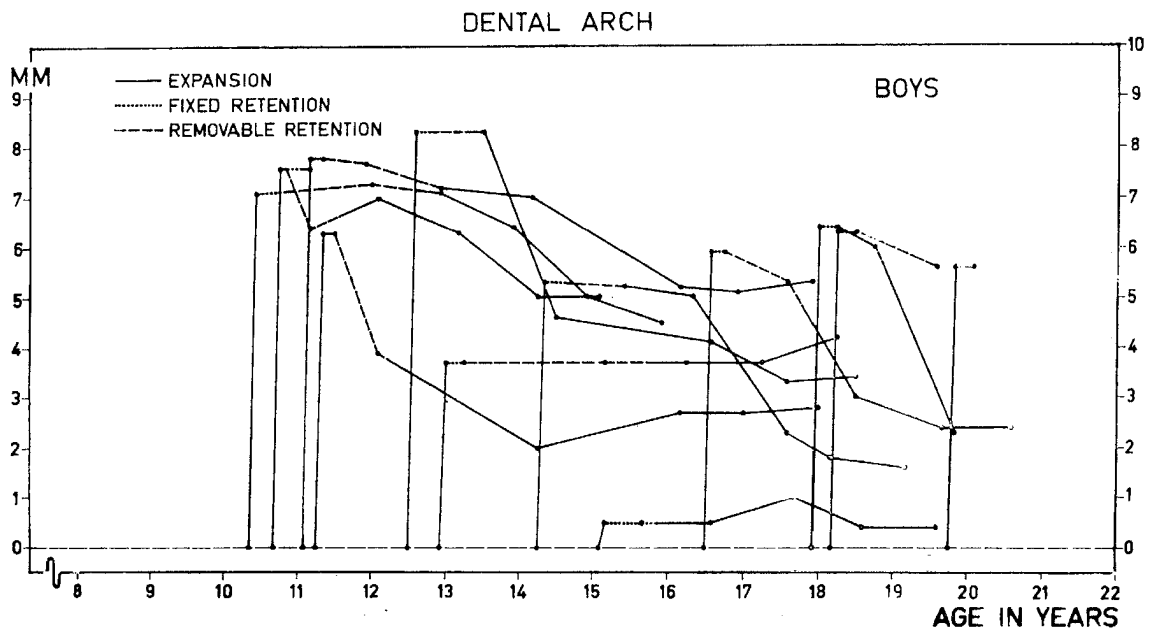


Abbildung 2.5: Originalgrafik 6a, aus Krebs (1964), Seite 138, zeigt die Expansion im Bereich der 1. Molaren der männlichen Patienten im Untersuchungsverlauf

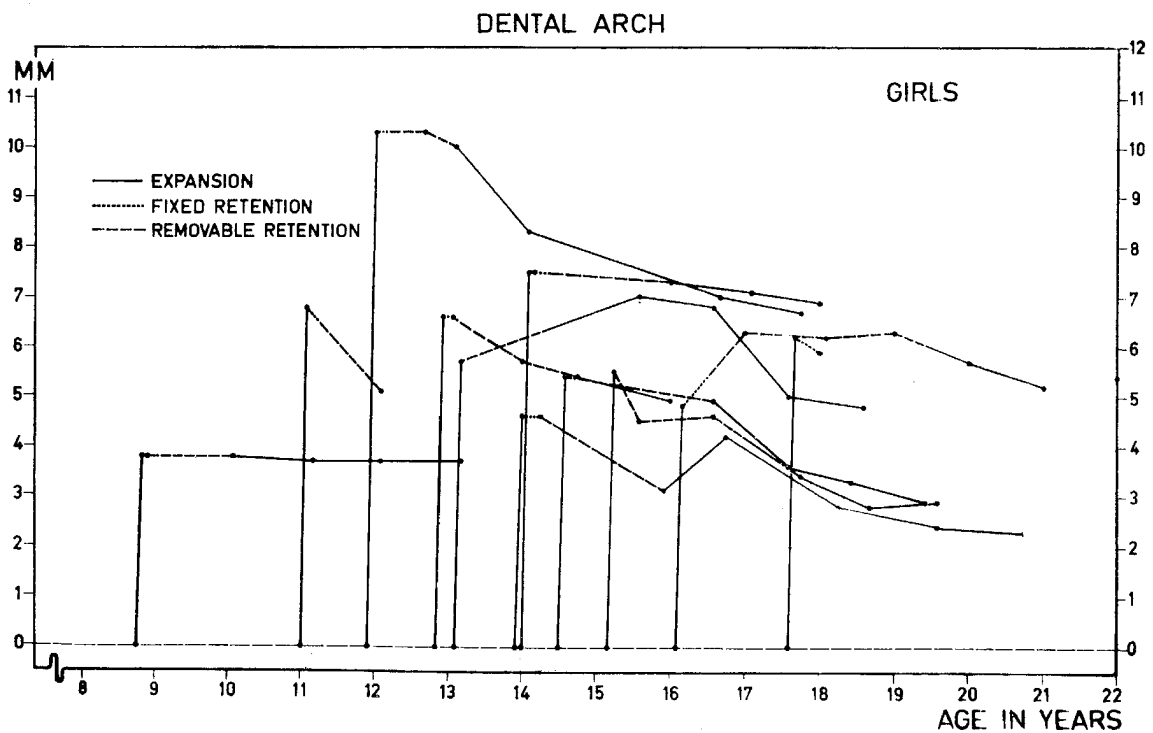


Abbildung 2.6: Originalgrafik 6b, aus Krebs (1964), Seite 138, zeigt die Expansion im Bereich der 1. Molaren der weiblichen Patienten im Untersuchungsverlauf

Material und Methoden

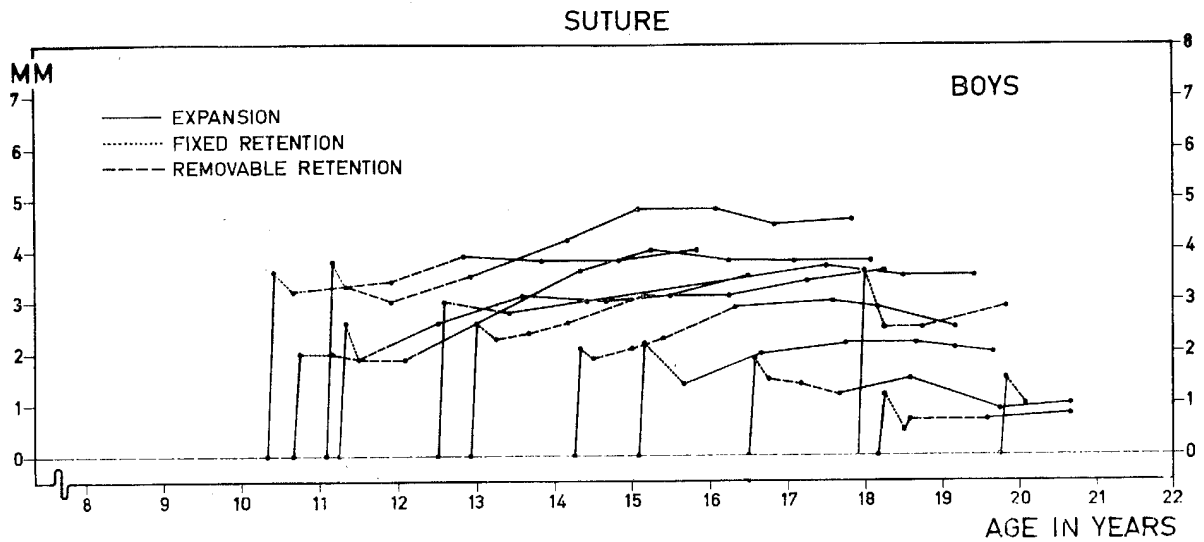


Abbildung 2.7: Originalgrafik 7a, aus Krebs (1964), Seite 139, zeigt die Expansion im Bereich der Implantate auf der Crista zygomatico-alveolaris der männlichen Patienten im Untersuchungsverlauf

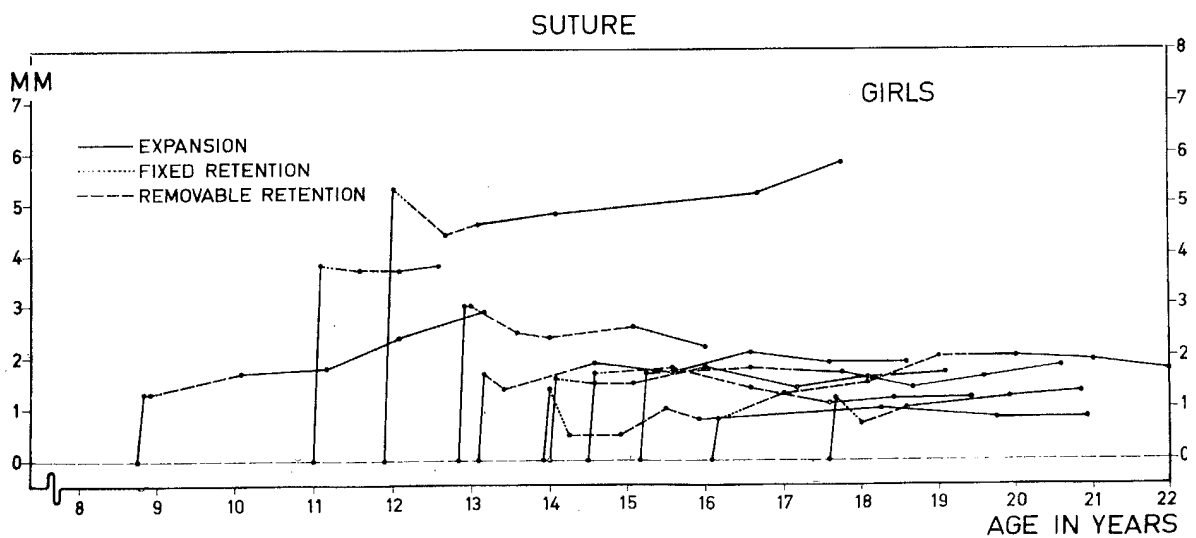


Abbildung 2.8: Originalgrafik 7b, aus Krebs(1964), Seite 139, zeigt die Expansion im Bereich der Implantate auf der Crista zygomatico-alveolaris der weiblichen Patienten im Untersuchungsverlauf

2.2. Methoden

2.2.1. Implantat Methode nach Björk

Da es keine natürlichen stabilen anatomischen Strukturen im Bereich der Kieferbasen gibt, welche eine punktgenaue Identifizierung gestatten, ist das Ziel der Implantatmethode von Björk, stabile Referenzpunkte in Bereichen des Gesichtsschädels zu schaffen, die während einer Reihenuntersuchung sicher und reproduzierbar sind. Als Marker verwendet Björk 0,6 x 2,0mm große Vitallium Stiftchen. Da die Implantate aus Metall bestehen, weisen sie im Vergleich zum restlichen Gewebe eine deutlich erhöhte Absorption für Röntgenstrahlen auf und sind deshalb gut auf Röntgenbildern als Verschattung abzugrenzen. Sind die Implantate erst mal im Knochen eingewachsen, ändern sie ihre Lage zum Knochen nicht mehr, im Gegensatz zu Zähnen, die schon auf Grund ihres normalen Driftes keine fixe Beziehung zum Knochen haben. Dieses Phänomen ist aus der zahnärztlichen Implantologie hinreichend bekannt.

Den Patienten, der beiden dieser Arbeit zugrundeliegenden Studien, wurden die Implantate im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris auf beiden Seiten gesetzt.

Vor Expansionsbeginn erfolgte in beiden Studien eine Ausgangsröntgenaufnahme, um die Strecke zwischen linkem und rechtem Implantat vor Erweiterung der Sutura palatina media zu erfassen. Es ist darauf zu achten, dass bei diesem Verfahren alle folgenden Röntgenaufnahmen mit genau der gleichen Kopfhaltung zu erfolgen haben, um projektionsbedingte Fehler zu vermeiden. Die durchgeführten Röntgenuntersuchungen erfolgten im posterior-anterioren Strahlengang. Der Strahlengang wurde parallel zur Frankfurter Horizontalen ausgerichtet. Die Ausrichtung erfolgte mit einem in das Röntgengerät integrierten Lichtstrahl.

2.2.2. Vermessung der gegebenen Graphiken

Als Grundlage der Arbeit dienten die Grafiken aus den Studien Skieller (1964) und Krebs (1964). Die Abbildungen 2.1 bis 2.8 zeigen die Originalgrafiken.

Material und Methoden

Die Grafiken wurden mit einem Flachbettscanner digitalisiert. Hierbei musste genau darauf geachtet werden, dass die Achsen der Graphiken parallel zu den Richtlinien des Scanners ausgerichtet sind. In den Fällen, in denen die Grafik nicht hundertprozentig horizontal eingescannt wurden, konnte das Bild im nachhinein noch gedreht und horizontal ausgerichtet werden.

Die Ausmessung der Graphiken wurden am PC mit dem Microsoft Programm „Paint“ vorgenommen. Nach dem Öffnen der abgespeicherten Dateien im Programm „Paint“ kann man jeden Bildpunkt, bzw. Pixel der Grafik durch eine bestimmte Koordinate charakterisieren. Bewegt man den Cursor zum Beispiel auf ein Kreuz der Grafik, so wird in der Symbolleiste unten rechts die Koordinate angezeigt, die diesen Punkt beschreibt. Dabei beschreibt die X-Achse die Lage der Pixel in der horizontalen, von links nach rechts ansteigend und die Y-Achse die vertikale Lage des Pixel von oben nach unten ansteigend. Der Punkt am oberen äußeren linken Bild bzw. Grafikrand hat also die Koordinate 1,1.

Auf dieser Weise wurden alle Koordinatenkreuze der eingescannten Grafiken vermessen und ihre Koordinaten bestimmt. Die Bestimmung der Koordinaten erfolgte mit der Vergrößerungsstufe von 400%. Mit dieser Vergrößerung konnten alle Koordinaten Kreuze der Originalgrafiken eindeutig einem Patienten zugeordnet werden.

Für jedes Kreuz wurden so ein X-Wert und ein Y-Wert bestimmt. Diese Werte waren für eine weitere Analyse in dieser Form nicht zu verwenden, da ein Bezugspunkt, wie zum Beispiel der Nullpunkt, fehlte und da mit diesen Werten zwar der verhältnismäßige Abstand der Punkte zueinander, nicht aber definierte metrische Größen wie Meter oder Jahre errechnet werden können. Um diese Werte nutzbar zu machen, mussten sie zu einem Punkt in Beziehung gesetzt werden, für den diese Größen bestehen oder festgelegt wurden. In den Grafiken war dies auf der X-Achse ein bestimmtes Alter und auf der Y-Achse eine entsprechende Expansion des Zahnbogens oder der Sutur. Logisch wäre eine Orientierung zur Geburt auf der X-Achse, also bei null Jahren, und ohne Expansion auf der Y-Achse, also bei null Millimetern. Die Orientierung bei null Millimetern Expansion ist möglich und wurde mit Messungen der Pixelkoordinate des Nullpunktes umgesetzt. Da eine Millimeter Skala rechts und links der Grafik vorhanden ist, wurde auf beiden Skalen der Pixel-Nullwert bestimmt. Im Idealfall waren die Werte identisch, was eine hundertprozentig genaue horizontale Ausrichtung der Grafiken beweist. Hätten sich die Werte in größerem

Material und Methoden

Maße unterschieden, so hätten die Grafiken erneut ausgerichtet werden müssen. Dieses musste in der vorliegenden Arbeit nicht erfolgen, da alle Grafiken exakt eingescannt wurden. Geringe Unterschiede bis zu drei Pixel wurden toleriert, da schon die Drehung der Grafiken um zehntel Grade wesentlich größere Unterschiede bewirkte. Ein weiterer Grund diese minimale Abweichung zu tolerieren liegt in einer Ungenauigkeit der abgedruckten Grafiken in den uns zugrundeliegenden Artikeln, da sie teilweise minimal verzerrt sind.

Die Bestimmung des Koordinatenwertes zum Zeitpunkt der Geburt war nicht möglich, da die Grafiken erst mit einem Alter von sechs Jahren begannen und es hier dementsprechend keinen eigentlichen Nullpunkt gab. Ersatzweise wurden die X-Werte zum Zeitpunkt des zehnten Lebensjahres orientiert.

Weiter muss festgelegt werden, wie viele horizontale Pixel der Strecke eines Jahres, bzw. wie viel vertikale Pixel der Strecke eines Millimeters Expansion entsprachen. Um festzustellen, wie viele Pixel einem Jahr entsprachen, wurden die Pixelkoordinaten bei acht und achtzehn Jahren gemessen. Die Koordinate von acht wurde von der Koordinate bei achtzehn Jahren subtrahiert und durch zehn dividiert. Dieser Vorgang wurde mit den Zeitpunkten neun und neunzehn wiederholt. Das Ergebnis sollte möglichst identisch sein. Aus diesen beiden Werten wurde der Mittelwert gebildet. Dieser Wert sagt aus, wie viel Pixel man in der Grafik nach rechts gehen musste, um den Zeitraum eines Jahres verstreichen zu lassen. Diese Vorgehensweise wurde bei jeder Grafik wiederholt, da die Werte von Grafik zu Grafik variierten. Das Vorgehen in der Vertikalen war analog zu dem Vorgehen in der Horizontalen. Hier wurden die Koordinatenwerte bei fünf von den Werten bei Null subtrahiert und die bei sechs von eins. In diesem Fall wurde durch fünf dividiert, um die Pixelzahl zu erhalten, die einem Millimeter Expansion entsprach. Die Messungen wurde sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite der Grafiken durchgeführt. Dementsprechend wurde ein Mittelwert aus vier Werten gebildet. Wie im Fall der horizontalen Werte mussten auch die vertikalen Werte für jede Grafik gesondert gemessen und berechnet werden. Mit den so errechneten Faktoren und gemessenen Bezugspunkten konnten aus den bestimmten Koordinaten für die Koordinatenkreuze der Ursprungsgrafik, das entsprechende Untersuchungsalter und die Expansion zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt errechnet werden.

Das Untersuchungsalter wurde errechnet, indem man vom horizontalen Pixelwert den Zehnjahres Pixelwert subtrahiert und dieses Ergebnis durch die Anzahl der Pixel

dividiert, welche die Spanne eines Jahres ergaben. Zu diesem Ergebnis wurden noch zehn Jahre addiert, da nicht die Geburt, sondern der 10. Geburtstag als Bezugspunkt gewählt wurde. Die Expansion zum jeweiligen Untersuchungsalter errechnete sich durch die Subtraktion des vertikalen Pixelwertes vom für den Nullpunkt bestimmten Wert. Auch dieser Wert wurde durch den errechneten vertikalen Faktor dividiert.

2.2.3. Berechnung des durchschnittlichen Wachstums pro Jahr

2.2.3.1. Im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris

Da während der Expansion nicht nur eine Zunahme der Distanz zwischen den Implantaten durch die Expansion der Suturen, sondern auch durch das normale Wachstum besteht, musste dieses Wachstum von der gemessenen Expansionsstrecke abgezogen werden. In dem "An Atlas of the Transversal Dimension of the Face" (Basyonni und Nanda 2000) wurde die bimaxilläre Weite in Abhängigkeit vom Alter bereits beschrieben. Die Messung wurde jedoch ohne Implantate durchgeführt. Die bimaxilläre Weite beschreibt die transversale Strecke von der rechten zur linken Oberkieferbasis. Mit den hier aufgeführten Durchschnittswerten, nach Geschlecht gesondert aufgeführt, ließ sich das durchschnittliche Wachstum sowohl für Jungen, als auch für Mädchen in diesem Bereich errechnen. Zu beachten ist, dass die Messwerte des Atlases nach Basyonni und Nanda (2000, Seite 14) um 4% vergrößert sind, da der Röntgenvergrößerungsfaktor im Atlas nicht berücksichtigt wurde. Diese projektionsbedingte Vergrößerung wurde in der Berechnung der Regressionskoeffizienten berücksichtigt.

Zur Berechnung der durchschnittlichen Steigung wurde mittels SPSS eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Hier wurde die bimaxilläre Breite in Abhängigkeit vom Alter betrachtet. Im Fall der Jungen errechnete sich ein Regressionskoeffizient B von 1,38. Der Wert entspricht einem durchschnittlichen Wachstum der Oberkieferbasis in der transversalen Ebene von 1,38mm pro Jahr im Zeitraum vom 5. bis zum 18. Lebensjahr.

Bei den Mädchen errechnete sich ein Regressionskoeffizient B von 1,16. Das durchschnittliche Wachstum bei Mädchen beträgt demnach in diesem Bereich 1,16mm pro Jahr.

In der Grafik zeigt sich ein annähernd lineares Wachstum, so dass darauf verzichtet wurde für jedes Alter gesondert das Wachstum zu bestimmen.

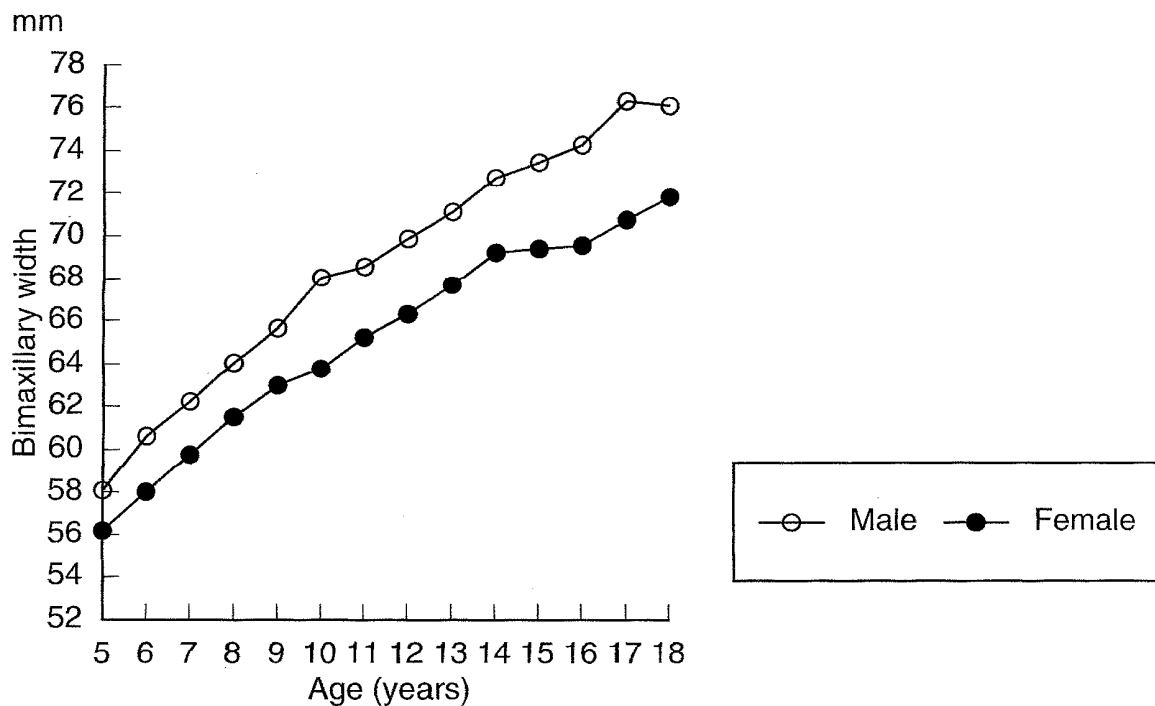


Abbildung 2.9: Originalgrafik Figur 45 aus Basyonni und Nanda (2000, Seite 152), zeigt das natürliche Wachstum in der Transversalen im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris nach Geschlechtern getrennt.

2.2.3.2. Im Bereich des Zahnbogens

Auch im Zahnbogen ist, genau wie im Bereich der Maxilla, ein Wachstum während der Untersuchungsphase zu beobachten, welches die Aussage der Messungen beeinflussen kann und deshalb herausgerechnet werden sollte.

