

**Dreidimensionale Gesichtsanalyse bei Spaltpatienten  
zwischen 6 und 12 Jahren**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Schugg, Meike-Kristin**

**2015**

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. M. Kimmel

2. Berichterstatter: Professor Dr. M. Berneburg

***Für meine Eltern***

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	1
1.1.1	Ätiologie und Pathogenese	1
1.1.2	Klassifikation	3
1.1.3	Arten und Anatomie	3
1.1.4	Behandlung	4
1.1.5	Operationstechniken am Universitätsklinikum Tübingen	6
1.1.6	Pierre-Robin-Sequenz	9
1.1.7	Besonderheit des Gesichts	10
1.2	Untersuchungsmethoden	11
1.2.1	Direkte Anthropometrie	11
1.2.2	Dreidimensionale Systeme	12
1.3	Stereophotogrammetrie	14
1.3.1	Präzision und Genauigkeit der digitalen Stereophotogrammetrie	15
1.4	Ausgangssituation und Zielsetzung	17
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>17</b>
2.1	Kontrollgruppe	17
2.2	Patienten	18
2.2.1	Einteilung	19
2.2.2	Geschlecht und Alter	19
2.2.3	Operationszeitpunkte	22
2.3	3D-Scanner	22
2.3.1	Bildakquisition	24
2.4	Auswahl und Setzen der Landmarken	25
2.4.1	Weiterverarbeitung der Scans der Kontrollgruppe	27
2.5	Spiegelung	28
2.6	Alignment	28
2.7	Statistische Auswertung	29
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>31</b>
3.1	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei den gesunden Kontrollpersonen	31
3.1.1	Orbita	31

3.1.2	Ohr .....	31
3.1.3	Nase .....	32
3.1.4	Lippen.....	33
3.1.5	Kinn .....	33
3.2	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte.....	37
3.2.1	Männlich .....	37
3.2.2	Weiblich.....	41
3.3	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte.....	46
3.3.1	Männlich .....	46
3.3.2	Weiblich.....	51
3.4	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte.....	55
3.4.1	Männlich .....	55
3.4.2	Weiblich.....	60
3.5	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Gaumenspalte .....	65
3.5.1	Männlich .....	65
3.5.2	Weiblich.....	69
3.6	Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Pierre-Robin-Sequenz mit Gaumenspalte .....	73
3.6.1	Männlich .....	73
3.6.2	Weiblich.....	77
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>81</b>
4.1	Dreidimensionale Analyse .....	81
4.2	Kontrollgruppe der gesunden Kinder .....	84
4.3	Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte .....	87
4.4	Unilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte.....	88
4.5	Bilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte .....	90
4.6	Gaumenspalte.....	92
4.7	Pierre-Robin-Sequenz mit Gaumenspalte .....	93
4.8	Schlussfolgerung .....	94
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>96</b>

<b>6</b>	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>100</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>
<b>8</b>	<b>Erklärung zum Eigenanteil .....</b>	<b>114</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>115</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>116</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

3D: dreidimensional(e)

CT: Computertomographie

DVT: Digitale Volumetomographie

et al.: et alii

FRS: Fernröntgenseitbild

LKG: Lippen-Kiefer-Gaumen

LK: Lippen-Kiefer

M.: Musculus

mm: Millimeter

PRS: Pierre-Robin-Sequenz

# **1 Einleitung**

## **1.1 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten**

Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten gehören zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen mit einer Inzidenz in Mitteleuropa und Skandinavien von ungefähr 1:500 Geburten [1-5].

Durch ästhetische und funktionelle Beeinträchtigungen wie Probleme mit dem Atmen oder Trinken besteht unbedingter Behandlungsbedarf durch die Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie. Trotz erfolgten operativen Verschlusses bestehen je nach betroffener Struktur verschiedene Funktionsstörungen wie beispielsweise undeutliches Sprechen. Daneben spielen durch die zentrale Lage im Gesicht auch ästhetische Einschränkungen eine wichtige Rolle.

### **1.1.1 Ätiologie und Pathogenese**

Während der Gesichtsentwicklung in der 4.-10. Embryonalwoche wachsen verschiedene Teile des Gesichts innerhalb bestimmter Zeitfenster voneinander getrennt. Innerhalb dieser Zeitfenster können durch diverse Einflüsse Spaltbildungen an den verschiedenen Teilen des Gesichts entstehen. Diese sogenannte teratogene Periode besteht für die Lippe in der 5. intrauterinen Woche, für den Gaumen zwischen der 10. und 12. intrauterinen Woche [6].