Es wurde ebenfalls eine Regressionsanalyse anhand von vorhandenen Daten durchgeführt, um die durchschnittliche, wachstumsbedingte Erweiterung des

Zahnbogens zu errechnen. Es wurden Daten aus „Standards of human occlusal development“ (Moyers et al. 1976) verwendet. Das transversale Wachstum im Zahnbogen wurde für beide Geschlechter getrennt bestimmt. Es wurde die Strecke zwischen den Zentralfissuren der ersten Molaren bestimmt, da sowohl die Prämolaren, als auch die zweiten Molaren erst in der zweiten Wechselphase durchbrechen und somit erst zu Beginn des zweiten Lebensjahrzehnts messbar sind. Für das männlich Geschlecht errechnete sich ein durchschnittliches Wachstum, bzw. eine Erweiterung des Zahnbogens von 0,42mm pro Jahr. Für das weibliche Geschlecht liegt das durchschnittliche Wachstum lediglich bei 0,29mm pro Jahr.

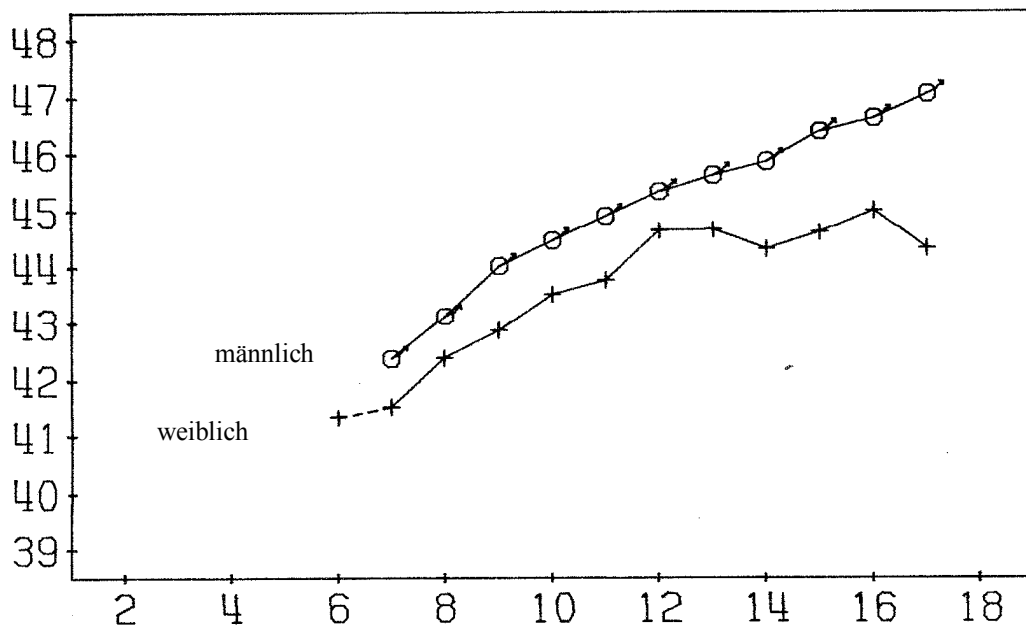


Abbildung 2.9: Originalgrafik aus Moyers et al. (1976, Seite 83), zeigt die transversale Entwicklung des Abstandes der 1. Molaren in mm, gemessen in der Zentralfissur in Abhängigkeit vom Alter.

2.2.4. Berechnung der Röntgenvergrößerung

In den Studien von Skieller und Krebs wurde bei der Vermessungen der Röntgenbilder die durch die Divergenz der Röntgenstrahlen bedingte Vergrößerung nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund sind die Werte, die für die Implantatabstände angegeben werden, alle um den Röntgenfaktor vergrößert. Aus den Fokus-Filmabstand von 180cm und dem Fokus-Objektstand von 195cm, die Björk (1975) für

den Kephalostat angibt, wurde ein Vergrößerungsfaktor von 1,08 errechnet, indem der Fokus-Objektstand durch den Fokus-Filmabstand dividiert wurde. Durch diesen Faktor wurden die Werte, die mit Hilfe von Röntgenaufnahmen gewonnen wurden, dividiert, um den Vergleich mit Werten, die auf Gipsmodellen gewonnen wurden, genauer zu gestalten.

2.2.5. Beschreibung der Variablen

Im Folgenden werden alle Variablen beschrieben, die in den Tabellen im Ergebnisteil aufgeführt sind. Variablen die nur zur Berechnung weiterer Variablen notwendig sind, jedoch bei Betrachtung der Ergebnisse nicht von Interesse sind, werden in diesem Kapitel aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht aufgeführt. Ihre Beschreibung kann aus dem Anhang entnommen werden, wo eine Beschreibung aller Variablen erfolgt.

Die fett gedruckten Überschriften geben als erstes den Kurzbeschreibungsnamen der Variablen wieder, wie sie in den Tabellen benannt sind. Die in der Klammer stehende Zahl ist die Nummer, die den Variablen zugeteilt wurde, welche den Berechnungen zugrunde lagen. Diese Nummer wird im Ergebnisteil anstelle der Variablen genannt.

2.2.5.1. Gruppe (1)

Die Variable „Gruppe“ gibt an, aus welcher Studie die gewonnenen Daten des jeweiligen Patienten stammen. Das Messniveau der Variablen ist nominal. Eine 1 steht für Patienten, die im Rahmen der Studie Skieller (1964) untersucht wurden. Die Patienten mit einer 2 wurden von Krebs (1964) untersucht.

2.2.5.2. Geschl (2)

Aus der Spalte Geschl kann das Geschlecht des Patienten entnommen werden. Eine 1 steht für männliche Studienteilnehmer, eine 2 für weibliche Studienteilnehmer.

2.2.5.3. Alter (3)

Die Variable Alter errechnete sich aus der Variablen OX, die im Anhang beschrieben wird. Sie gibt das Alter in Jahren bei Eintritt in die Studie an. Zu diesem Zeitpunkt kann jedoch noch keine Expansion gemessen werden, da noch nicht expandiert wurde. Das Alter in Jahren wird im Dezimalsystem angegeben, ein Alter von 10,5 in der Tabelle entspricht einem Alter von 10 Jahren und sechs Monaten.

2.2.5.4. Post_ex (4)

Diese Variable gibt die gemessene Erweiterung in mm zu dem Zeitpunkt an, an dem das Expansionsgerät abgesetzt wurde. Dieser Wert muss nicht zwingend zum Zeitpunkt der ersten Verlaufskontrolle, sondern kann auch bei der zweiten oder dritten Verlaufskontrolle gemessen worden sein. Errechnet wurden die Werte dementsprechend aus den Variablen ay, by oder cy, die im Anhang beschrieben werden. Welcher der Werte für die Berechnung der zugehörige ist, kann aus der entsprechenden Grafik abgelesen werden. Die auf Modellen gemessenen Ergebnisse, zeigen die reale Erweiterung im Zahnbogen. Die auf Röntgenbildern gemessenen Werte sind jedoch um den Faktor 1,08 vergrößert (Kapitel 2.2.4.).

2.2.5.5. Post_exr (5)

Aus der Variablen Post_ex errechnete sich die Variable Post_exr, indem man diese mit 0,923 multipliziert oder durch den Vergrößerungsfaktor von 1,0833 dividiert. Post_exr beschreibt die errechnete Erweiterung im Bereich der Sutur in mm unmittelbar nach der Expansion. Diese Werte entsprechen der realen Erweiterung. Für die Expansion im Zahnbogen entsprechen die Werte der Variablen 5 den Werten für Variable 4, da keine Umrechnung erfolgen musste.

2.2.5.6. Ende (6)

Diese Variable gibt die erzielte bzw. verbliebene Expansion zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung in mm an. Sie errechnet sich aus der entsprechenden vertikalen Pixelvariablen. Die Vergrößerung der Röntgenbilder wurde nicht berücksichtigt, die Werte der Sutur sind dementsprechend vergrößert.

2.2.5.7. Ender (7)

Sie gibt die realen Erweiterungswerte der Sutur und des Zahnbogens zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung an. Die Berechnung der Variablen erfolgt aus der Variablen Ende nach dem in Post_exr beschriebenen Verfahren. Für die auf den Modellen gemessenen Werte muss keine Umrechnung von der Variablen 6 zu 7 erfolgen. Die Erläuterung zum Vorgehen ist aus den Absätzen 2.2.5.4. und 2.2.5.5. zu entnehmen.

2.2.5.8. Maxexp (8) und Maxexpr (9)

Die Variable Maxexp beschreibt die maximale Expansion in mm, diese entsprach nicht in jedem Fall der Expansion zum Zeitpunkt des Absetzens der Expansionsapparatur. Besonders im Bereich der Sutur wurde die maximale Expansion erst bei der folgenden Untersuchung erreicht. Die Werte für die Sutur der Variablen Maxexp sind bedingt durch die Divergenz der Röntgenstrahlen vergrößert. Um die röntgenbedingte Vergrößerung zu eliminieren, wurden Werte mit 0,923 multipliziert. Die errechneten realen Werte sind unter Maxexpr aufgelistet.

Für die Messwerte zwischen den Molaren entsprechen die Werte Maxexp den Werten Maxexpr da keine Umrechnung erfolgen muß.

2.2.5.9. Altmaxex (10)

In der Spalte Altermaxex ist das Alter zum Zeitpunkt der maximalen Expansion angegeben. Das Alter wurde im Dezimalsystem angegeben.

2.2.5.10. Rezidiv (11)

Das Rezidiv wurde definiert als die Differenz von der maximalen Expansion und dem niedrigsten gemessenen Expansionswert des Patienten im Laufe der Nachuntersuchungen. Dieser Wert wird in mm gemessen. Er zeigt, wie viel der erzielten Erweiterung wieder verloren gegangen ist. Die Werte für die Sutur zeigen wieder die bekannte Vergrößerung, da zur Berechnung nicht bereinigte Werte verwandt wurden.

2.2.5.11. Rezidivr (12)

Rezidivr gibt die korrigierten Werte für das Rezidiv der Sutur in mm an. Grundlage der Berechnung waren die Variable Rezidiv und der Vergrößerungsfaktor von 1,0833. Die Werte für den Zahnbogen entsprechen der Variablen Rezidiv.

2.2.5.12. Altrezma (13)

Altrezma gibt das Alter an, in dem das Maximum des Rezidives erreicht wurde. Das Alter wird in Jahren im Dezimalsystem angegeben.

2.2.5.13. Deltimre (14)

Deltimre ist die Abkürzung für delta time und beschreibt den Zeitraum von der maximalen Expansion bis zum Erreichen des maximalen Rezidives. Diese Variable wurde aus den Variablen Altmaxex und Altrezma berechnet. Folglich ist auch diese Variable in Jahren und im Dezimalsystem angegeben.

2.2.5.14. Alt1post (15)

Alt1post errechnet sich, in dem ein Jahr zu der Variablen Altmaxex addiert wird. Sie entspricht dem realen Wert zur Pixelkoordinate Alt1ppix, die im Anhang beschrieben wird und kann über diesen Weg errechnet werden.

2.2.5.15. Exp1post (16)

Exp1post errechnet sich aus der Variablen Exp1ppix und gibt die gemessene Erweiterung ein Jahr nach dem Erreichen der maximalen Erweiterung an. Es ergeben sich reale Werte für den Zahnbogen und vergrößerte Werte für die Sutur.

2.2.5.16. Ex1postr (17)

Ex1postr gibt die reale Expansion der Sutur und des Zahnbogens ein Jahr nach dem Erreichen der maximalen Expansion an. Die Variable errechnet sich aus der Variablen Exp1post unter Berücksichtigung des Vergrößerungsfaktors im Falle der Sutur (s.o.).

2.2.5.17. Expowach (18)

Expowach gibt die nur durch die Expansion entstandene Zunahme des Abstandes der Metallimplantate ein Jahr nach Beendigung der Expansion an. Die durch das natürliche Wachstum bedingte Zunahme des Abstandes von der gesamten Expansion wurde abgezogen. Die Variable errechnet sich durch Subtraktion des durchschnittlichen Wachstums pro Jahr von der Variablen Rex1post.

2.2.5.18. Strezdet (19)

Strezdet gibt die negative Steigung, das Gefälle an, das beschreibt wie stark der Verlust der gewonnenen Erweiterung ist. Die Steigung errechnet sich, indem man die Variable Rezidiv_r durch die Variable Deltimre dividiert.

2.2.5.19. Rezowach (20)

Rezowach gibt das Rezidiv ein Jahr nach maximaler Expansion an, abzüglich des durchschnittlichen Wachstums während dieses Jahres (s. 2.2.5.17.).

2.2.6. Statistische Methoden

Die gemessenen Daten wurden in das Statistikprogramm SPSS 10.0 für Windows übertragen. Mit der Hilfe des Programms wurden die Messwerte in metrische Werte umgewandelt und teilweise neue Werte errechnet. Die statistischen Tests und die Erstellung der Grafiken wurden mit SPSS 10.0 durchgeführt.

2.2.6.1. Signifikanzniveau

Das Signifikanzniveau α wurde für alle statistischen Auswertungen und Tests auf $\alpha=0,05$ festgelegt. Für den Fall, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit p unter 0,05 liegt, ist die Nullhypothese zu verwerfen.

2.2.6.2. Mittelwertberechnung und Median

Der Mittelwert, das arithmetische Mittel, errechnet sich aus der Summe der Einzelmesswerte geteilt durch die Fallzahl.

Der Median ist der Wert in der Mitte der Rangliste. Oberhalb und unterhalb des Medianes liegen gleich viele Werte. Er ist unempfindlicher gegen Ausreißer als der Mittelwert.

2.2.6.3. Standardabweichung und Varianz

Standardabweichung und Varianz sind Streuungsmaße und geben Aufschluss über die Präzision des Mittelwertes. Die Varianz errechnet sich durch Bildung der Differenzen der Test-Werte vom Mittelwert, Quadratur der Differenzen, Summe dieser Quadrate und anschließende Division durch die Fallzahl minus eins. Die Standardabweichung errechnet sich, durch Ziehen der Wurzel aus der Varianz.

2.2.6.4. Korrelationsanalyse

Der Korrelationskoeffizient r zeigt den rechnerischen linearen Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Die Werte für den Korrelationskoeffizienten liegen zwischen -1 und $+1$. Das Vorzeichen gibt an, ob eine positive oder negative Korrelation zwischen zwei Variablen besteht. Besteht eine positive Korrelation nimmt bei Zunahme der einen Variablen die andere Variable ebenfalls zu. Wenn eine negative Korrelation besteht, nimmt bei Zunahme der einen Variablen die Werte der anderen Variablen ab. Bei Korrelationskoeffizienten um den Null-Wert muss davon ausgegangen werden, dass kein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen besteht. Eine hohe Korrelation besteht, wenn die Werte für den Korrelationseffizient im Bereich von minus 1 oder plus 1 liegen.

2.2.6.5. Streudiagramm

Streudiagramme beschreiben grafisch den Zusammenhang zwischen zwei Variablen. Im Streudiagramm können erste Zusammenhänge zwischen zwei Variablen erkannt werden, auch wenn der Zusammenhang nicht linear ist.

Um solche Trends besser erkennen zu können, ist es sinnvoll, durch das Streudiagramm eine Ausgleichskurve nach Lowess zu legen. Diese Funktion beschreibt eine Kurve zu der die Summe der Abstände der Einzelkoordinaten möglichst klein ist. Die Einteilungen der y- und x-Achsen wurde für die jeweiligen Variablen einzeln festgelegt.

2.2.6.6. Kolmogrov-Smirnov-Test

Der Kolmogrov-Smirnov-Test vergleicht bei einer Stichprobe die kumulative Verteilung einer Variablen mit einer theoretischen Verteilung, in den angewandten Fällen mit der Normalverteilung. Fällt beim Kolmogrov-Smirnov-Test eine Abweichung von der Normalverteilung auf, ist die Variable nicht mit parametrischen Tests weiter auszuwerten, da die parametrischen Tests für Ausreißer sehr anfällig sind.

2.2.6.6. U-Test von Mann-Whitney

Der U-Test von Mann-Whitney ist ein nicht parametrischer Test, der zwei unabhängige Stichproben miteinander vergleicht. Der Test ist ein Rangfolgentest, der die Messwerte in aufsteigender Gesamtmessreihe sortiert. Nach Addition der Ränge in den Untergruppen kann nach Transformation der einzelnen Summen ein Vergleich in den Untergruppen erfolgen.

3. Ergebnisse

3.1. Methodenfehler

Ein Methodenfehler ist in dieser Arbeit nicht zu bestimmen, da kein Zugriff auf die Akten der Patienten mit Röntgenbildern und Gipsmodellen besteht. Der Methodenfehler hätte bei den Initialstudien bestimmt werden müssen.

In der Literatur wird der Methodenfehler von Sari (2003) für die Messung des Abstandes der Molaren auf Gipsmodellen mit 0,36mm nach Dahlberg angegeben. Für die Abstandsmessung im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris gibt er einen Methodenfehler von 0,54mm an, es wurden jedoch keine Implantate verwendet.

Der von Skieller für die angewandte Methode angegebene Fehler beträgt 0,25-0,3mm. Hicks (1978) gibt ein Methodenfehler von 0,1 bis 0,5% bei linearen Messungen an AP-Röntgenbildern mit Implantaten an. Er gibt jedoch nicht die Länge der Messstrecke an, sondern nur den Abstandgewinn zwischen den Implantaten an. Nimmt man einen durchschnittlichen Abstand von 66mm zwischen den Implantaten bei 11 Jährigen an (Abbildung 2.9), läge der Fehler bei maximal 0,3mm.

3.2. Altersverteilung des Patientenkollektives

In die Auswertung wurden insgesamt 39 Patienten aufgenommen. Die Abbildung 3.1 gibt die Altersverteilung der männlichen Patienten wieder und die Abbildung 3.2 die der weiblichen. Die Patientendaten wurden aus den Studien von Skieller (1964) und Krebs (1964) gewonnen. In der Studie von Skieller (1964) wurden insgesamt 16 Patienten aufgenommen, von denen 6 männlich und 10 weiblich waren. In die Studie von Krebs (1964) wurden 11 weibliche und 12 männliche Patienten untersucht, in der Summe also 23 Patienten. Beide Studien waren prospektive Langzeitstudien.

Das mittlere Alter der Patienten beider Studien zu Beginn der Untersuchungsreihen lag bei 12,6 Jahren mit einer Standardabweichung von 3,1, der Median betrug 12,5 Jahre. Der jüngste Patient war zum Eintrittszeitpunkt 6 Jahre alt, der älteste Patient 19,7 Jahre. In den einzelnen Studien lag das Durchschnittsalter bei 10,7 Jahre

Ergebnisse

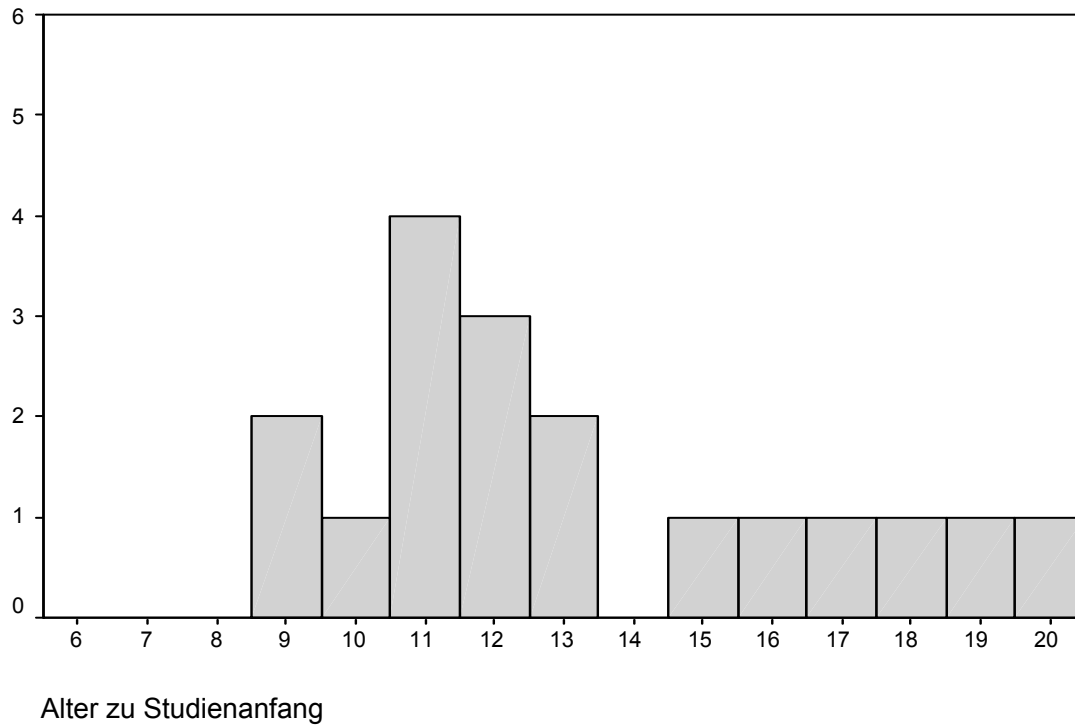


Abbildung 3.1: Verteilung der 18 männlichen Patienten nach dem Alter auf der X-Achse. Die Y-Achse gibt die Fallzahl an

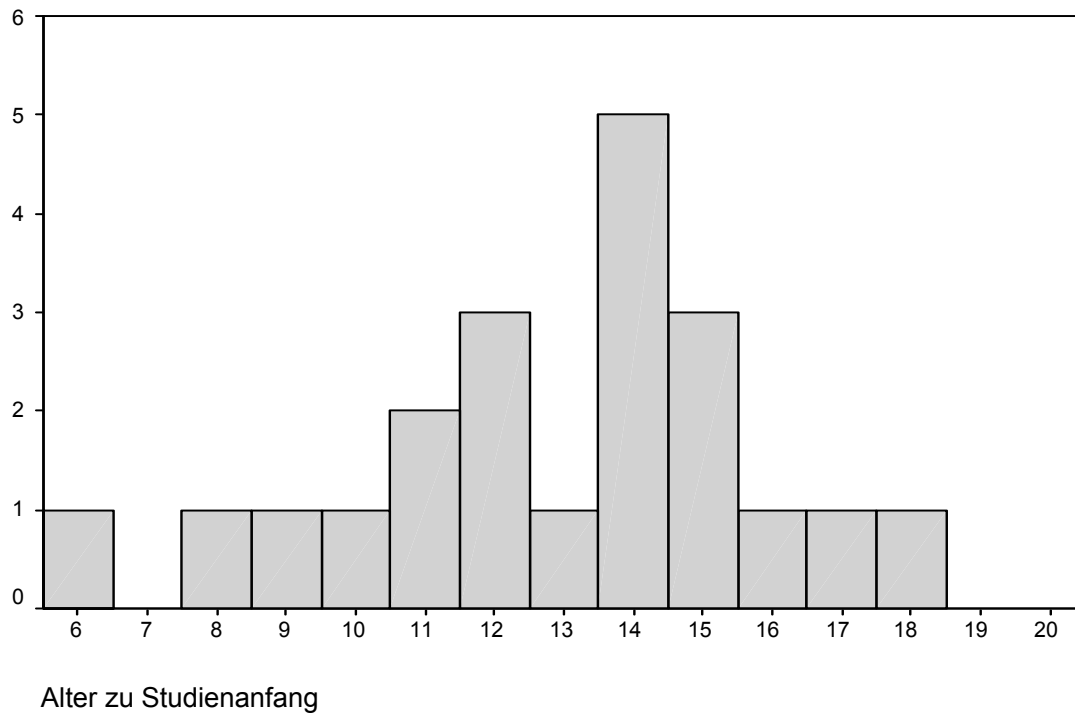


Abbildung 3.2: Verteilung der 21 weiblichen Patienten nach dem Alter auf der X-Achse. Die Y-Achse gibt die Fallzahl an

Ergebnisse

Im Falle der Studie Krebs (1964) und bei 13,8 Jahren in der Studie Skieller (1964). In der Studie Skieller (1964) reichte die Altersspanne von 6 bis 14,4 Jahren und in der Studie Krebs (1964) von 8,8 bis 19,7 Jahren. Nach Geschlecht unterteilt, wurden insgesamt 18 männlich und 21 weiblich Patienten untersucht. Hier errechneten sich fast identische Mittelwerte für das Alter zum Eintrittszeitpunkt in die Studie von 12,7 Jahren für die männlichen und 12,5 Jahren für die weiblichen Studienteilnehmer.

3.3. Test auf Normalverteilung

Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test wurden die gemessenen Werte hinsichtlich einer Abweichung von der Normalverteilung getestet. *Tabelle 3.1* gibt in der ersten Spalte die Nummer der getesteten Variablen an (Erläuterung der Variablen Kap.2.2.5.). Aus der zweiten Spalte entnimmt man die errechneten p-Werte mit der eine Abweichung von der Normalverteilung der einzelnen Variablen des Zahnbogens vorliegt und aus der dritten Spalte die p-Werte der Variablen, welche die Sutur betreffen. In keinem Fall gab es eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung. Dies bedeutet, dass alle erhobenen Werte mit parametrischen Tests weiter ausgewertet werden konnten.

Tabelle 3.1: Irrtumswahrscheinlichkeit p mit der eine Abweichung von der Normalverteilung vorliegt.

<i>Variable</i>	<i>p-Wert dental</i>	<i>p-Werte Sutur</i>
5	0,86	0,21
7	0,54	0,76
9	0,79	0,15
12	0,9	0,91
14	0,61	0,06
17	0,74	0,74
18	0,66	0,87
20	0,07	0,74

3.4. Mittelwerte

Tabelle 3.2 gibt die Mittelwerte, den Median, den minimalen und den maximalen Wert, sowie Standardabweichung der Messungen an den Gipsmodelle, also der dentalen Werte wieder. Aus der *Tabelle 3.3* können die Werte, die für die Erweiterung im Bereich der Sutur ermittelt wurden, entnommen werden.

Die Fallzahlen variieren von Variable zu Variable, da manche Variablen nicht bei allen Patienten erhoben werden konnten. Bei den Variablen 17, 18 war die Nachbeobachtungszeit nicht ausreichend, so dass diese Werte nicht bei jedem Patienten erhoben werden konnten. Variable 19 gibt die Steigung an, die sich aus dem Rezidiv und aus dem Zeitraum vom Erreichen der maximalen Erweiterung bis zum Zeitpunkt, an dem das maximale Rezidiv auftritt errechnet. Da bei manchen Patienten kein messbares Rezidiv vorliegt, die Werte also 0 sind, kann hier keine Steigung errechnet werden. Die Steigung ist in allen Fällen negativ, es kann also auch von einem Gefälle gesprochen werden.

Tabelle 3.4 zeigt die Differenz zwischen der maximalen Erweiterung der ersten Molaren und der maximalen Erweiterung im Bereich der Implantate in der Crista zygomatico-alveolaris. Zur Berechnung wurde die Erweiterung im Bereich der Implantate von der Erweiterung der Molaren abgezogen. Außerdem wurde der prozentuale Anteil der Erweiterung im Bereich der Sutur von der Erweiterung im Zahnbogen errechnet. Um einen Unterschied der verschiedenen Expansionsarten in der Wirkung auf die Sutur feststellen zu können, wurden die Differenzen für beide Studien getrennt berechnet. *Abbildung 3.3* stellt die wichtigsten Mittelwerte im dentalen und suturalen Bereich gegenüber. Die Mittelwerte der Differenz der Erweiterung getrennt nach Studie Skieller (1964) und Studie Krebs (1964) können aus *Tabelle 3.5* entnommen werden. Die Differenz zwischen der Erweiterung im Zahnbogen und der Erweiterung im Bereich der Sutur lag im Mittel bei 4,4 mm. Der Zahnbogen wurde also während der Behandlung 4,4 mm weiter gedehnt als die Sutur. In Prozenten ausgedrückt bedeutet dies, dass im Mittel 28% von der Erweiterung im Zahnbogen auch im Bereich der Implantate wirksam wurden. In den Untergruppen fällt auf, dass die Differenz zwischen der Erweiterung im Zahnbogen und im Bereich der Implantate bei der langsamen Expansion in der Studie Skieller (1964) mit 4,9mm im Schnitt 0,9mm mehr betrug, als in der Studie Krebs (1964) mit

Ergebnisse

4,0mm bei Patienten mit schneller Expansion. Bei langsamer Expansion in der Studie Skieller (1964) wurde im Mittel 18% der Erweiterung des Zahnbogens im Bereich der Suturen in Erweiterung umgesetzt. Im Vergleich dazu wurde bei der schnellen Expansion 34% der Erweiterung des Zahnbogens im Bereich der Suturen wirksam. Die maximale Erweiterung im Zahnbogen, die im Gesamtkollektiv im Mittel 6,1 mm beträgt, variiert dabei in den Untergruppen mit 6,0mm in der Studie Skieller (1964) und 6,1mm in der Studie Krebs (1964) nur marginal.

Tabelle 3.2: Messwerte der Gipsmodelle im Bereich der 1. Oberkiefermolaren und der dazugehörigen Zeiträume und Altersangaben.

Variable (d=dental)	Fallzahl n	Mittelwert	Median	min	max	Standard- abweichung
3 (Jahre)	39	12,59	12,48	6,0	19,74	3,07
5d (mm)	39	5,88	5,73	0,51	11,89	2,30
7d (mm)	39	4,13	4,12	-0,63	12,02	2,42
9d (mm)	39	6,08	6,21	0,51	12,31	2,32
10d (Jahre)	39	13,36	13,5	6,97	19,85	2,85
12d (mm)	39	2,22	2,36	0,0	6,71	1,61
13d (Jahre)	39	15,93	15,98	9,58	21,01	3,23
14d(Jahre)	39	2,61	2,89	0,00	6,75	1,62
15d (Jahre)	39	14,36	14,5	7,97	20,85	2,85
17d (mm)	37	5,08	5,15	-0,69	11,79	2,45
18d (mm)	37	4,73	4,79	-0,99	11,37	2,45
19d (mm/Jahr)	37	- 1,06	- 0,8	-0,0	- 3,88	1,01
20d (mm)	37	1,36	1,0	0,3	4,2	1,09

Ergebnisse

Tabelle 3.3: Messwerte im Bereich der Implantate (Röntgenbilder) und der dazugehörigen Zeiträume und Altersangaben.

Variable (s=sutur)	Fallzahl n	Mittelwert	Median	min	max	Standard- abweichung
3 (Jahre)	39	12,62	12,51	5,99	19,75	3,08
5s (mm)	39	1,71	1,43	0,46	4,92	0,98
7s (mm)	39	2,1	1,86	0,0	5,38	1,24
9s (mm)	39	1,73	1,43	0,46	4,92	0,96
10s (Jahre)	39	13,12	2,92	7,01	19,82	2,92
12s (mm)	39	0,32	0,36	0,00	1,38	0,36
13s (Jahre)	39	13,67	14,25	8,03	20,07	3,2
14s (Jahre)	39	0,55	0,51	0,0	3,43	0,85
15s (Jahre)	39	14,12	13,92	8,01	20,82	2,92
17s (mm)	37	1,67	1,63	0,41	4,33	0,87
18s (mm)	37	0,55	0,49	-0,72	3,53	0,94
19s (mm/Jahr)	25	1,17	1,03	0,01	3,91	1,13
20s (mm)	37	1,21	1,22	0,39	2,10	0,42

Tabelle 3.4: Differenz zwischen der maximal erzielten Erweiterung der ersten Molaren und der Implantate in der Crista zygomatico-alveolaris. Die zweite Zeile gibt die prozentuale Expansion der Implantate im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris, wenn die Erweiterung im Zahnbogen 100% beträgt

Variable	Mittelwert	Median	min	max	Standard- abweichung
Differenz (mm)	4,35	4,17	-1,50	11,30	2,55
Anteil (%)	28	29			

Ergebnisse

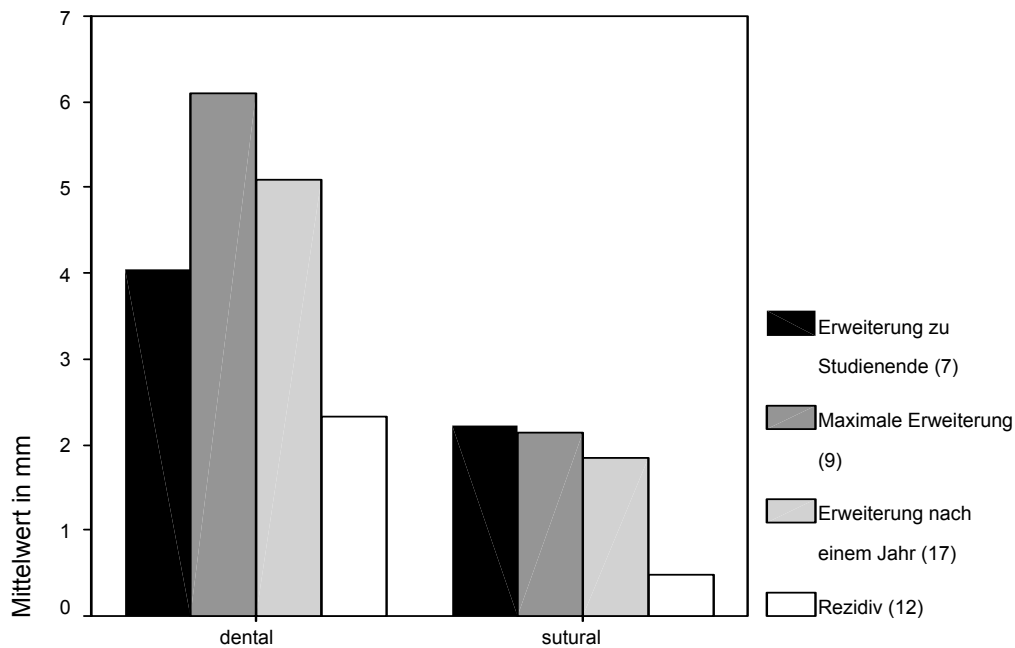


Abbildung 3.3: Mittelwerte der wichtigsten Variablen dental und sutural gegenübergestellt.

Tabelle 3.5: Differenz zwischen der maximal erzielten Erweiterung der ersten Molaren und der Implantate in der Crista zygomatico-alveolaris aufgeteilt nach Studien Skieller (1964) (1) und Krebs (1964) (2) und prozentuale Expansion der Implantate im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris, wenn die Erweiterung im Zahnbogen 100% beträgt

Variable	Mittelwert	Median	min	max	Standard-abweichung
Differenz (mm) Studie 1	4,87	4,39	0,94	11,30	2,87
Anteil (%) Studie1	18	19			
Differenz (mm) Studie2	3,99	3,99	-1,50	6,03	1,66
Anteil (%) Studie 2	34	33			

Ergebnisse

Hinsichtlich der Unterschiede der Geschlechter fällt ein nur geringer Unterschied in der absoluten Erweiterung im Zahnbogen von 6,3mm bei den männlichen und 5,9mm bei den weiblichen Probanden auf. Dieser Unterschied ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,39 nicht signifikant. Auch die Differenz zwischen der Erweiterung im Zahnbogen und der Erweiterung im Bereich der Sutur ist bei den männlichen Patienten mit 4,4mm nur um 0,1mm größer als bei den weiblichen Patienten (*siehe Tab. 3.6*). Dieser geringe Unterschied drückte sich außerdem in der prozentualen Berechnung der Erweiterung der Sutur in Abhängigkeit von der Erweiterung des Zahnbogens aus. Bei den weiblichen Patienten werden 29% der Erweiterung des Zahnbogens auch im Bereich der Sutur erreicht, verglichen mit 30% bei den männlichen Patienten. Es ist keine signifikanter Unterschied zwischen den Differenzen der männlichen und der weiblichen Patienten festzustellen.

Tabelle 3.6: Differenz zwischen der maximal erzielten Expansion der ersten Molaren und der Implantate in der Crista zygomatico-alveolaris, aufgeteilt männlich und weiblich und prozentuale Expansion der Implantate im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris, wenn die Erweiterung im Zahnbogen 100% beträgt

Variable	Mittelwert	Median	min	max	Standard-abweichung
Differenz (mm) m.	4,93	4,67	0,05	11,11	2,48
Anteil (%) männlich	27	21			
Differenz (mm) w.	3,86	3,77	-1,26	9,73	2,57
Anteil (%) weiblich	40	39			

3.5. Ergebnisse der Korrelationsanalyse

3.5.1. Ergebnisse der Korrelationsanalyse des Zahnbogen und der Sutur separat betrachtet

3.5.1.1. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der maximal erzielten Erweiterung (9)

	r	p-Wert
Sutur	0,05	0,768
Zahnbogen	-0,12	0,478

Korreliert man das Alter zu Behandlungsbeginn mit der maximal erzielten Erweiterung, errechnete sich eine Korrelation von $r=0,05$ für die Sutur und ein $r=-0,12$ für die Zahnbogen. Es ist kein linearer Zusammenhang zwischen dem Alter in dem expandiert wurde, und dem zu erzielenden Ausmaß der Erweiterung zu beobachten.

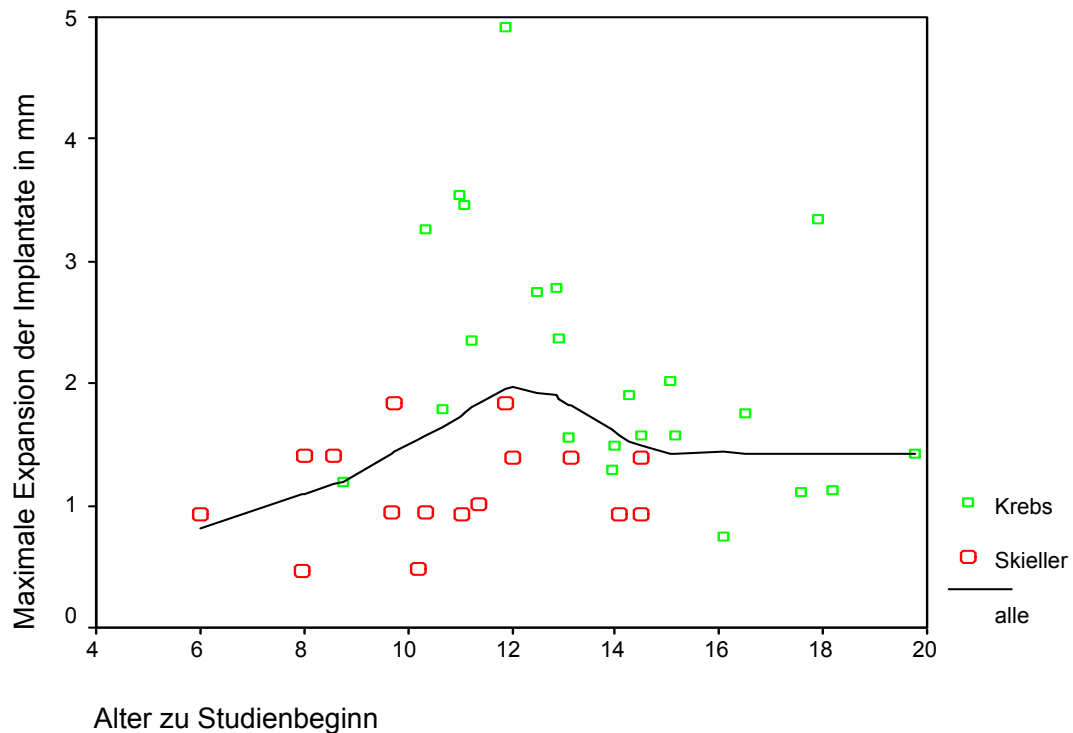


Abbildung 3.4: Kurvenanpassung nach Lowess für die maximal erreichte Erweiterung in mm zwischen den beiden Implantaten in Abhängigkeit vom Alter.

Ergebnisse

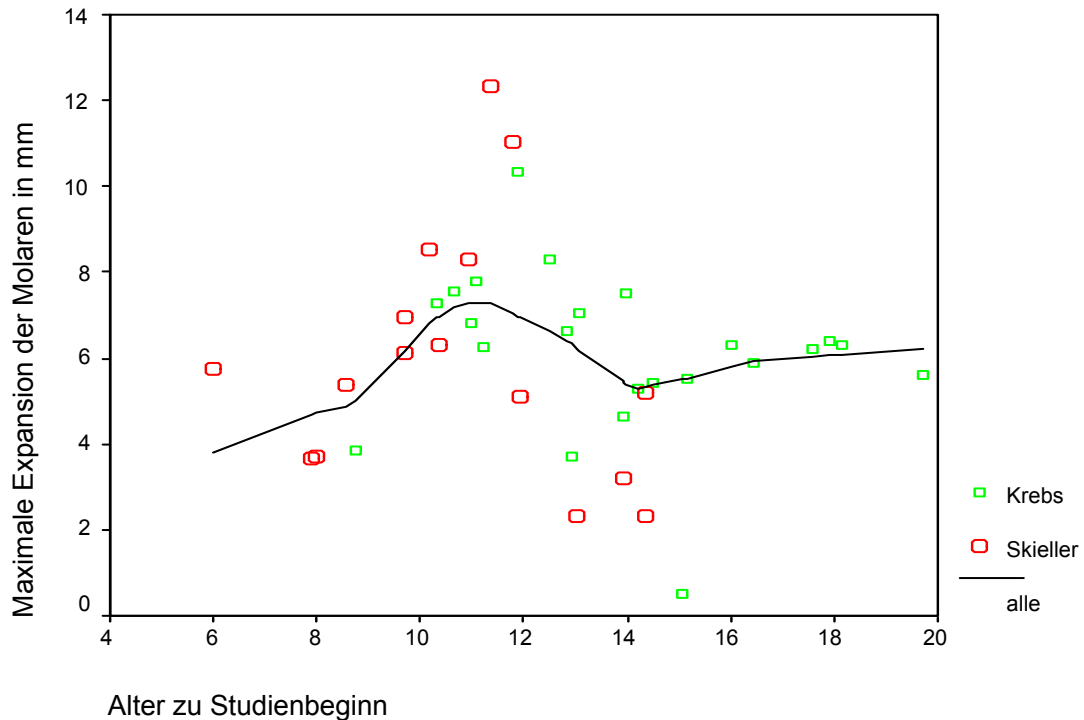


Abbildung 3.5: Kurvenanpassung nach Lowess für die maximal erreichte Erweiterung in mm zwischen den beiden ersten Molaren in Abhängigkeit vom Alter.

Die Kurvenanpassung nach Lowess in *Abbildung 3.4.* zeigt jedoch, dass bis zu einem Alter von 12 Jahren ein kontinuierlicher Anstieg der erzielten Erweiterung im Bereich der Sutur zu beobachten ist. Nach dem zwölften Lebensjahr fällt die maximal zu erzielende Erweiterung dann bis zu einem Alter von 15 Jahren langsam wieder ab und verläuft dann auf einem gleich bleibendem Niveau.

Einen ähnlichen Verlauf der Erweiterung im Verhältnis zum Alter zeigt die Kurvenanpassung nach Lowess auch im Bereich des Zahnbogens *Abbildung 3.5.* Hier ist jedoch ein leichter Anstieg der Kurve ab dem 14. Lebensjahr zu beobachten, wo im Bereich der Sutur die Kurve parallel zur X-Achse verläuft.

3.5.1.2. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der erhaltenen Erweiterung ein Jahr nach maximaler Erweiterung (17)

	r	p-Wert
Sutur	-0,1	0,548
Zahnbogen	-0,1	0,578

Ergebnisse

Ein Jahr nach dem Zeitpunkt, an dem die maximale Erweiterung gemessen wurde, ergibt sich sowohl im Bereich der Sutur, als auch im Bereich des Zahnbogens eine geringe nicht signifikante Korrelation der nach diesem Zeitraum erhaltenen Erweiterung mit dem Alter zu Studienbeginn.

3.5.1.3. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit der erhaltenen Erweiterung ein Jahr danach (17)

	r	p-Wert
Sutur	0,9	<0,001
Zahnbogen	0,9	<0,001

Die Korrelation der erhaltenen Erweiterung, ein Jahr nach dem die maximale Erweiterung gemessen wurde, mit der maximalen Erweiterung, ergibt sehr hohe Korrelationskoeffizienten von 0,9 im Bereich der Sutur und 0,9 im Bereich des Zahnbogens. Die Ergebnisse sind mit $p < 0,001$ ebenfalls in beiden Fällen signifikant.

3.5.1.4. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit dem Ausmaß des Rezidives ein Jahr nach maximaler Erweiterung (20)

	r	p-Wert
Sutur	0,29	0,082
Zahnbogen	0,17	0,33

Mit einem Korrelationskoeffizient von 0,29 im Bereich der Sutur und 0,17 im Bereich der Implantate ist die Korrelation auf beiden Ebenen sehr niedrig. Auch in den Untergruppen im Bereich der Sutur zeigt sich mit $r=0,29$ in der Studie Skieller und $r=0,3$ in der Studie Krebs eine geringe Korrelation. Für den Bereich des Zahnbogens sind die Werte ähnlich. Alle Korrelationswerte sind nicht signifikant.

3.5.1.5. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit dem Verlust an Erweiterung ein Jahr nach maximaler Erweiterung (20)

	r	p-Wert
Sutur	0,38	0,022
Zahnbogen	-0,05	0,777

Für die Korrelation des Alters zu Studienanfang, mit dem Verlust an Erweiterung ein Jahr nach maximaler Erweiterung, zeigt sich eine geringe, aber signifikante Korrelation von $r=0,38$ im Bereich der Sutur. Dieses Ergebnis bedeutet einen leichten Anstieg des Rezidives ein Jahr nach maximaler Erweiterung, mit zunehmendem Alter zu Beginn der Studie. Der errechnete Wert ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,022 signifikant.

Der errechnete Korrelationskoeffizient im Bereich des Zahnbogens zeigt mit $r=-0,05$ keinen starken Zusammenhang zwischen den beiden Messgrößen. Das Ergebnis ist nicht signifikant.

3.5.1.6. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit dem maximalen Verlust an Erweiterung (12)

	r	p-Wert
Sutur	0,32	0,123
Zahnbogen	-0,04	0,81

Der maximale Verlust an Erweiterung im Bereich der Sutur, korreliert mit dem Alter zu Beginn der Studien. Es ergibt sich mit $r=0,32$ fast die gleiche Korrelation wie im vorangegangenen Beispiel. In diesem Fall ist der errechnete Wert jedoch nicht signifikant.

Die Korrelation im Bereich des Zahnbogens zeigt mit einem Wert von $r=-0,04$ praktisch keinen Zusammenhang der getesteten Werte. Die errechnete Irrtumswahrscheinlichkeit ist mit 0,81 ebenfalls nicht signifikant.

3.5.1.7. Korrelation des maximalen Verlustes an Erweiterung (12) mit dem Verlust an Erweiterung nach einem Jahr (20)

	r	p-Wert
Sutur	0,8	<0,001
Zahnbogen	0,61	<0,001

In diesem Fall liegt im Bereich der Sutur, mit einem Korrelationskoeffizient von 0,8 eine sehr hohe Korrelation vor, die auch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ signifikant ist.

Die Zusammenhänge zwischen dem maximal gemessenen Rezidiv und dem Rezidiv ein Jahr nach der maximalen Erweiterung liegen im Bereich des Zahnbogens mit $r = 0,61$ ebenfalls in einem hohen Bereich. Der Zusammenhang ist jedoch nicht so eindeutig wie im Bereich der Sutur. Das Ergebnis ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,001$ signifikant.