Die Oberlippe entwickelt sich aus drei Fortsätzen – zwei seitlichen Oberkieferwülsten und einem medialen Nasenwulst – welche zwischen der 5. und 7. Embryonalwoche reißverschlussartig von innen nach außen verschmelzen. Das Epithel wird dabei durch Mesenchym ersetzt und geht unter. Diese Verschmelzungen kommen dabei im Bereich der Philtrumkanten zu liegen. Erfolgen diese nicht vollständig oder reißt das Gewebe an dieser Stelle sekundär wieder ein, kommt es zu einer Lippenspalte. Diese kann uni- oder bilateral auftreten.

Da die seitlichen Oberkieferwülste und der mediale Nasenwulst auch die Kiefer- und Zahnanlagen enthalten, können Spaltbildungen auch die Verschmelzungen im Bereich des Kiefers betreffen. Hier verschmilzt der Zwischenkiefer, der die Anlagen vom medialen Nasenfortsatz enthält und sich vom rechten bis zum linken seitlichen Schneidezahn und posterior bis zum Foramen incisivus erstreckt, mit den beiden seitlichen Oberkieferwülsten, die jeweils die Anlagen von der Eckzahnregion bis zum Tuber maxillae enthalten [6].

Somit können ausbleibende Verschmelzungen je nach Zeitpunkt, wann die Störung auftritt und wie schwerwiegend diese ist, nur einen Teil der Oberlippe, die gesamte Oberlippe alleine oder die Oberlippe zusammen mit dem Oberkiefer im Sinne einer Lippen-Kiefer-Spalte betreffen.

Der Gaumen entsteht durch Verschmelzung der seitlichen Oberkieferwülste. Im Bereich des harten Gaumens verschmelzen diese auch mit dem medialen Nasenfortsatz, wodurch schließlich die knöchernen und knorpelige Nasenscheidewand entsteht. Falls diese Vereinigung ausbleibt, kann es zu ein- oder doppel-seitigen Spaltbildungen kommen. Im Bereich des Weichgaumens und der Uvula kann es zu einer medianen Spaltbildung kommen.

Lippen-Kiefer-Spalten und Gaumenspalten haben jeweils unterschiedliche teratogene Perioden, jedoch können nicht vereinigte Lippen und/ oder Kiefer in einem Teil der Fälle Ursache für einen daraus folgenden Nichtverschluss der posterioren Oberkieferwülste sein und somit in einer durchgehenden uni- oder bilateralen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte resultieren [6].

Es gibt verschiedene Ursachen für die Entstehung von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Das von Falconer entwickelte multifaktorielle Schwellenwertmodell zählt zu den anerkanntesten Modellen, welches breite Zustimmung erfahren hat [7, 8]. Einerseits spielt eine erbliche Komponente mit ungefähr 12 – 40 % eine Rolle [9, 10], welche aus einer gewissen familiären Häufung ersichtlich wird. Hier scheinen mehrere Gene beteiligt zu sein, was für eine additive Polygenie spricht [11]. Andererseits gibt es auch mehrere äußerliche Einwirkungen, welche die Embryonalentwicklung stören. Hier wären zum Beispiel Infektionen,

körperlicher oder psychischer Stress, ionisierende Strahlung, Chemikalien, Mangelernährung und Rauchen und/ oder übermäßiger Alkoholkonsum der Mutter während der Schwangerschaft zu nennen [1].

### **1.1.2 Klassifikation**

Nach der internationalen Klassifikation (4. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Plastische und Wiederherstellungschirurgie in Rom 1967 [12]) werden die Spaltformen in vier Gruppen zusammengefasst:

1. Spalten des primären (vorderen) embryonalen Gaumens:

Ein- und doppelseitige Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalten

2. Spalten des primären und sekundären (vorderen und hinteren) embryonalen Gaumens:

Ein- und doppelseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

3. Spalten des sekundären (hinteren) embryonalen Gaumens:

Hart- und / oder Weichgaumenspalten

4. Seltene Gesichtspalten

### **1.1.3 Arten und Anatomie**

Je nach Art der Spalte sind verschiedene Strukturen je nach Ausprägungsgrad unterschiedlich stark betroffen.

Bei ein- oder doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten gibt es mehrere Hart- und Weichgewebsveränderungen. Je nach Spaltung der Muskulatur und Fehlinsertionen sowie der Breite von knöchernen Spalten im Bereich des Kiefers und des Gaumens wird das Ausmaß der Deformationen bestimmt.

Bei einseitigen Spalten inserieren die Muskelbäuche des M. orbicularis oris auf der nicht gespaltenen Seite an der Columellabasis und die auf der gespaltenen Seite an der Nasenflügelbasis.

Bei doppelseitigen Spalten ist die Muskulatur im Bereich der Lippe auf beiden Seiten meist symmetrisch unterbrochen. Die Muskelbäuche inserieren jeweils seitlich an den Nasenflügelbasen und ziehen diese nach lateral mit Aufweitung der Naseneingänge. Die Columellabasis steht in der Mitte. Im Bereich des mittleren Segments ist keine funktionsfähige Muskulatur anzutreffen und der Nasensteg ist meist stark verkürzt.

Wenn der Kiefer mit betroffen ist, sind die Segmente bei einseitigen Segmenten asymmetrisch und fehlpositioniert, bei doppelseitigen Spalten steht die Prämaxilla protrudiert.

Am harten Gaumen gibt es spaltbedingt eine Unterbrechung von Nasenschleimhaut, Knochen und Mukoperiost.

Im weichen Gaumen ist die Muskelschlinge des M. levator veli palatini nicht vorhanden, da es spaltbedingt zu einer Fehlinsertion der Muskelbäuche kommt. Diese sind dann schräg sagittal angeordnet und strahlen in die Hartgaumenhinterwand ein. Der M. levator veli palatini bildet normalerweise zusammen mit den seitlichen Rachenmuskeln (M. palatopharyngeus und M. palatoglossus) und der Rachenhinterwand (Passavant-Ringwulst) einen Muskelring, der beim Reden die Mund- gegen die Nasenhöhle abdichtet. Außerdem kommt es durch Kontraktion der Levatorschlinge beim Schlucken zu einer Öffnung der Tuba auditiva und damit zum Druckausgleich. Dies findet bei einer Fehlinsertion nicht oder nur ungenügend statt und führt dann über Sekretansammlungen im Mittelohr zu Schalleitungsstörungen [6].

### **1.1.4 Behandlung**

Bei einer Spalte mit Beteiligung des Gaumens gibt es eine unnatürliche Verbindung von Mund- und Nasenhöhle, welche verschiedene spaltbedingte Funkti-

onsstörungen mit sich bringt. Durch die retrokraniale Lage der Zunge, die sich in die Spalte einlagert, kommt es zu Atmungsbehinderungen. Außerdem ist das Trinken erschwert [6].

Aus diesen Gründen wird schon in den ersten Lebenstagen eine Abformung des Oberkiefers genommen und eine Gaumenplatte hergestellt. Diese regt die Entwicklung der Maxilla nach vorn an, da die Zunge die Spalte nicht mehr durch Einlagerung auseinanderdrückt und nähert die Segmente einander an [13]. Auch ist die Durchführung eines nasoalveolären Moldings möglich, bei der die Naseneingänge durch Sporne schon während dem Tragen der Gaumenplatte geformt werden können [14].

Gerade für die Sprachentwicklung ist ein ausreichendes Hörvermögen sehr wichtig. Bei einer Spalte mit Beteiligung des Gaumens wird daher oft im Rahmen des Weichgaumenverschlusses eine Parazentese, gegebenenfalls mit Einlage eines Paukenröhrchens, mit dem Ziel der Belüftung des Mittelohrs durchgeführt [6].

Je nach Art der Spaltform werden zum Verschluss verschiedene Operationsverfahren angewandt, welche im nächsten Abschnitt näher beschrieben werden.

Wegen der Komplexität des Krankheitsbildes sollte der Patient interdisziplinär in einem Behandlungszentrum betreut werden [15]. Hier sollten im Rahmen einer Spezialsprechstunde regelmäßige Kontrollen bis zum Wachstumsabschluss des Patienten erfolgen, um notwendige Therapien rechtzeitig einzuleiten. Das Basisteam umfasst Hals-Nasen-Ohren-Arzt, Logopäde, Kieferorthopäde und Mund-Kiefer-Gesichtschirurg.