3.5.1.8. Korrelation des Verlust der Erweiterung nach einem Jahr (20) mit der Zeitdauer von dem Zeitpunkt der maximalen Erweiterung bis zum Erreichen des maximalen Rezidives (14)

	r	p-Wert
Sutur	-0,07	0,742
Zahnbogen	-0,28	0,098

Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Rezidiv nach einem Jahr und dem Zeitraum, der vergeht, bis ein stabiler Zustand im Bereich der Sutur erreicht ist, nach dem es zu keinem weiteren Rezidiv kommt. Der Korrelationskoeffizient liegt bei $r = -0,07$. Der Wert ist nicht signifikant.

Auch die Korrelation im Bereich des Zahnbogens ist sehr niedrig. Es besteht mit einem Korrelationskoeffizient von $r = -0,28$ ein sehr geringer Zusammenhang zwischen dem Zeitraum der maximalen Erweiterung, bis kein weiteres Rezidiv mehr zu erwarten ist und dem im ersten Jahr nach dem Erreichen der maximalen Erweiterung erfolgtem Verlust an Erweiterung. Das Ergebnis ist nicht signifikant.

3.5.1.9. Korrelation des Verlustes der Erweiterung nach einem Jahr (20) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19)

	r	p-Wert
Sutur	0,47	0,018
Zahnbogen	0,75	<0,001

Es besteht bei der Korrelation des Rezidives nach einem Jahr mit der Geschwindigkeit des Rezidives im Bereich der Sutur eine mittlere Korrelation von 0,47. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei $p=0,018$. Die Korrelationen ist signifikant. Für den Bereich des Zahnbogens errechnet sich eine sehr hohe Korrelation zwischen dem Verlust an Erweiterung im ersten Jahr und der Geschwindigkeit über den gesamten Zeitraum, in dem der Verlust erfolgt. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,75 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,001.

3.5.1.10. Korrelation der maximalen Erweiterung (9) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19)

	r	p-Wert
Sutur	0,11	0,592
Zahnbogen	0,13	0,42

Rechnerisch ergibt sich nur ein sehr kleiner Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Erweiterung und der folgenden Geschwindigkeit, mit der sich das Rezidiv einstellt. Der errechnete Korrelationskoeffizient liegt im Bereich der Sutur bei $r=0,11$ und im Bereich des Zahnbogens bei $r=0,13$, das Ergebnis ist in beiden Fällen mit $p=0,59$ und $p=0,42$ nicht signifikant.

3.5.1.11. Korrelation des Alters zu Studienanfang (3) mit der Geschwindigkeit des Rezidives (19)

	r	p-Wert
Sutur	0,32	0,105
Zahnbogen	-0,134	0,415

Die Korrelation im Bereich der Sutur liegt auf einem sehr geringen Niveau. Der Korrelationskoeffizient liegt bei $r=0,33$, bei einer relativ hohen Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,105$. Das Ergebnis ist somit nicht signifikant. Auch im Zahnbogen zeigt das Alter statistisch keinen linearen Zusammenhang mit der Geschwindigkeit, mit der ein Teil der Erweiterung verloren geht. Der Korrelationskoeffizient liegt bei $r=-0,13$ und ist mit $p=0,415$ nicht signifikant.

3.5.2. Korrelation zwischen den erzielten Ergebnissen im Bereich der Sutur und den Ergebnissen im Bereich des Zahnbogens:

Tabelle 3.7: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen im Zahnbogen und den im Bereich der Implantate gemessenen Werten für die angegebenen Variablen.

Variable Nr.	r	p-Wert
9 d+s	0,28	0,083
14 d+s	0,07	0,76
17 d+s	0,33	0,048
20 d+s	0,02	0,9

3.5.2.1. Korrelation der maximalen Erweiterungen (9)

Die Erweiterung im Zahnbogen korreliert nur in sehr geringem Maße mit der daraus folgenden Erweiterung im Bereich der Sutur. Der Korrelationskoeffizient beträgt lediglich 0,28. Der Wert ist nicht signifikant. In den Untergruppen gibt es ebenfalls keine signifikante Korrelation.

3.5.2.2. Zeitraum von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14)

Die Dauer bis zum Erreichen des Zeitpunktes, ab dem kein weiterer Verlust der erzielten Erweiterung zu erwarten ist, ist in beiden Messbereichen unabhängig von einander. Der Korrelationskoeffizient liegt bei 0,07 und ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,76 nicht signifikant.

3.5.2.3. Korrelation der erhaltenen Erweiterungen nach einem Jahr (17)

Nach einem Jahr sind im Ausmaß der erhaltenen Erweiterung mit einem Korrelationskoeffizient von $r=0,33$ keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen der Erweiterung im Bereich des Zahnbogens und im Bereich der Sutur zu erkennen. Auch hier gibt es in den Untergruppen nur einen geringen Zusammenhang, der jedoch signifikant ist.

3.5.2.4. Korrelation der Rezidive ein Jahr nach Erreichen der maximalen Erweiterung (20)

Es besteht mit einem r von 0,02 kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Rezidiv im Bereich des Zahnbogens und dem Rezidiv im Bereich der Sutur.

3.6. Mittelwertvergleiche mit t-Test. Vergleich unter den Gruppen Skieller und Krebs

3.6.1. Mittelwertvergleich des Alters (3) in den Untergruppen

Der erste t-Test vergleicht die Mittelwerte des Alters zu Beginn der Studie der beiden Untergruppen. Dies ist von Bedeutung, da eine Abweichung im Durchschnittsalter

Ergebnisse

der Untergruppen die Aussagekraft der weiteren Mittelwertvergleiche einschränkt. Mit einem Durchschnittsalter von 10,7 Jahren in der Gruppe Skieller und 13,9 Jahren in der Gruppe Krebs besteht ein signifikanter Unterschied in den Untergruppen ($p < 0,001$). Die mittlere Differenz beträgt 3,2 Lebensjahre.

3.6.2. Mittelwertvergleich im Bereich des Zahnbogens zwischen den Untergruppen

Tabelle 3.8: Ergebnisse des t-Testes im Bereich des Zahnbogens zwischen den Untergruppen.

Variable Nr.	Mittlere Differenz	p-Wert
7d	0,05mm	0,95
9d	0,12mm	0,872
12d	0,29mm	0,586
14d	1,91Jahre	<0,001
20d	0,57mm	0,115

3.6.2.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) zwischen den Untergruppen

Die mittlere Differenz von 0,12mm zwischen den beiden Untergruppen bei der maximal erreichten Erweiterung im Zahnbogen zugunsten der Untersuchungsgruppe von Krebs ist kein signifikanter Unterschied. In beiden Gruppen wurde eine gleichwertige Strecke expandiert.

3.6.2.2. Mittelwertvergleich der erhaltene Erweiterung zu Studienende (7) zwischen den Untergruppen

Wie im vorangegangenen Vergleich der Mittelwerte ist auch gegen Ende der Studie kein signifikanter Unterschied in der erzielten Erweiterung festzustellen. Die mittlere Differenz ist mit 0,05mm zugunsten der Gruppe Skieller sogar noch ein wenig geringer.

3.6.2.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und des Rezidives nach einem Jahr (20) zwischen den Untergruppen

Der Vergleich der Untergruppen zeigt, bezüglich des Rezidiv keine signifikanten Unterschiede. Der nach einem Jahr gemessene mittlere Unterschied beträgt 0,6mm zugunsten der Gruppe Skieller.

Bei dem maximal gemessenen Rezidiv sind im Mittel 0,3mm mehr Erweiterung in der Gruppe von Krebs verloren gegangen.

3.6.2.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv mehr auftritt (14) zwischen den Untergruppen

In der Gruppe von Skieller vergehen im Mittel 1,7 Jahr bis eine fixierte Breite des Zahnbogens vorliegt und zu keinem weiteren Verlust an gewonnener Erweiterung mehr kommt. In der Gruppe Krebs dauert dieser Konsolidierungsvorgang mit 3,6 Jahren mehr als doppelt so lange. Dies ist bei einer mittleren Differenz von 1,9 Jahren ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$).

3.6.3. Mittelwertvergleich im Bereich der Sutur zwischen den Untergruppen

Tabelle 3.9: Ergebnisse des Mittelwertvergleiches im Bereich der Sutur zwischen den Untergruppen.

Variable Nr.	Mittlere Differenz	p-Wert
7d	0,65mm	0,108
9d	1,01mm	0,001
12d	0,23mm	0,228
14d	0,73Jahre	0,154
20d	0,25mm	0,08

3.6.3.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) zwischen den Untergruppen

Im Bereich der Suture gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Untergruppen. In der Gruppe Skieller hatte die Expansion im Zahnbogen im Mittel 1,1mm Erweiterung im Bereich der Suture zur Folge, in der Gruppe Krebs wurde mit 2,1mm eine fast doppelt so große Erweiterung erreicht ($p < 0,001$).

3.6.3.2. Mittelwertvergleich der erhaltene Erweiterung zu Studienende (7) zwischen den Untergruppen

Die zu Studienbeginn registrierten Unterschiede im Expansionsverhalten der beiden Gruppen ist bei den Expansionswerten am Studienende nicht nachzuvollziehen. Im Mittel werden in der Gruppe Skieller 1,7mm und in der Gruppe Krebs 2,3mm gemessen. Die Mittelwerte haben sich soweit angenähert, dass nur noch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,11 von einem Unterschied in den Untergruppen gesprochen werden kann. Es liegt also kein signifikanter Unterschied vor.

3.6.3.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und des Rezidives nach einem Jahr (20) zwischen den Untergruppen

Der messbare Verlust an gewonnener Erweiterung verhält sich in beiden Gruppen ähnlich, es können sowohl nach einem Jahr, als auch zum Zeitpunkt des maximalen Erweiterungsverlustes keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bei maximalem Erweiterungsverlust wurde auf Grund der Tatsache, dass es in der Gruppe Skieller nur in 4 Fällen zu einem messbaren Verlust an Erweiterung kam, bei den übrigen Patienten ohne Rezidiv der Wert für das Rezidiv gleich null gesetzt.

3.6.3.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) zwischen den Untergruppen

Der Zeitraum von maximaler Erweiterung bis zur Konsolidierung zeigt nach dem t-Test in den Untergruppen keinen signifikanten Unterschied, obwohl in der Gruppe Skieller ein mit 1,5 Jahren doppelt so langer Zeitraum benötigt wurde, wie in der Gruppe Krebs mit 0,7 Jahren. Da hier ebenfalls nur 4 Werte in der Gruppe Skieller erhoben werden konnten, wurde der Rangtest nach Mann-Whitney durchgeführt, der mit einem t-Wert von 14,5 unterhalb des unteren kritischen Wertes von 15 liegt und einen signifikanten Unterschied zeigt ($p < 0,05$).

3.7. Mittelwertvergleiche mit t-Test. Vergleich zwischen den Geschlechtern

3.7.1. Mittelwertvergleich des Alters (3) zwischen den Geschlechtern

Der Mittelwertvergleich zwischen den Geschlechtern hinsichtlich des Alters zeigt ein fast identische Durchschnittsalter von 12 Jahren und 8 Monaten bei den männlichen und 12 Jahren und 6 Monaten bei den weiblichen Studienteilnehmern. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,228$ bestehen keine signifikanten Unterschiede im Alter. Dies ist für die Betrachtung der weiteren Vergleiche von Bedeutung, da ein größerer Altersunterschied die Aussagen der Ergebnisse in Frage stellt.

3.7.2. Mittelwertvergleich im Bereich des Zahnbogens zwischen den Geschlechtern

Tabelle 3.10: Ergebnisse des t-Testes im Bereich des Zahnbogens zwischen den Geschlechtern.

Variable Nr.	Mittlere Differenz	p-Wert
7d	0mm	0,987
9d	0,38mm	0,616
12d	0,36mm	0,5
14d	0Jahre	0,985
20d	0,21mm	0,571

3.7.2.1. Mittelwertvergleich der maximalen Erweiterung (9) zwischen den Geschlechtern

Die Expansion im Zahnbogen zeigt bei beiden Geschlechtern mit einer mittleren Erweiterung von 6,3mm bei den männlichen und 5,9mm bei den weiblichen Patienten einen ähnlichen Erfolg. Statistisch gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei $p=0,616$.

3.7.2.2. Mittelwertvergleich der erhaltene Erweiterung zu Studienende (7) zwischen den Geschlechtern

Zu Studienende zeigt sich mit 4,1mm bei beiden Geschlechtern eine gleich große Erweiterung im Bereich der Molaren. Eine signifikante Abweichung der Mittelwerte kann es bei diesem Ergebnis somit nicht geben.

3.7.2.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und des Rezidives nach einem Jahr (20) zwischen den Geschlechtern

Bei einer mittleren Differenz von 0,2mm an Rezidiv nach einem Jahr, beziehungsweise 0,4mm zum Zeitpunkt des maximalen Rezidives gibt es keine signifikanten Unterschiede im Rezidivverhalten der Geschlechter im Bereich des Zahnbogens.

3.7.2.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) zwischen den Geschlechtern

Mit einem Zeitraum von 2 Jahren und 9 Monaten unterscheidet sich der Zeitraum von der maximalen Erweiterung des Zahnbogens bis zum Erreichen des maximalen Rezidives nicht. Dementsprechend bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

3.7.3. Mittelwertvergleich im Bereich der Suture zwischen den Geschlechtern

Tabelle 3.11: Ergebnisse des Mittelwertvergleiches im Bereich der Suture zwischen den Untergruppen.

Variable Nr.	Mittlere Differenz	p-Wert
7d	0,7mm	0,80
9d	0,27mm	0,394
12d	0,03mm	0,379
14d	0,75 Jahre	0,039
20d	0,3mm	0,589

3.7.3.1. Mittelwertvergleich der Maximale Erweiterung (9) zwischen den Geschlechtern

Im Bereich der Suture zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern ($p=0,394$). Bei den weiblichen Studienteilnehmern wurde im Schnitt eine Erweiterung von 1,6mm im Bereich der Implantate erzielt. Bei den männlichen Patienten wurde eine geringfügig größere Erweiterung von 1,9mm gemessen.

3.7.3.2. Mittelwertvergleich der erhaltener Erweiterung zu Studienende (6) zwischen den Geschlechtern

Auch zum Studienende gibt es mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,08$ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern in der erzielten Erweiterung im Bereich der Implantate. Bei den männlichen Patienten wurde mit 2,5mm im Durchschnitt eine geringfügig größere Erweiterung erzielt als mit 1,8mm bei den weiblichen.

3.7.3.3. Mittelwertvergleich des Rezidives (12) und des Rezidives nach einem Jahr (20) zwischen den Geschlechtern

Sowohl ein Jahr nach der maximalen Expansion, als auch zu dem Zeitpunkt an dem das maximale Rezidiv auftritt besteht mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0,589$, beziehungsweise $p=0,379$, zwischen beiden Geschlechtern kein signifikanter Unterschied an Expansionsverlust im Bereich der Implantate.

3.7.3.4. Mittelwertvergleich des Zeitraums von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Zeitpunktes an dem kein weiteres Rezidiv auftritt (14) zwischen den Geschlechtern

Der Zeitraum von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des maximalen Rezidives ist der einzige Mittelwert der einen signifikanten Unterschied mit $p=0,039$ im t-Test zwischen den Geschlechtern zeigt.

Bei den männlichen Patienten ist nach ca. 6 Monaten dieser Zeitpunkt bereits erreicht, während es bei den weiblichen Patienten fast 1 Jahr und 3 Monate dauert bis das maximale Rezidiv erreicht ist.

4. Diskussion

Wie in den vorangegangenen Kapiteln bereits erwähnt basiert die Arbeit auf den zwei Studien „Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method“ von Skieller (1964) und “Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period” von Krebs (1964) die im Jahre 1964 auf der „Transaction of the European Orthodontic Society“ vorgestellt wurden. Da diese Daten jedoch auf Grund des sehr guten Studiendesigns und der im Vergleich zu anderen Studien relativ hohen Fallzahl als sehr wertvolle Daten einzustufen sind, ist es sinnvoll eine erneute Auswertung der Daten vorzunehmen. Das Ziel der Arbeit war es die zwei Studien miteinander ausführlich zu vergleichen und die gesammelten Daten im Zusammenhang auszuwerten.

4.1. Vergleich der Erweiterung im Zahnbogen mit der Erweiterung im Bereich der Implantate

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit war die Auswirkung einer transversalen Expansion im Oberkiefer, mit Hilfe kieferorthopädischer Geräte, auf die transversale Dimension im Bereich des Zahnbogens und die skelettalen Verhältnisse im Bereich des Oberkiefers. Der Vergleich dieser beiden Bereiche soll Aufschluss darüber geben, ob die Erweiterung im Zahnbogen eine Lateral- oder Kippbewegung der Zähne, bzw. des Alveolarfortsatzes bewirkt und somit nur eine begrenzte Auswirkung auf die skelettale Basis des Oberkiefers hat oder ob eine Expansion des Zahnbogens auch eine Erweiterung im Bereich der Basis der Maxilla zu Folge hat. Wenn dies der Fall ist, soll weiter geklärt werden wie groß diese Auswirkung ist.

Die transversale Expansion zeigte bei allen 39 Patienten der beiden Studien eine Erweiterung des Zahnbogens, die im Bereich der oberen ersten Molaren an Gipsmodellen gemessen wurde. Im Mittel wurde eine Erweiterung von 6,1mm erzielt. Die maximale Erweiterung reichte von 0,5mm bis 12,3mm. Der Patient bei dem lediglich eine Expansion von 0,5mm erreicht wurde stellte jedoch einen Ausreißer dar, weil es keine weiteren Patienten mit ähnlich niedrigem Expansionswert im Bereich der Molaren gab. Würde dieser Patient nicht berücksichtigt, läge der

Diskussion

geringste Wert für die maximale Expansion im Zahnbogen bei 2,3mm. Diese Daten entsprechen den Ergebnissen anderer Studien, die alle, unabhängig von der Methode der transversalen Expansion, eine deutliche Distanzzunahme der Molaren beschreiben.

Die durchschnittlich erzielte Erweiterung im Zahnbogen bewegen sich in vergleichbaren Studien (da Silva et al. 1995, Cross und McDonald 2000, Ladner und Muhl 1995, Ciambotti et al. 2001) in einem Bereich von 5,1mm bei Meminkoglu und Iseri 1999 bis 8,4mm bei Karaman 2002. Diese Studien zeigen somit alle eine Erweiterung des Zahnbogens durch die Therapie der maxillären Expansion. Im Falle eines einseitigen oder beidseitigen Kreuzbisses ist, diesen Ergebnissen folgend, die Indikation zur transversalen Erweiterung mittels kieferorthopädischer Expansion der Maxilla gegeben (Bishara und Stanley 1987, Haas 1971).

Im Bereich der Implantate, die an der Basis der Maxilla am Übergang zum Jochbein gesetzt wurden, wurde ebenfalls bei allen Patienten der Studien von Skieller 1964 und Krebs 1964 eine Zunahme des Abstandes gemessen. Der Abstand vergrößerte sich durchschnittlich um 1,7mm, die Streuung lag in einem Bereich von 0,5 bis 4,9 mm. Die beim Röntgen projektionsbedingte Vergrößerung wurde bei diesen Werten berücksichtigt und herausgerechnet. Da die maximale Distanzzunahme in den meisten Fällen unmittelbar nach der Expansion gemessen wurde, ist das Wachstum von Beginn der Expansion bis zu diesem Zeitpunkt vernachlässigbar und wurde nicht berücksichtigt. In der Literatur findet sich nach Expansion im Zahnbogen eine transversale Weitung der maxillären Basis von 1,0mm bis 4,1mm (da Silva et al. 1995, Cross und McDonald 2000, Ladner und Muhl 1995, Ciambotti et al. 2001). Es ist zu beachten, dass bei all diesen Studien keine Implantate gesetzt wurden, was eine Auswertung der posterior-anterioren Röntgenbilder erschwert. Sari (2003) beschreiben einen Methodenfehler bei dieser Art der Auswertung von 0,54mm. Für die Distanzmessung an Röntgenbildern mit Implantaten, diese Methode wurde auch in den Studien von Krebs (1964) und Skieller (1964) angewendet, gibt Skieller einen Methodenfehler von 0,25mm bis 0,3mm an. Hicks (1978), der ebenfalls Messungen an Röntgenbildern mit Implantaten durchführte, gibt einen Methodenfehler von 0,1% bis 0,5% an, was einer Abweichung von maximal 0,3mm entspricht. Die Fehlerquote ist demnach in den Studien ohne Implantate doppelt so hoch wie in Studien mit Implantaten. In der Studie von Ladner (1995) erfolgten die Messungen vollkommen

Diskussion

ohne die Erstellung von Röntgenbildern an Gipsmodellen der Kiefer, über den Methodenfehler wurde nicht berichtet. Diese Werte zeigen, dass die von Krebs (1964) und Skieller (1964) gewonnenen Daten auf Grund ihrer Methodik genauer sind, als die Werte vergleichbarer Studien, die ohne die implantatgestützte Messung an Röntgenbildern durchgeführt wurden.

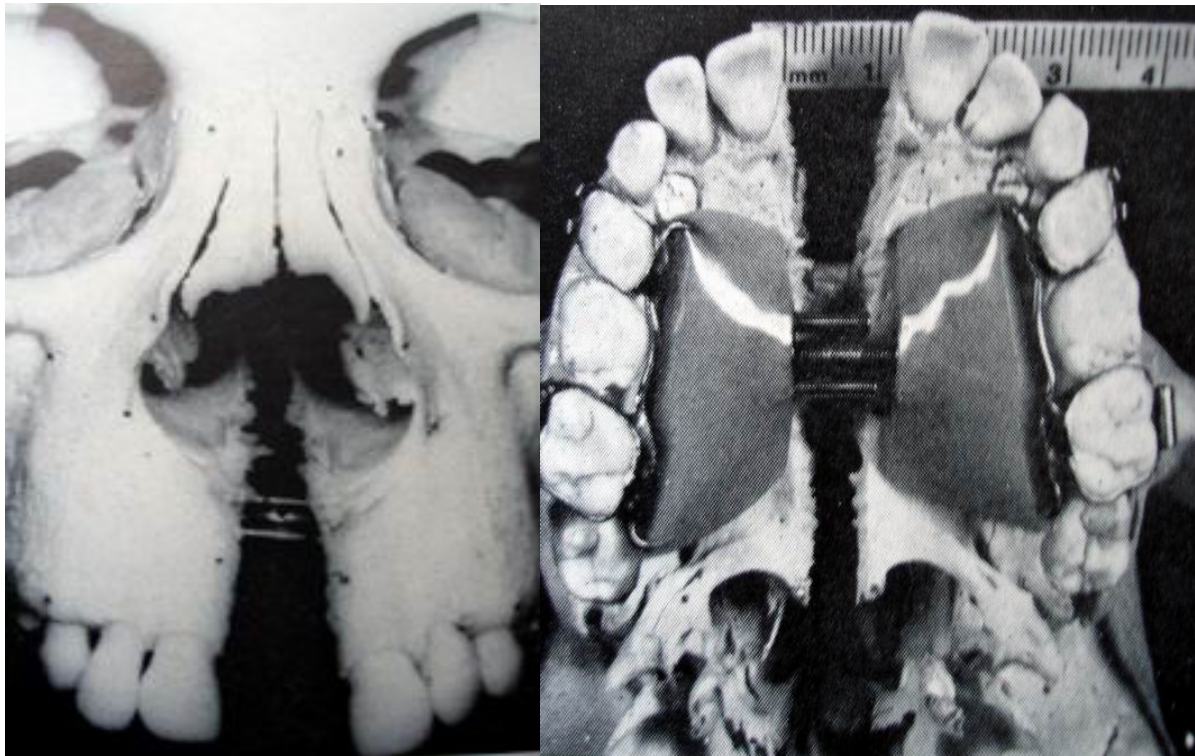
Die skelettal erzielte Erweiterung im Bereich der Oberkieferbasis kann zur dental erzielten Erweiterung in Beziehung gesetzt werden, um festzustellen, in wie weit eine dentale Expansion auch eine skelettale Erweiterung zu Folge hat. Zur besseren Vergleichbarkeit der Studien untereinander wurde die skelettale Erweiterung in Prozent der dentalen Erweiterung angegeben. In den Studien von Krebs (1964) und Skieller (1964) wurde im Mittel 28% der dentalen Erweiterung auch im skelettalen Bereich wirksam. In den oben genannten vergleichbaren Studien ist eine große Variationsbreite von 16% bis 80% zu finden. Die Messungen im Bereich der Kieferbasen wurden jedoch in keiner der genannten Studien mit Hilfe von Implantaten durchgeführt, was für eine geringere Qualität der Ergebnisse im Vergleich der Studien von Krebs (1964) und Skieller (1964) spricht.

Ein überraschendes Ergebnis erhält man, wenn man die dentale und die skelettale maximale Erweiterung miteinander korreliert. Zu erwarten wäre eine hohe Korrelation, da eine große Erweiterung im Zahnbogen auch eine große Erweiterung im skelettalen Bereich zur Folge haben müsste. Die lineare Korrelation zwischen diesen beiden Werten zeigt jedoch nur eine geringe Korrelation, die sich auf dem Niveau eines zufälligen Zusammenhangs befindet. Dieses Ergebnis zeigt, dass nicht unmittelbar von der dentalen auf die skelettale Erweiterung geschlossen werden kann, da offensichtlich das Ausmaß der skelettalen Erweiterung noch von weiteren Faktoren abhängig ist.

Gründe für die nicht vollständig in skelettale Erweiterung umgesetzte dentale Erweiterung können sowohl auf der dentalen, als auch auf der skelettalen Ebene liegen. So wurde von Cotten (1978), der eine Studie mit langsamer Expansion an Affen durchführte, eine bukkale Kippung der Molaren von 2 bis 17 Grad und eine Kippung des Alveolarfortsatzes von 4 bis 7 Grad berichtet. Hicks (1978) fand eine bukkale Kippung der oberen Molaren von 1,5 bis 24 Grad bei langsamer Expansion,

dagegen beschreibt Herold (1978) eine nur geringe Kippung der Molaren bei RME. Diese bukkale Kippung der Zähne bewirkt ein Auseinanderweichen der Zahnkronen, während sich der Abstand der Wurzelspitzen verringert, die Folge ist eine Distanzzunahme im Bereich der Messpunkte der Zahnkronen. Diese gemessene Distanzzunahme der Zahnkronen entspricht demnach nicht einer Distanzzunahme der ganzen Zähne.

Auf skelettaler Ebene berichtet Wertz (1970) über eine pyramidenartige Öffnung der Maxilla während der Expansion mit einer occlusalen Basis und einer Spitze, die das Rotationszentrum bildet, im Bereich der fronto-maxillären Suture (Bild 4.1.). Da die Molaren eine größere Entfernung vom Rotationszentrum haben als die Oberkieferbasis, legen sie bei Expansion einen größeren Weg zurück und zeigen eine größere Erweiterung als die Implantate im Bereich der Basis. Weiter berichtet Wertz über eine unregelmäßige Öffnung der Sutura pallatina in der horizontalen Ebene mit einer größeren Öffnung im anterioren Bereich. Sarnäs et al. (1992), die



4.1.

4.2.

Das Bild 4.1. zeigt eine frontale Ansicht eines Schädels nach einer maxillären Expansion. Die Inzisivi haben die größte Expansion erfahren, das Rotationszentrum der Expansion liegt im Bereich der fronto-maxillären Suture. Bild 4.2. zeigt eine Ansicht der Maxilla nach Expansion von caudal. Die Öffnung der Suture ist im anterioren Bereich am größten (Wertz 1970).

sich der Implantationsmethode bedienen, erhielten ein vergleichbares Ergebnis. Diese unregelmäßige Öffnung ist durch den im dorsalen Bereich an die Maxilla angrenzenden Vomer zu erklären, der nicht paarig angelegt und so nicht durch eine Sutur getrennt ist. So stabilisiert der Vomer beide Hälften der Maxilla im dorsalen Bereich, während die Erweiterung im anterioren Bereich leichter möglich ist (Bild 4.2). Haas (1980) findet bei seinen Untersuchungen ein anderes Ergebnis. Er stellt auf Oberkieferaufbißaufnahmen eine nahezu parallele Öffnung der Sutur im vorderen und hinteren Bereich fest. Die Daten von Krebs (1964) und Skieller (1964) erlauben keine Rückschlüsse auf den genauen Vorgang der Erweiterung der Sutur. Da nur der Abstand zweier Implantate auf einer PA-Schädelaufnahme gemessen wurde, ist eine Quantifizierung der anterioren und der posterioren Erweiterung der Sutur nicht möglich. Handelmann et al. (2000) sieht bei erwachsenen Patienten eine Kippung des Alveolarfortsatzes nach buccal, während in der Gruppe mit Kindern im Wechselgebiss eine skelettale Erweiterung ohne Kippung des Alveolarfortsatzes zu finden ist. Er sieht eine Erklärung in der nicht verschlossenen Sutura palatina bei Kindern, die eine Erweiterung in diesem Bereich zulässt und so dass es nicht zu einer Kippung der Alveolarfortsätze kommt.

Eine Erklärung für die großen Unterschiede innerhalb der Studien hinsichtlich der skelettalen Erweiterung könnten die verschiedenen Expansionsmethoden, sowie die unterschiedliche Expansionsdauer der einzelnen Studien sein. Die von uns untersuchten Studien zeigten signifikante Unterschiede im Verhältnis skelettaler zu dentaler Expansion. So wurde mit der schnellen maxillären Expansion (RME) mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur in der Studie von Krebs (1964) 34% skelettale Erweiterung erreicht, während in der Studie von Skieller (1964) mit einer herausnehmbaren Apparatur und langsamer Expansion nur 18% der dentalen Erweiterung auch im skelettalen Bereich messbar waren.

Vergleiche mit der vorhandenen Literatur zeigen ähnliche Ergebnisse. Diese Studien wurde jedoch alle ohne Implantate zur genaueren Messung der skelettalen Erweiterung durchgeführt. In der Studie von Ladner und Muhl (1995) wird die RME einer Expansion mit Hilfe einer Quadhelix Apparatur gegenüber gestellt. Es zeigt sich in der Patientengruppe, die mit der RME behandelt wurde, eine skelettale Erweiterung von 44% der dentalen Erweiterung. Die Expansionsphase dauerte im Schnitt 23 Tage. Im Vergleich dazu wurde in der Quadhelixgruppe nur 24% der

Diskussion

dentalen Erweiterung skelettal umgesetzt. Die Expansion dauerte hier im Mittel 149 Tage. Ciambottis et al.(2001) Ergebnisse zeigen insgesamt eine geringere skelettale Erweiterung im Verhältnis zur dentalen Erweiterung, verglichen mit den anderen Studien. Auch hier zeigte sich eine deutlich größere skelettale Erweiterung von 30% in der Patientengruppe mit RME, bei einer Aktivierung von 0,5mm pro Tag, verglichen mit der Gruppe, die mittels einer Nickel-Titan Gaumenexpansionsapparatur expandiert wurden. In dieser langsamer expandierten Gruppe- die Expansion ging über drei Monate- lag der skelettale Erweiterungserfolg bei nur 16% des dentalen Erfolges. Die für die beiden Gruppen separat bestimmte Kippung der Molaren zeigt in der REM Gruppe eine Kippung der Molaren von 6,1°, während die Kippung in der mit Nickel-Titan Gaumenexpansionsapparatur behandelten Gruppe bei 11,7° fast das Doppelte betrug. Der Alveolarfortsatz verhielt sich in beiden Gruppen mit einer Kippung von 5,1° in der RME und 6,6° in der Nickel-Titan Gruppe ähnlich.

In den Studien von da Silva et al. (1995) und Meminkoglu und Iseri (1999) wurden mit Hilfe der RME sogar eine skelettale Erweiterungen von 50,1% bzw. 80% der dentalen Erweiterung erreicht. Ein Vergleich mit einer Alternativmethode wurde nicht durchgeführt. Karaman (2002) erzielte mit einer Nickel-Titan-Apparatur und langsamer Expansion im Zahnbogen eine Erweiterung auf skelettaler Ebene von 26,8%. Implantate zur Kontrolle der Erweiterung der Maxilla wurde in keiner der Studien angewendet.

Diese Vergleiche zeigen eindeutig eine größere Effektivität der RME im Bereich der skelettalen Expansion verglichen mit langsamen Expansionsmethoden, bei vergleichbarem Expansionserfolg im Zahnbogen. Für diese konstant beobachteten Ergebnisse werden verschiedene Gründe diskutiert.

RME-Apparaturen erzielen mit Kräften von 2 bis 5Kg pro Aktivierung (Wertz 1970, Isaacson et al.1964) wesentlich höhere Kräfte, als beispielsweise eine Nickel-Titan Gaumenexpansionsapparatur mit ca. 400g (Ciambottis et al. 2001), was eine Eröffnung der Suturen bewirken könnte. Weiterhin besteht im Fall der langsamen Expansion länger die Möglichkeit einer dentalen Kippung, da die Krafteinwirkung über einen längeren Zeitraum besteht. Das für die Kippung der Zähne notwendige Remodeling des Knochens, mit Knochenabbau auf der einen und einem Knochenanbau auf der anderen Seite des Zahnes, ist eher bei langsamer Expansion gegeben.

4.2. Abhängigkeit der Expansion vom Alter und vom Geschlecht

In den Studien von Skieller (1964) und Krebs (1964) fanden sich keine Unterschiede im Behandlungsergebnis zwischen beiden Geschlechtern. Sowohl im Bereich des Zahnbogens, als auch im skelettalen Bereich konnten keine Mittelwertunterschiede im t-Test ermittelt werden. Lediglich der Zeitraum bis zum Erreichen des maximalen Rezidives dauerte im skelettalen Bereich bei den weiblichen Patienten wesentlich länger als bei den männlichen. Auch Wertz (1970) und Sandikcioglu und Hazar (1997) können bei ihrem Patientenkollektiv keinen statistischen Unterschied zwischen Jungen und Mädchen feststellen.

In der Korrelationsanalyse zwischen dem Alter der Patienten und dem Expansionsergebnis ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge. Die Kurvenanpassung nach Lowess für den skelettalen Bereich (*Abb. 3.3*) zeigte jedoch einen kontinuierlichen Anstieg vom sechsten bis zum 12. Lebensjahr, der dann aber bis zum 15. Lebensjahr wieder abfällt und anschließend parallel zur X-Achse verläuft. Die Kurve zeigt ein Erweiterungsmaximum zum Zeitpunkt des pubertären Wachstumsschubs, der bei Mädchen im 12. und bei Jungen im 14. Lebensjahr liegt. Die größte Erweiterung im skelettalen Bereich wird nach diesen Studien während des pubertären Wachstumsschubes erzielt. Da die Kurve nicht linear verläuft, zeigt sich in der linearen Korrelation ein nur sehr geringer Zusammenhang.

Die Kurvenanpassung nach Lowess für den Zahnbogen (*Abbildung 3.3*) zeigt einen vergleichbaren Kurvenverlauf, jedoch mit einem Erweiterungsmaximum etwa ein Jahr vor dem Maximum der skelettalen Expansion.

Diese beiden Kurvenverläufe lassen vermuten, dass der Erweiterungserfolg im dentalen und im skelettalen Bereich zu unterschiedlichen Zeitpunkten maximal ist. Eine Erklärung für diesen Unterschied im Zeitpunkt der optimalen Beeinflussbarkeit könnte darin liegen, dass die zweite Wechselphase des Gebisses zwischen dem 10. und 13. Lebensjahr liegt, während der pubertäre Wachstumsschub, in dem es neben dem Wachstum der Röhrenknochen auch zum Knochenwachstum der Schädelknochen kommt, zwischen dem 12. und 14. Lebensjahr liegt. Geht man davon aus, dass Gewebe, die sich im Wachstum befinden leichter zu beeinflussen sind als ausgewachsene Gewebe oder Gewebe in einer Wachstumspause, so könnte hierin die Erklärung für die beiden Erweiterungsspitzen liegen.

Dieser altersabhängige Erweiterungserfolg wurde auch in anderen Studien beobachtet. So empfehlen Sari et al. (2003) nach ihrer Studie, in der sie die RME im Wechselgebiss mit der RME im frühen permanentem Gebiss vergleichen, die Expansion im permanenten Gebiss, da zu diesem Zeitpunkt ein größerer orthopädischer Effekt zu erzielen ist. Dagegen fand Wertz (1970) in seiner Studie, in der er die Patienten in drei Gruppen einteilte, in der Gruppe mit Patienten ab 13 Jahren eine generell geringere skelettale Expansion als in den Gruppen mit jüngeren Patienten.

4.3. Erfolg der Expansion in der Nachbeobachtung

Um den wirklichen Nutzen der Expansion im Oberkiefer zu erfassen, ist es wichtig die Ergebnisse im Verlauf zu betrachten, da eine Expansion mit primärer Überstellung eines lateralen Kreuzbisses im Oberkiefer nur dann als erfolgreich betrachtet werden kann, wenn das Ergebnis stabil ist und es nicht durch ein ausgeprägtes Rezidiv zu einem erneuten Kreuzbiss kommt. Die nach einem Jahr gemessenen Werte der maximalen erzielten Erweiterung zeigen einen leichten Verlust der erzielten Erweiterung, sowohl im Bereich des Zahnbogens, als auch auf skelettaler Ebene. Von 6,1mm erzielter Erweiterung im Bereich der Oberkiefer Sechser waren ein Jahr später noch 5,1mm erhalten. Das natürliche Wachstum wurde in den Daten nicht berücksichtigt. Dies entspricht einem Rezidiv von ca. 16% im ersten Jahr im dentalen Bereich. Im skelettalen Bereich war das Rezidiv mit knapp 5% nach dem ersten Jahr wesentlich geringer. Es wurde im Mittel eine maximale Erweiterung von 1,7mm im Bereich der Implantate erzielt. Der Verlust betrug im Mittel 0,1mm. Auch hier wurde das natürliche Wachstum nicht berücksichtigt.

Das durchschnittliche natürliche Wachstum im skelettalen Bereich beträgt nach den Daten von Basyonni und Nanda (2000) bei Jungen 1,38mm und bei Mädchen 1,16mm pro Jahr. Zwischen den ersten Oberkiefer Molaren ist laut Moyers et al. (1976) mit einem Wachstum von 0,42mm pro Jahr bei Jungen und von 0,29mm bei Mädchen zu rechnen. Zieht man diese Werte für das Wachstum, welches während der Nachbeobachtungszeit von einem Jahr theoretisch auch bei den Studienteilnehmern aufgetreten sein müsste, von den Messwerten ein Jahr nach maximaler Erweiterung ab, so erhält man die Erweiterung die tatsächlich durch die

Diskussion

Expansion erreicht wurde. Für den Zahnbogen errechnet sich eine durch die Expansion bedingte Erweiterung von 4,7mm. Dies entspräche einem Rezidiv von 23% der maximalen Erweiterung. Für den skelettalen Bereich errechnet sich eine expansionsbedingte Erweiterung von lediglich 0,6mm, was einem Rezidiv von 65% entspräche. Die Werte für das natürliche Wachstum im skelettalen Bereich scheinen jedoch verglichen mit den Werten für den Zahnbogen etwas hoch. Aus diesem Grund werden diese Daten nur unter Vorbehalt genannt.

Betrachtet man den Zeitraum von der maximal erzielten Erweiterung bis zu dem Zeitpunkt an dem das Rezidiv maximal ist, also kein weiterer Verlust an gewonnener Erweiterung mehr auftritt, so fällt auf, dass im Bereich der Implantate bereits nach einem guten halben Jahr dieser Zeitpunkt erreicht war. Im Bereich des Zahnbogens kommt es dagegen im Schnitt erst nach gut zweieinhalb Jahren zu einer Konsolidierung des Ergebnisses. In dieser Zeit rezidiert der intermolare Abstand um ca. 45% der erzielten Erweiterung. Im Mittel entspricht das in den Studien von Krebs (1964) und Skieller (1964) 2,2mm. Im Bereich der Implantate beträgt der maximale Verlust an Erweiterung 0,3mm, was ca. 18% der erzielten Erweiterung entspricht. Diese Ergebnisse zeigen, dass die vorgenommene kieferorthopädische Therapie im Bereich des Zahnbogens zwar effizienter als die Erweiterung im Bereich der Implantate ist, aber auch, dass in diesem Bereich mit einem größeren Verlust an gewonnener Erweiterung gerechnet werden muss. Im Vergleich zu anderen Studien, beziehungsweise anderen Fallbeschreibungen, zeigen sich vergleichbare Ergebnisse. So zeigte Sarnäs et al. (1992) in einer Fallstudie ebenfalls mit der Implantat Methode mit 85% ein wesentlich größeres Rezidiv im Bereich der Zähne verglichen mit nur 35% Verlust im skelettalen Bereich. Haas (1980) beschreibt stabile Langzeitergebnisse in 6 untersuchten Fällen ohne jedoch Durchschnittswerte zu nennen. Ein Rezidiv von 50% der erzielten intermolaren Erweiterung wird von Herold (1989) nach RME bei 19 Patienten berichtet. Es bleibt jedoch festzustellen, dass Studien mit längeren Nachbeobachtungszeiten und größeren Patientenkollektiven zur Zeit nicht vorliegen, so dass eine Einordnung der erzielten Daten nur begrenzt möglich ist.

Die Korrelationsanalysen zeigen, dass das Alter des Patienten kein Einfluss auf das Rezidivverhalten hat. Das heißt es gibt kein Alter, in dem mit einem besonders ausgeprägten Rezidiv oder einem geringen Rezidiv gerechnet werden muss. Auch der Zeitraum bis zur Konsolidierung, ab dem nicht mit weiterem Erweiterungsverlust

gerechnet werden muss, zeigt keine Abhängigkeit vom Alter. Wie zu erwarten, ist nach einer initial großen Erweiterung auch nach einem Jahr noch eine große Erweiterung festzustellen. Es kann jedoch nicht von dem Ausmaß der Erweiterung auf die Größe des zu erwartenden Rezidives geschlossen werden, da eine große Erweiterung nicht zwangsläufig ein großes Rezidiv zur Folge hat und umgekehrt. Das Endergebnis nach einer Expansion im Oberkiefer ist somit nur begrenzt vorhersehbar.

Eine hohe Korrelation zeigt das Rezidiv ein Jahr nach der maximal erzielten Erweiterung mit dem maximalen Rezidiv, das im Bereich der Implantate schon nach einem halben und im dentalen Bereich erst nach zweieinhalb Jahren auftritt. Im Bereich der Implantate liegt sogar eine sehr hohe Korrelation von $r=0,8$ vor. Diese höhere Korrelation im Vergleich zu den Werten im Bereich des Zahnbogens kann dadurch erklärt werden, dass bereits nach einem Jahr im skelettalen Bereich eine Konsolidierung eintritt, während im Zahnbogen nach einem Jahr noch Dynamik zu verzeichnen ist und der Verlust an Erweiterung noch zunimmt.

Ebenfalls unterschiedliche Korrelationen findet man, wenn das Rezidiv nach einem Jahr mit der Geschwindigkeit, mit der das Rezidiv auftritt, korreliert wird. Hier fällt auf, dass im Bereich der Zähne eine sehr hohe Korrelation von $r=0,75$ besteht, während man im skelettalen Bereich nur eine mittlere Korrelation von $0,47$ vorfindet. Die Erklärung für diesen Zusammenhang bestehen darin, dass der Zeitraum in dem es zu einem Rezidiv kommt, im dentalen Bereich nach einem Jahr noch nicht abgeschlossen ist, während er im skelettalen Bereich schon nach einem halben Jahr beendet ist. In diesem halben Jahr kommt es also nicht mehr zu unterschiedlich schnellen Rezidivverläufen. Die Entwicklung ist bei allen Patienten ähnlich.

4.4. Korrelation zwischen den Werten im Bereich der Implantate und den Werten im Bereich des Zahnbogens

Eine Betrachtung der Verhältnisse des Erweiterungsverhaltens des Zahnbogens mit dem Erweiterungsverhalten im skelettalen Bereich zeigt überraschend, dass die Ergebnisse, wie oben schon beschrieben, vollkommen unabhängig voneinander sind. So hat eine große maximal erzielte Erweiterung im Zahnbogen nicht unbedingt eine große maximale Erweiterung im skelettalen Bereich zur Folge. Auch die

separate Betrachtung der Untergruppen mit verschiedenen Expansionsmethoden kann hier keine Zusammenhänge zeigen. Für dieses offensichtlich interindividuell verschiedene Erweiterungsverhalten gibt es zur Zeit keine wissenschaftliche Erklärung. Diese Zusammenhänge wurden bisher von anderen Autoren nicht beschrieben, beziehungsweise in den vorliegenden Studien wurde darauf nicht eingegangen. Eine Einordnung ist daher nicht möglich. In der Literatur gibt es jedoch mehrere Studien, die bereits genannt wurden, in den die notwendigen Daten schon erhoben wurden. Hier besteht die Notwendigkeit einer weiteren statistischen Aufarbeitung.

Auch im Rezidivverhalten bestehen zwischen Zahnbogen und skelettal keine statistischen Zusammenhänge. So zeigen weder das Ausmaß des Rezidives, noch der Zeitraum bis ein Konsolidierung erfolgt ist, eine nennenswerte Korrelation auf den verschiedenen Ebenen. Für eine separate Entwicklung auf skelettaler und dentaler Ebene spricht auch der schon unter Punkt 4.3 erwähnte deutliche Zeitunterschied von maximaler Erweiterung bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Erweiterung maximal rezidiert ist.

4.5. Vergleich der Mittelwerte zwischen den Studiengruppen von Krebs (1964) und Skieller (1964)

Der Vergleich der Mittelwerte in den Studien von Krebs (1964) und Skieller (1964), wurden mit Hilfe des t-Testes vorgenommen. Zu Beginn wurde der Altersunterschied der beiden Patientenkollektive betrachtet. Die Patienten von Skieller mit 10,7 Jahren im Schnitt 3,2 Jahre jünger als die Patienten von Krebs, die im Mittel 13,9 Jahre alt waren. Dies bedeutet einen signifikanten Unterschied im Durchschnittsalter, der die Vergleichbarkeit der Studien einschränkt, da in verschiedenen Wachstumsphasen mit unterschiedlichen Erweiterungsergebnissen gerechnet werden muss, wie in Kapitel 4.2. bereits beschrieben. So fanden Sari et al. (2003) in einem Vergleich von Patienten im Wechselgebiss mit Patienten im bleibendem Gebiss, die beide mit einer REM therapiert wurden, eine erfolgreichere Erweiterung und ein geringeres Rezidiv im bleibenden Gebiss. Im Gegenzug war im Wechselgebiss eine ausgeprägtere Kippung der Molaren zu verzeichnen.

Diskussion

Das Ausmaß der maximalen Erweiterung im Bereich der Molaren war in beiden Gruppen nahezu identisch. In der Patienten Population von Krebs wurde im Schnitt mit 6,1mm Erweiterung eine lediglich um 0,1mm größere Erweiterung erzielt, als in der Gruppe von Skieller. Es liegen keine signifikanten Unterschiede vor. Die Erklärung für diese sehr ähnlichen Werte liegt wahrscheinlich darin, dass die Behandlungen in beiden Studien durchgeführt wurden, bis der vorhandene Kreuzbiss überstellt war. Dieses Ergebnis spricht für vergleichbare Studiengruppen, da in beiden Studien primär die gleiche Erweiterung notwendig war, um den vorhandenen Kreuzbiss zu überstellen. In den Studien von Ciambotti et al.2001, Akkayadie et al. 1998, Sandikcioglu und Hazar 1997, Ladner und Muhl 1995, die ebenfalls die RME mit verschiedenen langsamen Expansionsmethoden verglichen, zeigt sich ein ähnliches Bild. In keiner der Studien werden signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsmethoden in der dentalen Erweiterung gefunden.