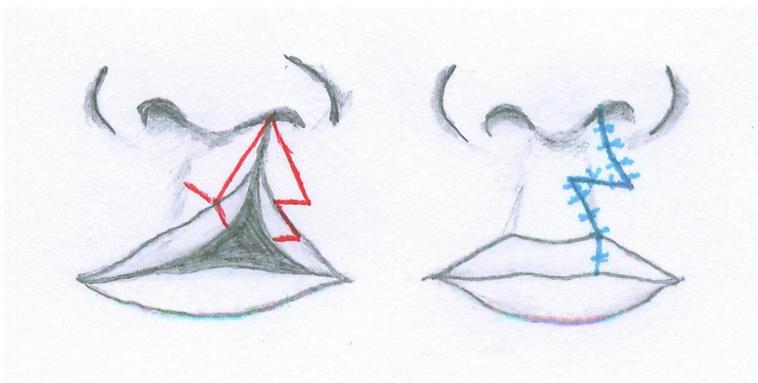
## 1.1.5 Operationstechniken am Universitätsklinikum Tübingen

### 1.1.5.1 Primäroperationen

Im Folgenden sollen die Operationstechniken näher beschrieben werden, welche in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in Tübingen angewandt werden.

Der Weichgaumenverschluss erfolgt im Alter von 4–8 Monaten, frühestens jedoch mit drei Monaten. Hier wird die intravelare Veloplastik nach Kriens angewandt [16]. Die Spaltränder werden in drei Schichten aufgetrennt (orale und nasale Schleimhaut und Muskulatur), die Muskelbäuche des M. levator veli palatini dabei vom Hartgaumen abgelöst und in den Weichgaumen hineinpräpariert. Durch diese Querorientierung erfolgt eine intravelare Vereinigung. Schließlich werden die einzelnen Schichten mehrschichtig vernäht.

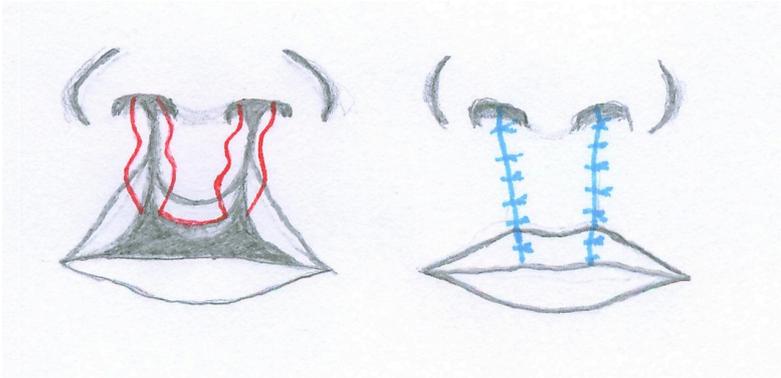
Bei einseitigen Lippenspalten erfolgt der Verschluss mit der Technik nach Tennison und Randall [17, 18], bei der durch die Verschiebung von Dreieckslappen eine Verlängerung der spaltseitigen Oberlippe erzielt wird.



**Abb. 1-1 Lippenspaltplastik nach Tennison-Randall**

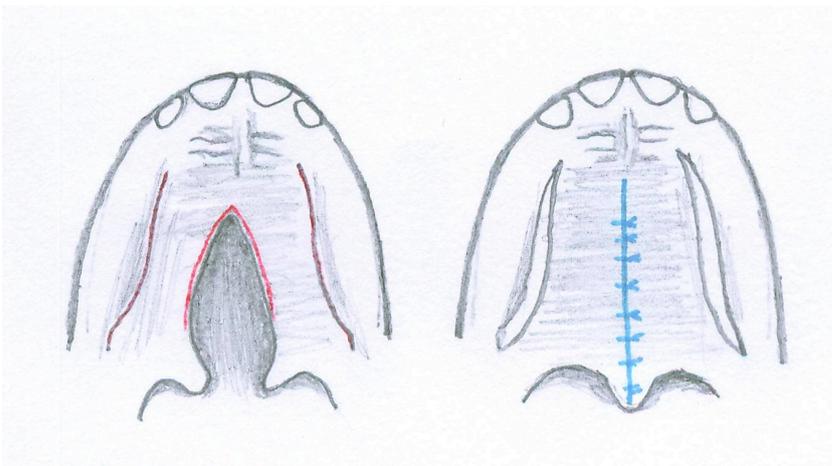
Bei doppelseitigen Spalten wird der Wellenschnitt nach Pfeifer angewandt [19]. Durch wellenförmige Schnittführung an den Spalträndern wird die Oberlippe verlängert, außerdem werden die Muskelstümpfe wieder vereinigt. Die lateralen Nasenflügelansätze werden auf den Zwischenkiefer im Bereich der Spina nasa-

lis anterior aufgesteppt. Narben verbleiben hier im Bereich der Philtrumkante. Bei der Operation sollte für den Zeitpunkt die 10er Regel beachtet werden (10 Pfund, 10 g Hämoglobin/dl und mindestens 10 Monate alt [20]).