Auch die erhaltene Erweiterung zum Ende der Studien von Skieller (1964) und Krebs) zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Studien. Hier ist die Differenz zwischen den beiden Studien mit 0,05mm noch geringer als bei der maximal erzielten Erweiterung. Aus diesen Werten ergibt sich, dass auch das Rezidivverhalten in beiden Gruppen keine Unterschiede aufweist. Mit Rezidivunterschieden von 0,6mm nach einem Jahr und 0,3mm Unterschied zum Zeitpunkt des maximalen Rezidives liegen keine signifikanten Unterschiede vor.

Auffällig ist jedoch der Zeitraum, über den es zu einem Rezidiv kommt. So ist in der Studie von Skieller im Mittel schon nach 1,7 Jahren der Zeitpunkt erreicht, an dem es zu keinem weiteren Verlust an Expansion kommt, während in der Gruppe von Krebs im Mittel 3,6 Jahren vergehen bis kein weiterer Erweiterungsverlust mehr auftritt. In der Literatur ist dieser Unterschied noch nicht beschrieben worden, da es zumindest in der englisch- und deutschsprachigen Literatur keine weiteren Studien gibt, die einem Vergleich mit Langzeitstudien zwischen den verschiedenen Expansionstherapien zum Inhalt haben. Eine Erklärung für diese Unterschiede könnten in der vermutlich schonenderen Expansionsart der langsamen Expansion liegen, bei der wesentlich geringere Kräfte auftreten als bei einer RME, wie in 4.1. beschrieben (Wertz 1970, Isaacson et al. 1964, Ciambotti et al.2001). So beschreibt Langford (1982) nach RME Wurzelresorptionen, die mit Wurzelzement repariert wurde. Dabei war das Ausmaß der Resorption unabhängig von der Expansions- und Retentionsdauer. Über Wurzelresorptionen oder andere geschädigte Gewebe bei der

Diskussion

langsamen Expansion liegen keine Studien vor. Eine weitere Erklärung könnte das etwas höhere Alter bei den Patienten von Krebs sein. Für eine Unterteilung der Untergruppen in verschiedene Altersstufen ist die Patientenzahl jedoch zu gering. Vergleiche der Erweiterungswirkung im Bereich der Sutura palatina sind nur indirekt, über die Zunahme des Abstandes der Implantate, möglich, da es im Verlauf zu einer Verknöcherung der geöffneten Sutura kommt, die eine direkte Messung des initial vorhandenen Spaltes unmöglich macht. Es besteht jedoch kein Zweifel, dass die skelettal erzielte Expansion durch die Öffnung der Sutura palatina zustande kommt (Wertz 1970). Die maximal erzielte Erweiterung im Bereich der Sutura weist in den Untergruppen signifikante Unterschiede auf. Krebs misst in seiner Untersuchungsgruppe eine maximale Erweiterung von 2,1mm. Dies ist verglichen mit den Ergebnissen von Skieller, die mit einer langsamen Expansion nur eine Erweiterung von 1,1mm beobachtete, nahezu die doppelte Distanzzunahme zwischen den Implantaten. Diese Unterschiede wurden schon im Rahmen der Vergleiche der skelettal erzielten Erweiterung mit der dentalen erzielten Erweiterung unter 4.1. diskutiert. Im Verlauf der Nachbeobachtungszeit relativieren sich diese Ergebnisse jedoch und die Distanzzunahme zwischen den Implantaten ist nicht mehr so ausgeprägt, wie unmittelbar nach der Expansion. So wird zu Studienende ein durchschnittlicher Abstand von 1,7mm bei Skieller gemessen, während in der Gruppe von Krebs eine Distanzzunahme von 2,3mm beobachtet wurde. Bei diesen Beobachtungen wurde das natürliche Wachstum während der Nachbeobachtungszeit nicht berücksichtigt. Durch das natürliche Wachstum erklärt sich, dass der Abstand gegen Studienende größer ist, als unmittelbar nach der Expansion. Auffallend ist jedoch, dass die durch das Wachstum bedingte Distanzzunahme in der Gruppe von Skieller wesentlich größer ist, als in der Gruppe von Krebs, so dass gegen Studienende keine signifikanten Unterschiede in der Distanzzunahme mehr vorliegen. Eine mögliche Erklärung könnte in dem geringeren Alter der Gruppe Skieller liegen. Eine andere Erklärung könnte in einer höheren Traumatisierung der Gewebe bei der RME liegen, die unter Umständen zu einer Hemmung des natürlichen Wachstums führen könnte oder umgekehrt bei der moderaten Expansion mit einer herausnehmbaren Platte vielleicht zu einer weiteren Wachstumsinduktion führt.

Trotz dieser unterschiedlichen Entwicklung zwischen den Untersuchungsgruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Ausmaßes des Rezidives

Diskussion

nach einem Jahr, als auch bei dem maximalen gemessenen Rezidiv. Auffällig ist, dass das Rezidiv auf skelettaler Ebene wesentlich geringer ausgeprägt ist als im Zahnbogen. Auch scheint eine Betrachtung des Zeitraumes bis zum Erreichen des maximalen Rezidives nicht sehr sinnvoll, da dieser Wert in der Gruppe von Skieller nur 4 mal zu berechnen war. Zwar lässt sich in den Untergruppen mit Hilfe des U-Teste nach Mann-Whitney ein signifikanter Unterschied feststellen, jedoch sind diese 4 Werte aus der Gruppe Skieller wahrscheinlich als Negativauswahl zu bezeichnen.

5. Zusammenfassung

Die kieferorthopädische Expansion des Oberkiefers ist eine anerkannte und lange etablierte Therapiemethode bei einem ein- oder beidseitigem Kreuzbiss im Seitenzahnggebiet, einer häufigen Malocclusionen der kaukasischeren Bevölkerung. Grob unterschieden wird eine ausschließlich kieferorthopädische Therapieform von einer kombinierten kieferorthopädischen, kieferchirurgisch unterstützten Therapieform. Die ausschließlich kieferorthopädische Behandlung kann in Form einer REM (rapid maxillary expansion), einer schnellen Expansion mit einem meist festsitzenden kieferorthopädischem Gerät, oder in Form einer langsamen Expansion der Maxilla mit verschiedenen kieferorthopädischen Geräten erfolgen. Zu diesen gehören herausnehmbare aktive Platten mit Fischerschraube, festsitzende Apparaturen mit Schrauben, herausnehmbare Nickel-Titan Apparaturen usw..

Die Fragestellung, die es in der vorliegenden Arbeit zu klären galt, war die Auswirkung der Expansion im Zahnbogen auf die skelettale Basis der Maxilla bei REM und langsamer Expansion zu quantifizieren. Dabei sollte auch der langfristige Erfolg beider Therapieformen, sowohl im Zahnbogen, als auch im skelettalen Bereich des Oberkiefers, betrachtet werden.

Es wurden Grafiken aus den Studien „Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method“ von Skieller (1964) und “Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period” von Krebs (1964) die im Rahmen der „Transactions of the European Orthodontic Society“ 1964 präsentiert wurden, ausgewertet. Die Studien wurden auf Grund der hohen Qualität ihrer Daten und dem exakten Konzept der Expansionsmessung der skelettalen Expansion mittels zuvor implantierter Vitallium Implantate auf den Röntgenbildern ausgewählt.

Da keine Daten zu den Grafiken vorlagen, mussten diese aus den vorhandenen Grafiken rekonstruiert werden. Dies geschah computergestützt nach dem Einscannen der Grafiken.

Zusammenfassung

Als Ergebnis der Untersuchungen bleibt festzuhalten:

1. Die transversale Expansion im Zahnbogen ist in beiden Studien erfolgreich. Im Mittel wird eine maximale Distanzzunahme der Molaren von 5,9mm bis zum Überstellen des Kreuzbisses gemessen. Ein Unterschied zwischen den beiden Therapieformen besteht nicht. Auch zu Studienende besteht kein Unterschied zwischen beiden Studiengruppen.
2. Sowohl im Bereich des Zahnbogens, als auch im Bereich der skelettalen Oberkieferbasis besteht kein Unterschied in der Erweiterung zwischen männlichen und weiblichen Patienten.
3. Der Abstand der Implantate im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris nimmt bei allen Patienten zu. Mit der RME ist jedoch initial eine größere Erweiterung im Bereich des Zahnbogens möglich, da mit 2,1mm doppelt soviel Erweiterung erzielt wurde, wie in der Gruppe mit langsamer Expansion. In der RME-Studie wurde 34% der Erweiterung, welche im Zahnbogen erreicht wurde, auch im skelettalen Bereich wirksam. Bei der langsamen Expansion wurden nur 18% umgesetzt. Gegen Studienende nähern sich die für die Erweiterung im Bereich der Implantate gemessenen Werte soweit an, dass es keine signifikanten Unterschiede in den Untergruppen mehr gibt.
4. Das Ausmaß der Erweiterung im Zahnbogen korreliert kaum mit der Erweiterung im skelettalen Bereich. Das bedeutet, dass eine große Erweiterung im Bereich des Zahnbogens nicht unbedingt eine große Erweiterung im skelettalen Bereich zur Folge hat.
5. Im Bereich des Zahnbogens ist mit einem maximalen Rezidiv von im Schnitt 45% zu rechnen. Für das maximale Rezidiv im skelettalen Bereich ist ein durchschnittlicher Wert von 18% zu erwarten. Dieses maximale Rezidiv ist im skelettalen Bereich bereits nach einem halben Jahr, im Bereich des Zahnbogens wird dieses Stadium erst nach zweieinhalb Jahren erreicht. Es zeigt sich, dass das Rezidiv nach einem Jahr eine sehr hohe Korrelation mit dem maximalen Rezidiv aufweist.
6. Die Expansion des Zahnbogens war während der zweiten Wechselphase mit ca. 11 Jahren am erfolgreichsten. Im skelettalen Bereich scheint ein Expansionstherapie ein Jahr später, also während des pubertären Wachstumsschubes am erfolgreichsten zu sein.

6. Schlussbemerkung

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen sehr deutlich die Effektivität der Behandlung eines Kreuzbisses im Seitenzahnggebiet durch kieferorthopädische Expansion des Oberkiefers. Es besteht kein Unterschied zwischen den untersuchten Behandlungsmethoden. Nicht nur im Seitenzahnggebiet, sondern auch im skelettalen Bereich der Maxilla, ist ein Erfolg der Expansion messbar, der initial bei der RME größer ist als bei langsamer Expansion. Im weiteren Beobachtungsverlauf kommt es jedoch zu einer Annäherung der Ergebnisse, so dass nach diesen Ergebnissen keine der beiden Therapieformen der anderen überlegen ist.

Für die Praxis bedeuten diese Ergebnisse, dass die Entscheidung für die eine oder andere Therapieform von anderen Faktoren abhängig gemacht werden sollte, wie zum Beispiel der Erfahrung des Behandlers, dem Komfort für den Patienten usw., da mit beiden Therapien das gewünschte Ergebnis gut zu erreichen ist.

7. Literaturverzeichnis

Akkaya S., Lorenzon S., Ucem T.T. 1999

A comparison of sagittal and vertical effects between bonded rapid and slow maxillary expansion procedures.

Eur. J. Orthod.; 21: 175-180.

Asanz S., Cicnergs G.J., Nieberg L.G. 1997

Comparison of Hyrax and bonded expansion appliances.

Angle Orthod.; 67: 15-22.

Athanasiou A., Droschl H., Bosch C. 1992

Data and patterns of transversal dentofacial morphology of 6- to 15-year-old children: A posterioranterior cephalometric study.

Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.; 101: 465-471.

Basyonni A.A. , Nanda S.K. 2000

An atlas of the transversal dimension of the face.

Volume 37, Craniofacial Growth Series, University of Michigan, pp.14,18,58,152.

Bishara S.E., Stanley R.N. 1987

Maxillary expansion: Clinical implications.

Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.; 91: 3-14.

Björk A., Skieller V. 1975

Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implant method.

Brith. J. Orthod.; 4: 53-64 .

Ciambotti C., Ngan P., Durkee M., Kohli K., Kim H. 2001

A comparison of dental and dentoalveolar changes between rapid palatal expansion and nickel-titanium palatal expansion appliances.

Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.; 119: 11-20.

Cotton L.A. 1978

Slow maxillary expansion. Skeletal versus dental response to low magnitude force in the *Macaca mulatta*.

Am. J. Orthod.; 73: 1-23.

Cross D.L., McDonald J.P. 2000

Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and , nasal structures: a postero-anterior cephalometric study.

Eur. J. Orthod.; 22: 519-528.

Ferrario V.F., Garattini G. 2003

Quantitative effects of nickel-titanium palatal expander on skeletal and dental structures in the primary and mixed dentition: a preliminary study.

Eur. J. Orthod.; 25: 401-410.

Haas A.J. 1971

Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics.

Am. J. Orthod.; 57: 219-255.

Haas A.J. 1980

Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion.

Angle Orthod.; 50: 189-217.

Handelmann C.S., Wang L., BeGole E.A., Haas J.H. 2000

Nonsurgical Rapid Maxillary Expansion in Adults: Report on 47 Cases Using the Haas Expander.

Angle Orthod.; 70: 129-144.

Hanson M.L., Barnard L.W., Case J.L. 1970

Tongue-thrust in pre-school children .

Am. J. Orthod.; 57: 15-22.

Herold J.S. 1989

Maxillary expansion: a retrospective study of three methods of expansion and their long term sequelae.

Brith. J. Orthod.; 16: 195-200.

Hicks E.P. 1978

Slow maxillary expansion: A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force.

Am. J. Orthod.; 73: 121-141.

Infante P.F. 1975

Malocclusion in the deciduous dentition in white, black and Apache Indian children.

Angle Orthod.; 45: 213-218.

Isaacson R.J., Wood J.L., Ingram A.H. 1964

Forces produced by rapid maxillary expansion. I and II.

Angle Orthod.; 34: 256-270.

Karaman A.I. 2002

The effects of Nitianium maxillary expander appliances on dentofacial structures.

Angle Orthod.; 72: 344-354.

Krebs A. 1964

Midpalatal suture expansion studied by the implant method over a seven-year period.

European Orthodontic Society, Report of the fortieth Congress, Athen (Greece), pp 131-142.

Kerosuo H. 1990

Occlusion in the primary and early mixed dentitions in a group of Tanzanian and Finnish children.

A.S.D.C. J. Dent. Child.;57: 293-298.

Kurol J., Berglund L. 1992

Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior crossbites in the primary dentition.

Eur. J. Orthod; 14: 173-179.

Kutin G., Hawes R.R. 1969

Posterior cross-bites in the deciduous and mixed dentitions.

Am. J. Orthod.; 56: 491-504.

Ladner P.T., Muhl Z.F. 1995

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

Am. J. Orthod. Dentalfac. Orthop.; 108: 184-194.

Langfort S. R. 1982

Root resorption extremes resulting from clinical RME.

Am. J. Orthod.; 81: 371-377.

Memikoglu T.U., Iseri H. 1999

Effects of bonded rapid maxillary expansion appliance during orthodontic treatment.

Angle Orthod.; 69: 251-256.

Marshall S., Dawson D. 2003

Transverse molar movement during growth

Am. J. Orthod. Dentalfac. Orthop.;124: 615-624.

Moyers R.E., v.d.Linden F.P.G.M., Riolo M.L., McNamara J.A. 1976

Standards of human occlusal development.

Center for Human Growth and Development, University of Michigan, pp. 63+83.

Sandikcioglu M., Hazar S. 1997

Skeletal and dental changes after maxillary expansion in mixed dentition.

Am. J. Orthod. Dentalfacial Orthop.; 11: 321-327.

Sari Z., Uysal T., Usumez S., Basciftc F.A. 2003

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

Sarnäs K.-V., Björk A., Rune B. 1992

Long-term effect of rapid maxillary expansion studied in one patient with the aid of metallic implants and roentgen stereometry.
Eur. J. Orthod.; 14: 427-432.

da Silva O.G., Boas M.C.V., Capellozza L. 1991

Rapid maxillary expansion in primary and mixed dentitions: A cephalometric evaluation.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.; 100: 171-179.

da Silva O.G., Montes L.A.d.P., Torelly L.F. 1995

Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.; 107: 268-275.

Skieller V. 1964

Expansion of the midpalatal suture by removable plates, analysed by the implant method.
European Orthodontic Society, Report of the fortieth Congress, Athen (Greece), pp 143-158.

Storey E. 1973

Tissue response to the movement of bones.
Am. J. Orthod.; 64: 229-247.

Wertz R.A. 1970

Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening.
Am. J. Orthod.; 58: 14-66.

8. Anhang

8.1. Variablen Beschreibung

Im Folgenden werden alle Variablen beschrieben, die in den Tabellen aufgeführt sind. Es ist dabei unerheblich, ob die Variable nur einen Zwischenwert beschreibt, der zur Berechnung weiterer Variablen notwendig ist oder definitive Werte beschreibt, die als Basis der Berechnung dienen. Die fett gedruckte Überschrift gibt als erstes den Kurzbeschreibungsnamen der Variablen wieder, wie sie in den Tabellen benannt sind. Die in der Klammer stehende Zahl ist die Nummer, die den Variablen zugeteilt wurde, welche im Methoden- und Ergebnisteil an Stelle der Variablen genannt wird.

8.1.1. Pat

Gibt die Nummer des Patienten an, um einen bestimmten Patienten in allen Tabellen identifizieren zu können. Jede Nummer von 1 bis 39 ist immer dem gleichen Patienten zugeordnet. Keine Nummer ist doppelt vergeben.

8.1.2. Gruppe (1)

Die Variable Gruppe gibt an, aus welcher Studie die gewonnenen Daten des jeweiligen Patienten stammen. Das Messniveau der Variablen ist nominal. Eine 1 steht für Patienten, die im Rahmen der Studie Skieller (1964) untersucht wurden. Die Patienten mit einer 2 wurden von A. Krebs (1964) untersucht.

8.1.3. Geschl (2)

Aus der Spalte Geschl kann das Geschlecht des Patienten entnommen werden. Eine 1 steht für männliche Studienteilnehmer, eine 2 für weibliche Studienteilnehmer. Das Messniveau war nominal.

8.1.4. 0x

Die Variable 0x ist eine horizontale Pixel Koordinate. Die Koordinate wurde aus den eingescannten Grafiken, der oben genannten Studien, mit Hilfe des Programms Paint abgelesen. Aus den horizontalen Pixel kann das Alter des Patienten zum jeweiligen

Anhang

Untersuchungszeitpunkt errechnet werden. Die Koordinate $0x$ steht für das Alter des Patienten zum Zeitpunkt des Eintretens in die Studie. Eine entsprechende vertikale Pixel Koordinate $0y$ gibt es nicht, da auf der Y-Achse die Expansion aufgetragen wird, mit der bei der Erstuntersuchung noch nicht begonnen wurde. Die Variable ist ohne Einheit.

8.1.5. ax, bx usw.

Die Variablen, die ein x tragen, geben horizontale Pixel Koordinaten an. a, b und so weiter beschreiben die Nummer der Verlaufsuntersuchung. Aus der Variablen ax wurde das Alter zum Zeitpunkt der ersten Verlaufskontrolle errechnet. Dementsprechend gibt dx die Koordinaten zur vierten Verlaufskontrolle an. Falls die Spalte eines bestimmten Patienten nur bis zur Koordinaten bx ausgefüllt ist, gab es nur zwei Verlaufskontrollen und der Patient wurden danach nicht weiter untersucht. Die Variablen sind ohne Einheit.

8.1.6. ay, by usw.

Die Variablen geben die entsprechen vertikale Pixel Koordinate zu ax, bx usw. an und sind ebenfalls ohne Einheit. Sie wurden aus den oben genannten Grafiken im Programm Paint abgelesen. Aus den vertikalen Koordinaten kann die Expansion zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten errechnet werden. a steht dabei wieder für die erste Verlaufsuntersuchung.

8.1.7. Alter (3) und r0y

Die Variable Alter errechnete sich aus der Variablen $0x$. Sie gibt das Alter in Jahren bei Eintritt in die Studie an. Zu diesem Zeitpunkt kann jedoch noch keine Expansion gemessen werden, da noch nicht expandiert wurde, $r0y$ ist deshalb in allen Fällen null. Das Alter in Jahren wird im Dezimalsystem angegeben, einem Alter von 10,5 in der Tabelle entspricht also einem Alter von 10 Jahren und sechs Monaten.

8.1.8. rax, rbx usw.

Die Variablen beschreiben das Alter in Jahren zum jeweiligen Verlaufsuntersuchungszeitpunkt und errechnen sich aus den entsprechenden Variablen ax, bzw. bx usw.. Auch hier wurde das Alter, wie unter „Alter“ beschrieben, im Dezimalsystem angegeben.

8.1.9. ray, rby usw.

Die Variablen geben die Expansion zum Zeitpunkt rax, rbx usw. in mm an. Hier gilt, dass nur für die dentalen Werte der Maßstab eins zu eins gilt und für die Sutur, die durch die Messung am Röntgenbild, vergrößerten Werte aufgeführt sind. Auf eine Umrechnung aller Sutur Strecken konnte verzichtet werden, da nur die Extremwerte zur Berechnung herangezogen wurden.

8.1.10. Post_ex (4)

Post_ex gibt die gemessene Erweiterung in mm zu dem Zeitpunkt an, an dem das Expansionsgerät abgesetzt wurde. Dieser Wert muss nicht zwingend zum Zeitpunkt der ersten Verlaufskontrolle, sondern kann auch bei der zweiten oder dritten Verlaufskontrolle gemessen worden sein. Errechnet wurden die Werte dementsprechend aus ay, by oder cy. Welcher der Werte für die Berechnung der Passende ist, kann aus der entsprechenden Grafik abgelesen werden. Für die Werte, die die Erweiterung im Bereich der Zähne betreffen, sind die gemessenen Werte reale Werte, da sie an maßstabgetreuen Gipsmodellen erhoben wurden. Die Werte die für Variable 4 gemessen wurden entsprechen daher den Werten der Variable 5.

Die Werte, die die Erweiterung der Sutur betreffen, entsprechen den gemessenen Werten auf Röntgenbildern. Der Vergrößerungsfaktor der Röntgenbilder, bedingt durch die Strahlendivergenz, wurde in den zugrundeliegenden Grafiken nicht berücksichtigt.

8.1.11. Post_exr (5)

Post_exr errechnete sich aus der Variablen post_ex, indem man diese mit 0,923 multiplizierte. Dieser Wert errechnet sich, wenn man von einem Vergrößerungsfaktor

von 1,0833 ausgeht, der sich wiederum aus einem Focus-Filmabstand von 195 cm dividiert durch einen Objekt-Filmabstand von 15 cm errechnet. Post_exr beschreibt die errechnete tatsächliche Erweiterung in mm unmittelbar nach der Expansion im Bereich der Sutur. Für die Erweiterung im Zahnbogen entsprechen die Werte Post_exr den Werten für Variable 4, da keine Umrechnung erfolgen musste.

8.1.12. Ende (6)

Diese Variable gibt die erzielte bzw. verbliebene Erweiterung zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung in mm an. Sie errechnet sich aus der entsprechenden vertikalen Pixelvariablen. Die Vergrößerung der Röntgenbilder wurde nicht berücksichtigt, die Werte der Sutur sind dementsprechend vergrößert.

8.1.13. Ender (7)

Ender gibt die realen Erweiterungswerte der Sutur und im Zahnbogen zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung an. Die Berechnung der Variablen erfolgt aus der Variablen Ende nach dem in Post_exr beschriebenen Verfahren. Die Variablen 6 und 7 weisen im Bereich des Zahnbogens identische Werte auf, die Erläuterung zu diesem Vorgehen ist in Absatz 8.1.11. beschrieben.