**Abb. 1-2 Wellenschnitt nach Pfeifer**

Schließlich erfolgt im Alter von rund zwei Jahren der Hartgaumenverschluss durch die Präparation von Brücken- oder Stiellappen. Nach Spaltrandschnitten und paramarginalen oder marginalen Inzisionen werden die Lappen nach medial verlagert und mehrschichtig verschlossen. Die nasale Schleimhaut wird dabei umgeklappt, um die unteren Nasengänge abzutrennen.



**Abb. 1-3 Brückenlappenplastik**

### 1.1.5.2 Sekundäroperationen

Daran anschließend erfolgen je nach Schweregrad und Art der Spalte Sekundäroperationen zur Verbesserung der Ästhetik und/oder der Funktion.

Durch die spaltbedingte Verkürzung und den unzureichenden Muskeltonus des weichen Gaumens bestehen bei vielen Patienten oft Sprechstörungen, insbesondere eine Rhinophonia aperta, ein sogenanntes offenes Näseln. Normalerweise trennt das Gaumensegel die Nasenhöhle von der Mundhöhle. Die meisten Laute in der deutschen Sprache sind orale Laute, die eine ausreichende Abdichtung zur Nase benötigen. Bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten kommt es zu einer vergrößerten Nasenresonanz, deren Ursache sich hierfür meistens auf eine ungenügende Abdichtung des Gaumensegels mit der Rachenhinterwand (velopharyngeale Insuffizienz) zurückführen lässt. Da bei oralen Lauten der Stimmklang auch durch die Nase erfolgt, klingt das Sprechen dadurch oft undeutlich und näselsnd. Durch logopädische Behandlung erfolgt ein Training der Muskulatur und damit der oralen Luftstromlenkung und Mundmotorik. Wenn jedoch trotzdem keine Besserung eintritt, kann die Indikation zu einer Velopharyngoplastik nach Sanvenero-Roselli gestellt werden. Hier wird ein an der Rachenhinterwand gestielter Schleimhaut-Muskel-Lappen in den weichen Gaumen eingelagert um eine Verbesserung der velopharyngealen Abdichtung zu erzielen [6].

Eine Nasenstegverlängerung ist oft bei doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten erforderlich. Hier wird unter Nutzung der alten Oberlippennarben noch vor der Einschulung eine Gabellappenplastik durchgeführt.

Durch Deformität des Nasenseptums kommt es neben der unzureichenden Ästhetik zu funktionsbeeinträchtigenden Nasenatmungsbehinderungen, die eine endgültige Korrektur nach Wachstumsabschluss durch Septorhinoplastik nötig machen.

Auch Narbenkorrekturen werden zur Verbesserung von Form und Funktion durchgeführt, so zum Beispiel bei einer narbenbedingten Verziehung des Lippenrots oder der unzureichenden Vereinigung des M. orbicularis oris.

Oft bestehen an Schwachstellen wie dem Übergang vom harten zum weichen

Gaumen Restperforationen, welche frühestens ein Jahr nach Erst-Operation verschlossen werden.

Im Bereich der Kieferspalte wird nach dem Tübinger Behandlungskonzept die sekundäre Kieferspaltosteoplastik nach Boyne und Sands angewandt [21]. Hierbei sollen sich die später durchbrechenden Eckzähne in die knöchern durchbauten Spalten einlagern können. Bei früherem Verschluss würde das Oberkieferwachstum gehemmt werden. Hierzu wird mit einer Stanze Beckenkamm entnommen, nach Auftrennung der Spaltränder in diese Bereiche eingelagert und mit einem Mukoperiostlappen verschlossen. Zum Erhalt der Vestibulumhöhe wird ein Gingiva-propria-Lappen gebildet.

Zur Einordnung der Zähne erfolgt eine kieferorthopädische Behandlung mit Multi-Bracket-Apparatur.

Bei Nichtanlage des seitlichen Schneidezahns ist nach Wachstumsabschluss eventuell eine Implantation zu erwägen, ebenso kann eine Lagekorrektur des Oberkiefers durch Distractionsosteogenese oder Le Fort I-Osteotomie erfolgen.