8.1.14. Maxexp (8) und Maxexpr (9)

Die Variable Maxexp beschreibt die maximale Erweiterung in mm, diese entsprach nicht in jedem Fall der Erweiterung zum Zeitpunkt des Absetzens der Expansionsapparatur. Besonders im Bereich der Sutur wurde die maximale Erweiterung erst bei der folgenden Untersuchung erreicht. Die Werte für die Sutur wurden mit 0,923 multipliziert, um die röntgenbedingte Vergrößerung zu eliminieren. Die in der Tabelle Suture aufgelisteten Werte sind demzufolge geringfügig zu groß. Die errechneten realen Werte sind unter maxexpr aufgelistet. Die Spalte maxexpr entspricht demzufolge der Spalte maxexp bei den Messwerten für den Zahnbogen.

8.1.15. Altmaxex (10)

In der Spalte altmaxex ist das Alter zum Zeitpunkt der maximalen Erweiterung angegeben. Das Alter wurde im Dezimalsystem angegeben.

8.1.16. Rezidiv (11)

Das Rezidiv wurde definiert als die Differenz von der maximalen Erweiterung und dem niedrigsten gemessenen Erweiterungswert im Laufe der Nachuntersuchungen. Dieser Wert wird in mm gemessen. Er zeigt, an wie viel der erzielten Erweiterung wieder verloren gegangen ist. Die Werte für die Sutur zeigen wieder die bekannte Vergrößerung, da zur Berechnung nicht bereinigte Werte verwendet wurden.

8.1.17. Rezidivr (12)

Rezidivr gibt die korrigierten Werte für das Rezidiv der Sutur in mm an. Grundlage der Berechnung waren die Variable Rezidiv und der Vergrößerungsfaktor von 1,0833. Die Werte für den Zahnbogen entsprechen der Variablen Rezidiv.

8.1.18. Altrema (13)

Altrema gibt das Alter an, in dem das Maximum des Rezidives erreicht wurde. Das Alter wird in Jahren im Dezimalsystem angegeben.

8.1.19. Deltimre (14)

Deltimre ist die Abkürzung für delta time und beschreibt den Zeitraum von der maximalen Erweiterung bis zum Erreichen des maximalen Rezidives. Entsprechend wurde die Variable aus den Variablen Altmaxex und Altrema berechnet. Daraus folgt, dass diese Variable in Jahren und im Dezimalsystem angegeben ist.

8.1.20. Exp1ppix

Exp1ppix wurde in der Grafik als Y-Koordinate abgelesen, indem man den Schnittpunkt der Funktion des jeweiligen Falls mit der X-Koordinate alt1ppix bestimmte. Exp1ppix ist ein konstruierter Wert ohne Einheit.

8.1.21. Alt1ppix

Alt1ppix ist eine Pixelkoordinate, die nicht, wie die anderen Koordinaten, einen eingetragenen Messwert in der Ursprungsgrafik, sondern einen konstruierten Punkt beschreiben.

Dieser Wert wurde aus der Variablen Maxexp errechnet. Zuerst wird dieser reale Wert in einen Pixelwert zurückgerechnet. Zu diesem Wert wurde der Pixelwert addiert, der die Strecke eines Jahres beschreibt. Man erhält so die X-Koordinate, die theoretisch zum Zeitpunkt ein Jahr nach Ende der Expansion gemessen worden wäre.

8.1.22. Alt1post (15)

Alt1post errechnet sich, indem ein Jahr zu der Variablen Altmaxex addiert wird. Sie entspricht dem realen Wert zur Pixelkoordinate Alt1ppix und kann über diesen Weg errechnet werden. Die Variable gibt das Alter in Jahren im Dezimalsystem an.

8.1.23. Exp1post (16)

Exp1post errechnet sich aus der Variablen Exp1ppix und gibt die gemessene Expansion ein Jahr nach dem Erreichen der maximalen Expansion an. Es ergeben sich reale Werte für den Zahnbogen und vergrößerte Werte für die Sutur.

8.1.24. Rex1post (17)

Rex1post gibt die reale Erweiterung der Sutur und des Zahnbogens ein Jahr nach dem Erreichen der maximalen Erweiterung an. Die Variable errechnet sich aus der Variablen Exp1post unter Berücksichtigung des Vergrößerungsfaktors im Falle der Sutur (s.o.) und wird in mm angegeben.

8.1.25. Expowach (18)

Expowach gibt die nur durch die Erweiterung entstandene Zunahme des Abstandes der Metallimplantate ein Jahr nach Beendigung der Expansion an, da die durch das natürliche Wachstum bedingte Zunahme des Abstandes von der gesamten Erweiterung abgezogen wurde. Die Variable errechnet sich durch Subtraktion des Wachstumsfaktors von der Variablen Rex1post.

8.1.26. Strezdel (19)

Strezdel gibt die negative Steigung an, das Gefälle, die beschreibt wie stark der Verlust der gewonnenen Erweiterung ist. Die Steigung errechnet sich, indem man die Variable Rezidivr durch die Variable deltimre dividiert.

8.1.27. Rezowach (20)

Rezowach gibt das Rezidiv nach einem Jahr in mm an, abzüglich des natürlichen Wachstums (s. Wachstumsfaktor).

Anhang

8.2. Tabellen

8.2.1. Pixel Gruppe Skieller Dental

Pat	Gruppe	Geschl	0x	0y	ax	ay	bx	byo	cx	cy	dx	dy	ex	ey
1	1	1	707	x	854	1380	1112	1492	1316	1462	1520	1460	x	x
2	1	1	824	x	1094	1254	1229	1145	1433	1337	1637	1323	x	x
3	1	1	1048	x	1246	1048	1447	1129	1655	1377	1855	1376	x	x
4	1	1	1148	x	1481	712	1754	1418	x	x	x	x	x	x
5	1	1	1183	x	1313	1242	1584	1019	1787	1222	1991	1222	x	x
6	1	1	1388	x	1495	240	1696	182	1978	295	2184	223	x	x
7	1	2	330	x	525	1025	728	1067	930	1078	1151	1145	x	x
8	1	2	715	x	848	1311	1049	1325	1320	1323	x	x	x	x
9	1	2	1068	x	1319	856	1470	925	1672	1046	1871	1018	x	x
10	1	2	1323	x	1571	853	1722	672	1923	1045	x	x	x	x
11	1	2	1487	x	1890	297	2091	436	x	x	x	x	x	x
12	1	2	1521	x	1588	1127	1771	1112	1921	1371	2123	1385	2325	1453
13	1	2	1738	x	1937	1495	2158	1563	2357	1575	x	x	x	x
14	1	2	1919	x	2039	1456	2125	1372	2324	1901	x	x	x	x
15	1	2	2005	x	2209	1099	2410	1153	2608	1493	2809	1520	x	x
16	1	2	2005	x	2207	1494	2407	1753	2605	1871	x	x	x	x

8.2.2. Pixel Gruppe Skieller Sutur

Pat	0x	0y	ax	ay	bx	byo	cx	cy	dx	dy	ex	ey	fx	fy
1	717	x	859	932	1146	859	1363	713	1179	643	x	x	x	x
2	844	x	1129	932	1271	933	1490	933	1704	790	x	x	x	x
3	1079	x	1293	1005	1507	996	1722	933	1937	862	x	x	x	x
4	1185	x	1544	1077	1828	1005	x	x	x	x	x	x	x	x
5	1221	x	1364	1005	1651	1004	1865	933	2079	791	x	x	x	x
6	1437	x	1561	996	1775	934	2062	861	2274	716	x	x	x	x
7	297	x	510	1008	724	1009	939	1008	1153	938	x	x	x	x
8	708	x	849	1080	1064	1079	1351	1079	1562	1079	x	x	x	x
9	1082	x	1297	938	1350	867	1511	795	1724	722	1937	582	x	x
10	1351	x	1614	1008	1773	1151	x	x	x	x	x	x	x	x
11	1527	x	1757	1008	1952	868	2165	867	2378	867	x	x	x	x
12	1560	x	1614	1008	1634	937	1845	867	1990	723	2204	723	2415	653
13	1790	x	2004	937	2232	877	2448	868	2658	866	x	x	x	x
14	1984	x	2109	1079	2199	1008	2410	1078	2620	1077	2829	1077	x	x
15	2074	x	2289	937	2498	1087	2709	1086	2933	1151	x	x	x	x
16	2074	x	2287	1078	2498	1008	2725	1007	2918	1007	x	x	x	x

Anhang

8.2.3. Gruppe Krebs dental Pixel

Pat	Gruppe	Geschl	0x	0y	ax	ay	bx	byo	cx	cy	dx	dy
17	2	1	602	x	619	476	676	471	897	452	1057	474
18	2	1	661	x	676	417	749	560	911	487	1101	571
19	2	1	732	x	748	391	780	391	881	403	1059	463
20	2	1	762	x	779	573	808	573	910	860	1288	1088
21	2	1	982	x	1001	326	1161	326	1334	775	1701	834
22	2	1	1056	x	1071	883	1115	883	1450	883	1641	883
23	2	1	1288	x	1306	691	1355	692	1495	701	1657	724
24	2	1	1434	x	1449	1269	1536	1270	1699	1269	1869	1209
25	2	1	1682	x	1700	617	1733	618	1881	690	2040	967
26	2	1	1937	x	1955	556	1998	556	2086	605	2276	1052
27	2	1	1980	x	1998	569	2043	569	2233	653	x	x
28	2	1	2259	x	2278	654	2322	654	x	x	x	x
29	2	2	448	x	462	1108	476	1108	679	1109	867	1120
30	2	2	839	x	851	748	1029	952	x	x	x	x
31	2	2	998	x	1016	326	1132	326	1204	362	1379	565
32	2	2	1160	x	1174	772	1199	771	1364	878	1495	917
33	2	2	1204	x	1281	880	1640	721	1815	747	1993	964
34	2	2	1349	x	1364	1012	1408	1012	1699	1192	1845	1062
35	2	2	1363	x	1378	663	1392	663	1715	687	1905	711
36	2	2	1451	x	1465	916	1493	915	1815	975	1994	1134
37	2	2	1568	x	1582	903	1640	1023	1815	1011	2023	1157
38	2	2	1720	x	1742	987	1890	808	2081	821	2242	809
39	2	2	1993	x	2008	821	2065	857	x	x	x	x

Fortsetzung 8.2.3.

Pat	Gruppe	Geschl	ex	ey	fx	fy	gx	gy	hx	hy	ix	iy
17	2	1	1232	559	1409	726	1582	787	x	x	x	x
18	2	1	1291	726	1436	725	x	x	x	x	x	x
19	2	1	1277	485	1627	702	1763	714	1939	690	x	x
20	2	1	1626	1003	1776	1004	1951	991	x	x	x	x
21	2	1	1879	930	2041	917	x	x	x	x	x	x
22	2	1	1820	883	1996	822	x	x	x	x	x	x
23	2	1	1879	1052	1979	1112	2157	1136	x	x	x	x
24	2	1	2054	1280	2230	1281	x	x	x	x	x	x
25	2	1	2245	1042	2408	1039	x	x	x	x	x	x
26	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
28	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	2	2	1029	1121	1218	1121	x	x	x	x	x	x
30	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	2	2	1830	722	2022	760	x	x	x	x	x	x
32	2	2	1713	975	x	x	x	x	x	x	x	x
33	2	2	2169	991	x	x	x	x	x	x	x	x
34	2	2	2114	1232	2346	1280	2548	1294	x	x	x	x
35	2	2	2066	737	x	x	x	x,	x	x	x	x
36	2	2	2141	1171	2316	1220	x	x	x	x	x	x
37	2	2	2184	1231	2345	1220	x	x	x	x	x	x
38	2	2	2419	882	2596	942	x	x	x	x	x	x
39	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Anhang

8.2.4. Gruppe Krebs Sutur Pixel

Pat	Gruppe	Geschl	0x	0y	ax	ay	bx	byo	cx	cy	dx	dy
17	2	1	700	x	714	713	761	760	992	735	1161	673
18	2	1	762	x	777	911	854	911	916	923	1026	922
19	2	1	839	x	852	687	884	746	993	784	1182	721
20	2	1	869	x	885	836	916	924	1105	835	1304	769
21	2	1	1106	x	1118	783	1274	809	2033	692	2217	714
22	2	1	1184	x	1198	835	1244	872	1321	856	1413	832
23	2	1	1431	x	1444	895	1476	919	1568	894	1643	869
24	2	1	1584	x	1598	882	1692	977	1877	904	2081	878
25	2	1	1848	x	1862	915	1895	966	1973	976	2066	1001
26	2	1	2112	x	2125	703	2173	840	2265	839	2465	788
27	2	1	2159	x	2173	1001	2221	1085	2236	1061	2421	1061
28	2	1	2454	x	2466	960	2513	1022	x	x	x	x
29	2	2	453	x	469	970	486	969	702	919	904	907
30	2	2	872	x	891	655	984	669	1078	669	1171	657
31	2	2	1041	x	1065	469	1188	582	1266	556	1450	531
32	2	2	1217	x	1232	756	1248	756	1357	821	1435	832
33	2	2	1265	x	1280	921	1325	958	1543	895	1728	921
34	2	2	1419	x	1434	958	1481	1070	1605	1069	1713	1006
35	2	2	1434	x	1450	932	1541	944	1635	944	1805	906
36	2	2	1526	x	1543	920	1729	905	1915	957	2106	995
37	2	2	1651	x	1666	920	1734	916	1916	907	2135	920
38	2	2	1822	x	1837	1032	1996	971	2198	945	2368	880
39	2	2	2105	x	2120	982	2182	1043	2291	1005	2538	979

Fortsetzung 8.2.4.

Pat	Gruppe	Geschl	ex	ey	fx	fy	gx	gy	hx	hy	ix	iy
17	2	1	1350	684	1536	682	1721	657	x	x	x	x
18	2	1	1443	707	1612	656	1798	681	1955	681	2139	678
19	2	1	1411	633	1580	557	1766	556	1906	594	2094	580
20	2	1	1459	780	1506	781	1659	767	1844	716	x	x
21	2	1	2389	713	x	x	x	x	x	x	x	x
22	2	1	1600	765	1798	765	1987	728	2172	702	x	x
23	2	1	1814	793	2049	776	2158	790	2343	838	x	x
24	2	1	2250	876	2343	888	2436	899	x	x	x	x
25	2	1	2236	963	2452	1035	2621	1020	x	x	x	x
26	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	2	1	2621	1046	x	x	x	x	x	x	x	x
28	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	2	2	1077	833	1280	771	x	x	x	x	x	x
30	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	2	2	1932	482	2134	406	x	x	x	x	x	x
32	2	2	1635	807	1806	857	x	x	x	x	x	x
33	2	2	1913	866	2105	894	2291	894	,	,	x	x
34	2	2	1791	1033	2229	1008	2508	1030	2725	1029	x	x
35	2	2	2027	957	2199	931	2384	919	x	x	x	x
36	2	2	2260	983	2446	981	x	x	x	x	x	x
37	2	2	2307	956	2477	930	2663	902	x	x	x	x
38	2	2	2553	879	2739	888	2925	912	x	x	x	x
39	2	2	2709	966	x	x	x	x	x	x	x	x

Anhang

8.2.5. Umgerechnete Werte Gruppe Skieller Dental

Pat	Gruppe	Geschl	Alter	r0y	rax	ray	rbx	rby	rcx	rcy	rdx	rdy	rex	rey
1	1	1	8,00	0	8,72	3,72	9,99	2,91	10,99	3,13	12,00	3,14	x	x
2	1	1	8,57	0	9,90	4,62	10,57	5,40	11,57	4,02	12,57	4,12	x	x
3	1	1	9,68	0	10,65	6,10	11,64	5,52	12,66	3,74	13,64	3,74	x	x
4	1	1	10,17	0	11,80	8,51	13,14	3,44	x	x	x	x	x	x
5	1	1	10,34	0	10,98	4,71	12,31	6,31	13,31	4,85	14,31	4,85	x	x
6	1	1	11,35	0	11,87	11,89	12,86	12,31	14,25	11,50	15,26	12,02	x	x
7	1	2	6,00	0	6,97	5,73	7,98	5,43	8,99	5,35	10,09	4,86	x	x
8	1	2	7,92	0	8,58	3,66	9,58	3,55	10,93	3,57	x	x	x	x
9	1	2	9,68	0	10,93	6,96	11,68	6,46	12,69	5,58	13,68	5,78	x	x
10	1	2	10,95	0	12,18	6,98	12,94	8,30	13,94	5,59	x	x	x	x
11	1	2	11,77	0	13,78	11,02	14,78	10,01	x	x	x	x	x	x
12	1	2	11,94	0	12,27	4,99	13,18	5,10	13,93	3,22	14,94	3,12	15,95	2,62
13	1	2	13,02	0	14,01	2,32	15,11	1,82	16,10	1,74	x	x	x	x
14	1	2	13,92	0	14,52	2,60	14,95	3,21	15,94	-0,63	x	x	x	x
15	1	2	14,35	0	15,37	5,20	16,37	4,80	17,36	2,33	18,36	2,14	x	x
16	1	2	14,35	0	15,36	2,33	16,35	0,44	17,34	-0,41	x	x	x	x

8.2.6. Umgerechnete Werte Gruppe Skieller Sutura

Pat	Alter	0y	ax	ay	bx	byo	cx	cy	dx	dy	ex	ey	fx	fy
1	8,00	0	8,66	1,53	10,00	2,04	11,02	3,06	10,15	3,54	x	x	x	x
2	8,57	0	9,92	1,53	10,59	1,53	11,61	1,53	12,61	2,52	x	x	x	x
3	9,68	0	10,69	1,02	11,69	1,09	12,70	1,53	13,70	2,02	x	x	x	x
4	10,17	0	11,86	0,52	13,19	1,02	x	x	x	x	x	x	x	x
5	10,34	0	11,02	1,02	12,37	1,03	13,37	1,53	14,37	2,51	x	x	x	x
6	11,35	0	11,94	1,09	12,95	1,52	14,29	2,03	15,28	3,04	x	x	x	x
7	6,00	0	7,01	1,01	8,03	1,00	9,06	1,01	10,09	1,50	x	x	x	x
8	7,92	0	8,63	0,50	9,66	0,51	11,04	0,51	12,05	0,51	x	x	x	x
9	9,68	0	10,78	1,50	11,03	2,00	11,80	2,50	12,82	3,02	13,84	4	x	x
10	10,95	0	12,30	1,01	13,06	0,00	x	x	x	x	x	x	x	x
11	11,77	0	12,98	1,01	13,92	1,99	14,94	2,00	15,96	2,00	x	x	x	x
12	11,94	0	12,30	1,01	12,39	1,50	13,40	2,00	14,10	3,01	15,12	3,01	16,13	3,50
13	13,02	0	14,16	1,50	15,26	1,93	16,29	1,99	17,30	2,00	x	x	x	x
14	13,92	0	14,67	0,51	15,10	1,01	16,11	0,51	17,12	0,52	18,12	0,52	x	x
15	14,35	0	15,53	1,50	16,53	0,45	17,54	0,46	18,62	0,00	x	x	x	x
16	14,35	0	15,52	0,51	16,53	1,01	17,62	1,01	18,54	1,01	x	x	x	x

Anhang

8.2.7. Umgerechnete Werte Gruppe Krebs dental

Pat	Gruppe	Geschl	Alter	r0y	rax	ray	rbx	rby	rcx	rcy	rdx	rdy
17	2	1	10,32	0	10,42	7,07	10,74	7,11	12,00	7,26	12,91	7,08
18	2	1	10,66	0	10,74	7,55	11,16	6,37	12,08	6,98	13,16	6,28
19	2	1	11,06	0	11,15	7,77	11,34	7,77	11,91	7,67	12,92	7,17
20	2	1	11,23	0	11,33	6,26	11,49	6,26	12,07	3,89	14,22	2,01
21	2	1	12,48	0	12,59	8,31	13,50	8,31	14,48	4,60	16,57	4,11
22	2	1	12,90	0	12,99	3,70	13,24	3,70	15,14	3,70	16,23	3,70
23	2	1	14,22	0	14,32	5,29	14,60	5,28	15,40	5,21	16,32	5,02
24	2	1	15,05	0	15,14	0,51	15,63	0,50	16,56	0,51	17,52	1,01
25	2	1	16,46	0	16,56	5,90	16,75	5,89	17,59	5,30	18,49	3,01
26	2	1	17,91	0	18,01	6,40	18,26	6,40	18,76	6,00	19,84	2,31
27	2	1	18,15	0	18,26	6,30	18,51	6,30	19,59	5,6,	x	x
28	2	1	19,74	0	19,85	5,60	20,10	5,60	x	x	x	x
29	2	2	8,77	0	8,85	3,83	8,93	3,83	10,09	3,82	11,16	3,73
30	2	2	11,00	0	11,07	6,81	12,08	5,12	x	x	x	x
31	2	2	11,90	0	12,01	10,32	12,67	10,32	13,08	10,02	14,07	8,33
32	2	2	12,83	0	12,91	6,61	13,05	6,62	13,99	5,73	14,74	5,41
33	2	2	13,08	0	13,52	5,72	15,56	7,04	16,56	6,82	17,57	5,02
34	2	2	13,90	0	13,99	4,62	14,24	4,62	15,90	3,13	16,73	4,21
35	2	2	13,98	0	14,07	7,52	14,15	7,52	15,99	7,32	17,07	7,12
36	2	2	14,48	0	14,56	5,42	14,72	5,43	16,56	4,93	17,58	3,61
37	2	2	15,15	0	15,23	5,53	15,56	4,53	16,56	4,63	17,74	3,42
38	2	2	16,02	0	16,14	4,83	16,99	6,32	18,07	6,21	18,99	6,31
39	2	2	17,57	0	17,66	6,21	17,98	5,91	x	x	x	x

Fortsetzung 8.2.7.

Pat	Gruppe	Geschl	rex	rey	rfx	rfy	rgx	rgy	rhx	rhy	rix	riy
17	2	1	13,90	6,38	14,91	5,00	15,89	4,50	x	x	x	x
18	2	1	14,24	5,00	15,06	5,01	x	x	x	x	x	x
19	2	1	14,16	6,99	16,15	5,20	16,92	5,10	17,92	5,30	x	x
20	2	1	16,14	2,71	16,99	2,70	17,99	2,81	x	x	x	x
21	2	1	17,58	3,31	18,50	3,42	x	x	x	x	x	x
22	2	1	17,24	3,70	18,24	4,21	x	x	x	x	x	x
23	2	1	17,58	2,31	18,15	1,81	19,16	1,61	x	x	x	x
24	2	1	18,57	0,42	19,57	0,41	x	x	x	x	x	x
25	2	1	19,66	2,39	20,59	2,41	x	x	x	x	x	x
26	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
28	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	2	2	12,08	3,72	13,16	3,72	x	x	x	x	x	x
30	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	2	2	16,64	7,03	17,74	6,71	x	x	x	x	x	x
32	2	2	15,98	4,93	x	x	x	x	x	x	x	x
33	2	2	18,58	4,80	x	x	x	x	x	x	x	x
34	2	2	18,26	2,80	19,58	2,40	20,74	2,28	x	x	x	x
35	2	2	17,99	6,90	x	x	x	x	x	x	x	x
36	2	2	18,42	3,30	19,41	2,90	x	x	x	x	x	x
37	2	2	18,66	2,80	19,58	2,90	x	x	x	x	x	x
38	2	2	20,00	5,70	21,01	5,20	x	x	x	x	x	x
39	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Anhang

8.2.8. Umgerechnete Werte Gruppe Krebs sutur

Pat	Gruppe	Geschl	Alter	r0y	rax	ray	rbx	rby	rcx	rcy	rdx	rdy
17	2	1	10,33	0	10,40	3,54	10,66	3,16	11,90	3,36	12,80	3,86
18	2	1	10,66	0	10,74	1,94	11,16	1,94	11,49	1,85	12,08	1,85
19	2	1	11,07	0	11,14	3,75	11,32	3,27	11,9	2,97	12,92	3,48
20	2	1	11,24	0	11,32	2,55	11,49	1,84	12,50	2,56	13,57	3,09
21	2	1	12,51	0	12,57	2,98	13,41	2,77	17,49	3,71	18,48	3,53
22	2	1	12,93	0	13,00	2,56	13,25	2,26	13,66	2,39	14,16	2,58
23	2	1	14,26	0	14,33	2,07	14,50	1,88	14,99	2,08	15,39	2,28
24	2	1	15,08	0	15,15	2,18	15,66	1,41	16,65	2,00	17,75	2,21
25	2	1	16,50	0	16,57	1,91	16,75	1,50	17,17	1,42	17,67	1,22
26	2	1	17,92	0	17,98	3,62	18,24	2,52	18,74	2,52	19,81	2,94
27	2	1	18,17	0	18,24	1,22	18,50	0,54	18,58	0,73	19,58	0,73
28	2	1	19,75	0	19,82	1,55	20,07	1,05	x	x	x	x
29	2	2	8,75	0	8,84	1,30	8,93	1,31	10,09	1,71	11,17	1,81
30	2	2	11,00	0	11,10	3,83	11,59	3,72	12,10	3,72	12,59	3,82
31	2	2	11,90	0	12,03	5,33	12,69	4,42	13,10	4,63	14,09	4,83
32	2	2	12,84	0	12,92	3,02	13,01	3,02	13,59	2,50	14,01	2,41
33	2	2	13,10	0	13,18	1,69	13,42	1,40	14,59	1,90	15,58	1,69
34	2	2	13,92	0	14,00	1,40	14,25	0,50	14,92	0,51	15,49	1,01
35	2	2	14,00	0	14,09	1,61	14,57	1,51	15,08	1,51	15,99	1,82
36	2	2	14,49	0	14,59	1,70	15,58	1,82	16,58	1,41	17,60	1,10
37	2	2	15,16	0	15,24	1,70	15,61	1,73	16,58	1,81	17,75	1,70
38	2	2	16,08	0	16,16	0,80	17,01	1,29	18,09	1,50	19,00	2,02
39	2	2	17,59	0	17,67	1,20	18,00	0,71	18,59	1,02	19,91	1,23

Fortsetzung 8.2.8.

Pat	Gruppe	Geschl	rex	rey	rfx	rfy	rgx	rgy	rhx	rh y	rix	riy
17	2	1	13,82	3,77	14,82	3,79	15,81	3,99	x	x	x	x
18	2	1	14,32	3,59	15,23	4,00	16,23	3,80	17,07	3,80	18,06	3,82
19	2	1	14,15	4,19	15,06	4,80	16,06	4,81	16,81	4,50	17,82	4,61
20	2	1	14,41	3	14,66	2,99	15,48	3,10	16,48	3,52	x	x
21	2	1	19,40	3,54	x	x	x	x	x	x	x	x
22	2	1	15,16	3,12	16,23	3,12	17,24	3,42	18,24	3,63	x	x
23	2	1	16,31	2,90	17,58	3,03	18,16	2,92	19,16	2,53	x	x
24	2	1	18,66	2,23	19,16	2,13	19,66	2,04	x	x	x	x
25	2	1	18,58	1,52	19,74	0,94	20,65	1,06	x	x	x	x
26	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
27	2	1	20,65	0,85	x	x	x	x	x	x	x	x
28	2	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
29	2	2	12,09	2,40	13,18	2,90	x	x	x	x	x	x
30	2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
31	2	2	16,67	5,22	17,75	5,83	x	x	x	x	x	x
32	2	2	15,08	2,61	15,99	2,21	x	x	x	x	x	x
33	2	2	16,57	2,14	17,59	1,91	18,59	1,91	x	x	x	x
34	2	2	15,91	0,80	18,26	1,00	19,75	0,82	20,91	0,83	x	x
35	2	2	17,17	1,41	18,10	1,61	19,09	1,71	x	x	x	x
36	2	2	18,42	1,20	19,42	1,21	x	x	x	x	x	x
37	2	2	18,67	1,41	19,58	1,62	20,58	1,85	x	x	x	x
38	2	2	19,99	2,03	20,98	1,96	21,98	1,77	x	x	x	x
39	2	2	20,82	1,33	x	x	x	x	x	x	x	x

Anhang

8.2.9. Arbeitvariablen Gruppen Skieller und Krebs dental

Pat	Post_ex	Ende	Max exp	Altm axex	Rezi div	Altr ema	Delt imre	Exp1 ppix	Alt1 ppix	Exp1 post	Alt1 post	Expo wach	Stre zdel	Rezo wach
1	3,72	3,14	3,72	8,72	2,91	9,99	1,27	1470	1058	3,09	9,72	2,67	2,29	1,05
2	4,62	4,12	5,40	10,60	1,38	11,60	1,00	1336	1435	4,06	11,60	3,64	1,38	1,76
3	6,10	3,74	6,10	10,70	2,36	12,70	2,01	1133	1451	5,52	11,70	5,10	1,17	1,00
4	8,51	3,44	8,51	11,80	5,07	13,10	1,34	1235	1685	4,79	12,80	4,37	3,78	4,14
5	4,71	4,85	6,31	12,30	1,46	13,30	1,00	1222	1789	4,88	13,30	4,46	1,46	1,85
6	11,90	12,00	12,30	12,90	0,81	14,30	1,39	264	1901	11,80	13,90	11,40	0,58	0,94
7	5,73	4,86	5,73	6,97	0,87	10,10	3,12	1066	729	5,46	7,97	5,17	0,28	0,56
8	3,66	3,57	3,66	8,58	0,11	9,58	1,00	1325	1052	3,57	9,58	3,27	0,11	0,39
9	6,96	5,78	6,96	10,90	1,38	12,70	1,76	957	1523	6,26	11,90	5,96	0,78	1,00
10	6,98	5,59	8,30	12,90	2,71	13,90	1,00	1047	1927	5,60	13,90	5,31	2,71	2,99
11	11,00	10,00	11,00	13,80	1,01	14,80	1,00	438	2095	10,10	14,80	9,76	1,01	1,26
12	4,99	2,62	5,10	13,20	2,48	16,00	2,77	1375	1975	3,20	14,20	2,91	0,90	2,19
13	2,32	1,74	2,32	14,00	0,58	16,10	2,09	1558	2142	1,86	15,00	1,57	0,28	0,75
14	2,60	-0,60	3,21	15,00	3,84	15,90	0,99	1908	2330	-0,70	16,00	-1,00	3,88	4,20
15	5,20	2,14	5,20	15,40	3,06	18,40	2,99	1158	2414	4,79	16,40	4,50	1,02	0,70
16	2,33	-0,40	2,33	15,40	2,74	17,30	1,98	1757	2412	0,41	16,40	0,12	1,38	2,21
17	7,07	4,50	7,26	12,00	2,76	15,90	3,89	480	1072	7,03	13,00	6,61	0,71	0,65
18	7,55	5,01	7,55	11,20	2,55	14,20	3,08	492	924	6,93	12,20	6,51	0,83	1,04
19	7,77	5,30	7,77	11,20	2,77	16,90	5,77	416	922	7,56	12,20	7,14	0,48	0,63
20	6,26	2,81	6,26	11,30	4,25	14,20	2,89	888	954	3,66	12,30	3,24	1,47	3,02
21	8,31	3,42	8,31	13,50	5,00	17,60	4,99	776	1336	4,59	14,50	4,17	1,00	4,14
22	3,70	4,21	3,70	13,00	0,00	x	x	883	1246	3,70	14,00	3,28	0,00	0,42
23	5,29	1,61	5,29	14,30	3,68	19,20	4,84	701	1480	5,21	15,30	4,79	0,76	0,50
24	0,51	0,41	0,51	15,10	0,10	19,60	4,43	1270	1624	0,50	16,10	0,08	0,02	0,43
25	5,90	2,41	5,90	16,60	3,51	19,70	3,10	685	1874	5,34	17,60	4,92	1,13	0,98
26	6,40	2,31	6,40	18,00	4,09	19,80	1,83	701	2129	5,21	19,00	4,79	2,23	1,61
27	6,30	5,60	6,30	18,30	0,70	19,60	1,33	627	2173	5,82	19,30	5,40	0,53	0,90
28	5,60	5,60	5,60	19,90	0,00	x	x	x	2453	x	20,90	x	0,00	x
29	3,83	3,72	3,83	8,85	0,11	12,10	3,23	1109	639	3,82	9,85	3,53	0,03	0,30
30	6,81	5,12	6,81	11,10	3,69	12,10	1,01	950	1027	5,14	12,10	4,85	3,65	1,96
31	10,30	6,71	10,30	12,00	6,71	17,70	5,73	482	1307	9,02	13,70	8,73	1,17	1,59
32	6,61	4,93	6,62	13,70	1,69	16,00	2,93	882	1374	5,70	14,10	5,41	0,58	1,21
33	5,72	4,80	7,04	15,60	2,24	18,60	3,02	746	1813	6,83	16,60	6,54	0,74	0,50
34	4,62	2,28	4,62	14,00	2,28	20,70	6,75	1094	1538	3,95	15,00	3,65	0,34	0,97
35	7,52	6,90	7,52	14,10	0,62	18,00	3,92	674	1552	7,43	15,10	7,14	0,16	0,38
36	5,42	2,90	5,43	14,70	2,90	19,40	4,69	949	1666	5,15	15,70	4,86	0,62	0,57
37	5,53	2,90	5,53	15,20	2,73	18,70	3,43	1014	1755	4,61	16,20	4,32	0,80	1,21
38	4,83	5,20	6,32	17,00	1,12	21,00	4,02	819	2063	6,23	18,00	5,93	0,28	0,39
39	6,21	5,91	6,21	17,70	0,30	18,00	0,32	x	2181	x	18,70	x	0,94	x

Anhang

8.2.10. Arbeitvariablen Gruppen Skieller und Krebs sutur

Pat	Post_ex	Post_exr	Ende	Ender	Maxexp	Maxexpr	Altmaxex	Rezidiv	Rezidivr	Altrema
1	1,53	1,41	3,54	3,27	1,53	1,41	8,66	0,00	0,00	x
2	1,53	1,41	2,52	2,33	1,53	1,41	9,92	0,00	0,00	x
3	1,02	0,94	2,02	1,86	1,02	0,94	10,70	0,00	0,00	x
4	0,52	0,48	1,02	0,94	0,52	0,48	11,90	0,00	0,00	x
5	1,02	0,94	2,51	2,32	1,02	0,94	11,00	0,00	0,00	x
6	1,09	1,00	3,04	2,80	1,09	1,01	11,90	0,00	0,00	x
7	1,01	0,93	1,50	1,38	1,01	0,93	7,01	0,01	0,01	8,03
8	0,50	0,46	0,51	0,47	0,50	0,46	8,63	0,00	0,00	x
9	2,00	1,84	4,00	3,69	2,00	1,85	11,00	0,00	0,00	x
10	1,01	0,93	0,00	0,00	1,01	0,93	12,30	1,01	0,93	13,10
11	1,99	1,84	2,00	1,84	1,99	1,84	13,90	0,00	0,00	x
12	1,50	1,39	3,50	3,23	1,50	1,38	12,40	0,00	0,00	x
13	1,50	1,39	2,00	1,85	1,50	1,38	14,20	0,00	0,00	x
14	0,51	0,47	0,52	0,48	1,01	0,93	15,10	0,50	0,46	16,10
15	1,50	1,39	0,00	0,00	1,50	1,38	15,50	1,50	1,38	18,60
16	0,51	0,47	1,01	0,93	1,01	0,93	16,50	0,00	0,00	x
17	3,54	3,27	3,99	3,68	3,54	3,27	10,40	0,38	0,35	10,70
18	1,94	1,79	3,82	3,53	1,94	1,79	10,70	0,09	0,08	11,50
19	3,75	3,46	4,61	4,26	3,75	3,46	11,10	0,78	0,72	11,90
20	2,55	2,35	3,52	3,25	2,55	2,35	11,30	0,71	0,66	11,50
21	2,98	2,75	3,54	3,27	2,98	2,75	12,60	0,21	0,19	13,40
22	2,56	2,36	3,63	3,35	2,56	2,36	13,00	0,30	0,28	13,30
23	2,07	1,91	2,53	2,34	2,07	1,91	14,30	0,19	0,18	14,50
24	2,18	2,01	2,04	1,88	2,18	2,01	15,20	0,78	0,72	15,70
25	1,91	1,76	1,06	0,98	1,91	1,76	16,60	0,69	0,64	17,70
26	3,62	3,34	2,94	2,71	3,62	3,34	18,00	1,10	1,02	18,20
27	1,22	1,12	0,85	0,79	1,22	1,13	18,20	0,68	0,63	18,50
28	1,55	1,43	1,05	0,97	1,55	1,43	19,80	0,50	0,46	20,10
29	1,30	1,20	2,90	2,68	1,30	1,20	8,84	0,00	0,00	x
30	3,83	3,54	3,82	3,52	3,83	3,54	11,10	0,11	0,10	11,60
31	5,33	4,92	5,83	5,38	5,33	4,92	12,00	0,91	0,84	12,70
32	3,02	2,79	2,21	2,04	3,02	2,79	12,90	0,61	0,56	14,00
33	1,69	1,56	1,91	1,76	1,69	1,56	13,20	0,29	0,27	13,40
34	1,40	1,29	0,83	0,76	1,40	1,29	14,00	0,90	0,83	14,30
35	1,61	1,48	1,71	1,58	1,61	1,49	14,10	0,10	0,09	14,60
36	1,70	1,57	1,21	1,12	1,70	1,57	14,60	0,60	0,55	17,60
37	1,70	1,57	1,85	1,71	1,70	1,57	15,20	0,29	0,27	18,70
38	0,80	0,74	1,77	1,63	0,80	0,74	16,20	0,00	0,00	x
39	1,20	1,11	1,33	1,23	1,20	1,11	17,70	0,49	0,45	18,00

Anhang

Arbeitsvariablen Gruppen Skieller und Krebs sutur Fortsetzung 8.2.10

Pat	Deltimre	Exp1ppix	Alt1ppix	Alt1post	Exp1post	Rex1post	Expowach	Strezedel	Rezewach
1	x	879	1073	9,66	1,90	1,75	0,52	x	0,90
2	x	934	1343	10,90	1,51	1,40	0,13	x	1,28
3	x	996	1507	11,70	1,08	1,00	-0,30	x	1,24
4	x	1025	1758	12,90	0,88	0,81	-0,50	x	0,98
5	x	1007	1578	12,00	1,01	0,93	-0,40	x	1,31
6	x	934	1775	12,90	1,51	1,40	0,13	x	0,87
7	1,02	1009	726	8,01	0,99	0,92	-0,20	0,01	1,10
8	x	1079	1065	9,63	0,50	0,46	-0,70	x	1,13
9	x	780	1566	12,00	2,62	2,42	1,46	x	0,39
10	0,76	x	1830	13,30	x	x	x	1,23	,
11	x	867	2168	14,90	2,00	1,85	0,84	x	1,00
12	x	863	1850	13,40	2,03	1,87	0,87	x	0,52
13	x	881	2220	15,20	1,90	1,75	0,74	x	0,64
14	1,01	1051	2325	16,10	0,70	0,64	-0,50	0,46	1,40
15	3,09	1087	2505	16,50	0,44	0,41	-0,70	0,45	2,10
16	x	1009	2503	17,50	0,99	0,92	-0,20	x	1,10
17	0,26	745	900	11,40	3,28	3,02	1,90	1,35	1,37
18	0,75	924	963	11,70	1,84	1,70	0,46	0,11	1,33
19	0,76	768	1038	12,10	3,09	2,85	1,71	0,95	1,75
20	0,17	850	1071	12,30	2,43	2,25	1,05	3,85	1,30
21	0,84	802	1304	13,60	2,82	2,60	1,44	0,23	1,31
22	0,25	841	1384	14,00	2,51	2,31	1,13	1,11	1,24
23	0,17	873	1630	15,30	2,25	2,08	0,87	1,03	1,04
24	0,51	941	1784	16,20	1,70	1,57	0,32	1,41	1,69
25	1,10	998	2048	17,60	1,24	1,15	-0,10	0,58	1,90
26	0,26	825	2311	19,00	2,63	2,43	1,25	3,91	2,09
27	0,26	1063	2359	19,20	0,72	0,67	-0,70	2,41	1,78
28	0,25	x	2652	20,80	x	x	x	1,85	x
29	x	931	656	9,84	1,65	1,52	0,49	x	0,71
30	0,49	669	1078	12,10	3,80	3,50	2,64	0,21	0,90
31	0,66	560	1252	13,00	4,69	4,33	3,53	1,27	1,39
32	1,09	832	1419	13,90	2,46	2,27	1,30	0,52	1,49
33	0,24	917	1467	14,20	1,76	1,63	0,60	1,12	0,96
34	0,25	1061	1621	15,00	0,58	0,54	-0,60	3,32	1,87
35	0,48	944	1637	15,10	1,54	1,42	0,38	0,19	1,11
36	3,01	908	1730	15,60	1,84	1,69	0,68	0,18	0,89
37	3,43	913	1853	16,20	1,80	1,66	0,64	0,08	0,93
38	x	969	2024	17,20	1,34	1,23	0,18	x	0,56
39	0,33	1004	2307	18,70	1,05	0,97	-0,10	1,37	1,22

8.3. Variablenlisten

8.3.1. Variablenliste für Variablen im Bereich des Zahnbogens (d=dental):

Variablen Nummer	Bedeutung
1	Patient aus Studie 1 Skieller oder 2 Krebs
2	Geschlecht: 1männlich, 2 weiblich
3	Alter zu Studienbeginn
5d	Erweiterung(Abstand Zunahme ausgehend von Abstand zu Studienbeginn) unmittelbar nach der Expansion
7d	Erweiterung am Studienende
9d	Maximal gemessene Erweiterung
10d	Alter zum Zeitpunkt der maximalen Erweiterung
12d	Rezidiv (maximaler Verlust an Erweiterung)
13d	Alter zum Zeitpunkt an dem das maximale Rezidiv gemessen wurde
14d	Zeitraum, von maximaler Erweiterung bis zum maximalen Rezidiv
15d	Alter ein Jahr nach maximaler Erweiterung
17d	Erweiterung ein Jahr nach der maximalen Erweiterung
18d	Erweiterung ein Jahr nach der maximalen Erweiterung abzüglich des natürlichen Wachstums
19d	Grad des Erweiterungsverlustes von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des maximalen Rezidives
20d	Gibt das Rezidiv ein Jahr nach maximaler Erweiterung mit Korrektur des natürlichen Wachstums an

8.3.2. Variablenliste für Variablen im Bereich der Implantate (s=sutural):

Variablen Nummer	Bedeutung
1	Patient aus Studie 1 Skieller oder 2 Krebs
2	Geschlecht: 1männlich, 2 weiblich
3	Alter zu Studienbeginn
4s	Erweiterung (Abstand Zunahme ausgehend von Abstand zu Studienbeginn) unmittelbar nach der Expansion (Rö-Vergrößerung nicht korrigiert)
5s	Erweiterung unmittelbar nach der Behandlung (Rö-Vergrößerung korrigiert)
6s	Erweiterung am Studienende (Rö-Vergrößerung nicht korrigiert)
7s	Erweiterung am Studienende (Rö-Vergrößerung korrigiert)
8s	Maximal gemessene Erweiterung (Rö-Vergrößerung nicht korrigiert)
9s	Maximal gemessene Erweiterung (Rö-Vergrößerung korrigiert)
10s	Alter zum Zeitpunkt der maximalen Erweiterung
11s	Rezidiv (maximaler Verlust an Erweiterung, Rö-Vergrößerung nicht korrigiert)
12s	Rezidiv (maximaler Verlust an Erweiterung, Rö-Vergrößerung korrigiert)
13s	Alter zum Zeitpunkt an dem das maximale Rezidiv gemessen wurde
14s	Zeitraum, von maximaler Erweiterung bis zum maximalen Rezidiv
15s	Alter ein Jahr nach maximaler Erweiterung
16s	Erweiterung ein Jahr nach der maximalen Erweiterung (Rö-Vergrößerung nicht korrigiert)
17s	Erweiterung ein Jahr nach der maximalen Erweiterung (Rö-Vergrößerung korrigiert)
18s	Erweiterung ein Jahr nach der maximalen Erweiterung abzüglich des natürlichen Wachstums (Rö-Vergrößerung korrigiert)
19s	Grad des Erweiterungsverlustes von maximaler Erweiterung bis zum Erreichen des Rezidives (Rö-Vergrößerung korrigiert)
20s	Gibt das Rezidiv ein Jahr nach maximaler Erweiterung mit Korrektur des natürlichen Wachstums an (Rö-Vergrößerung korrigiert)

VERZEICHNIS MEINER AKADEMISCHEN LEHRER

Meine akademischen Lehrer an der Philipps-Universität Marburg waren die Damen und Herren Dozenten und Professoren:

Alfke, Arnold, Aumüller, Austermann, Barth, Basler, Baum, Behr, Bertalanffy, Bien, Braune, Brilla, Christiansen, Coca, Czubayko, Daut, Dibbets, Diedrich, Doss, Ehlenz, Eissele, Engenhard-Cabillic, Flores-de-Jacoby, Fruhstorfer, Fuhrmann, Gemsa, Gente, Giese, Gloerfeld, Görg, Gotzen, Gressner, Grimm, Griss, Gröne, Grzeschik, Hasilik, Happle, Hellinger, Hellwig, Hemmer, Herzum, Hesse, Heufelder, Hoffmann, Hofmann, Holzheidt, Joseph, Jungclas, Kaffarnik, Kern, Klaus, Kleine, Klenk, Klose, Köhler, König, Koolman, Krause, Kretschmer, Krieg, Kroll, Lange, Lehmann, Leppek, Lennartz, Lippert, Lotzmann, Maisch, Mengel, Moll, Momeni, Moosdorf, Mueller, Neubauer, Niessing, Noll, Oertel, Pieper, Pfeiffer, Podszus, Remschmidt, Richter, Riedmiller, Röhm, Rosenow, Rothmund, Schachtschabel, Schäfer, Schmidt, Schnabel, Schneider, Schneyer, Schüffel, Seitz, Slenczka, Sommer, Sonntag, Stachniss, Steiniger, Steinmetz, Stelzel, Stoll, Sundermeyer, Umstadt, von Wichert, Vogelmaier, Vohland, Voigt, Wagner, Weihe, Wenz, Werner, Westermann, Wilke, Wirth, Wolf.

Danksagung

Ganz herzlich möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. J.M.H. Dibbets, Leiter der Abteilung Kieferorthopädie am Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Philipps-Universität Marburg, für die sehr gute Betreuung, das große Engagement und die vielen Anregungen und Hinweise, mit denen er mich beim schriftlichen Teil dieser Arbeit vielfältig unterstützt hat, bedanken.

Besonders möchte ich mich bei Herrn Dr. Bernd Müller, EDV-Beauftragter der kieferorthopädischen Abteilung, bedanken, der mir mit seiner Unterstützung in statistischen Fragen und bei der Erstellung der Diagramme und Grafiken zur Seite stand.

Meiner Frau Judith möchte ich mich für den Zuspruch während dieser Arbeit und die liebevolle Unterstützung bedanken, so wie für die zahllosen aufmunternden Worte.

Meinen Eltern Rosemarie von Haussen-Panjas und Dr. Eyke-Friedrich von Haussen, so wie ihren Ehepartnern Erika von Haussen und Ulrich Panjas bedanke ich mich für die Unterstützung während dieser Arbeit. Besonders danke ich meinem Vater und Herrn Ulrich Panjas für die hilfreichen Diskussionen und Anregungen.