### **1.1.6 Pierre-Robin-Sequenz**

Die Pierre-Robin-Sequenz besteht aus der Kombination von Mikro- und/oder Retrogenie, Glossoptose und obstruktiver Atemstörung [22]. In ca. 60% der Fälle besteht zusätzlich eine Gaumenspalte.

Die geschätzte Häufigkeit der PRS variiert von 1:2000 [23] über 1:8500 [24] bis hin zu 1:14000 [25]. Sie tritt als Teil eines Syndroms zusammen mit weiteren Anomalien oder isoliert auf.

Die Patienten werden von einem multidisziplinären Behandlungsteam betreut. Direkt nach der Geburt ist aufgrund der Atemnot eine intensivmedizinische Überwachung mit Atemwegsmanagement angezeigt. Nach Analyse durch ein Schlaflabor erfolgt eine individuelle Anpassung einer Gaumenplatte mit velopharyngealem Sporn, welche die Atemstörung therapiert und die Unterkie-

ferentwicklung fördert [26]. Diese wird ständig kontrolliert und gegebenenfalls neu angepasst. Begleitend sollte eine logopädische Behandlung erfolgen. Sobald nach schlafmedizinischer Analyse keine obstruktive Atemstörung mehr vorliegt, erfolgt der Gaumenverschluss durch die Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie.

### **1.1.7 Besonderheit des Gesichts**

Bei einer Spaltbildung im Gesicht kommt es neben den funktionellen auch zu ästhetischen Beeinträchtigungen.

Durch die Entwicklung verschiedener Operationstechniken zeigt sich das Streben nach fortlaufender Verbesserung der Behandlung von Spaltpatienten.

Durch das Wachstum unterliegt das Gesicht jedoch fortdauernden Veränderungen. Eine Bewertung der Ästhetik direkt nach Spaltverschluss ist daher unzureichend. Die Möglichkeit von verbessernden Operationen oder logopädischen und kieferorthopädischen Behandlungen vor Wachstumsabschluss macht eine ständige Beurteilung des Erscheinungsbildes eines Patienten durch eine interdisziplinäre Sprechstunde nötig.

Die Behandlung und ihr Ergebnis lassen sich subjektiv durch die Einschätzung der Patienten, deren Angehörigen, Lehrern oder Behandlern evaluieren. Bressmann et al. berichten über eine hohe Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung, jedoch auch über spezifische Probleme in der sozialen Akzeptanz [27]. Sinko et al. stellen eine negative Selbstwahrnehmung der Patienten im Hinblick auf das ästhetische Ergebnis fest, wobei dieses als schwerwiegender im Vergleich zu funktionellen Beeinträchtigungen beurteilt wird [28]. Dadurch wird deutlich, wie wichtig das Gesicht für zwischenmenschliche Beziehungen und damit für das psychische Wohlbefinden jedes Einzelnen ist.

Neben den psychischen Faktoren sind objektive Untersuchungen von Spaltpatienten nach operativer Therapie notwendig. Diese ermöglichen eine quantitati-

ve Analyse des Ergebnisses und durch den Vergleich von verschiedenen Operationsverfahren untereinander eine Verbesserung der zukünftigen Therapie.

## **1.2 Untersuchungsmethoden**

### **1.2.1 Direkte Anthropometrie**

Die einfachste Beurteilung eines Gesichts bzw. der morphologischen Unterschiede im Gesicht eines Spaltpatienten sowohl vor als auch nach operativer Therapie geschieht durch visuelle Inspektion. Sie ist eine der ältesten und noch heute in der Medizin routinemäßig verwendeten Untersuchungsmethoden. Das Urteil des Behandlers wird dabei jedoch durch seine subjektive ästhetische Wahrnehmung beeinflusst, weshalb diese Methode unzuverlässig ist und für genauere und vergleichende Untersuchungen nicht ausreicht [29].

Zur standardisierten Beurteilung gibt es daher die Möglichkeit der direkten Ausmessung eines Gesichts, die Anthropometrie (von griech. „anthropos“ = der Mensch und „metron“ = Maß). Hierfür werden verschiedene Messschieber, Tasterzirkel und Maßbänder verwendet. Sie eignet sich zur quantitativen Analyse von kraniofazialen Anomalien wie zum Beispiel Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, deren operativer Planung und schließlich der Evaluation postoperativer Ergebnisse.

Am meisten hat sich L. G. Farkas in der modernen Weichteilanthropometrie von Kopf und Gesicht verdient gemacht. Durch die Untersuchung von mehr als 2000 Kaukasiern und mehr als hundert Chinesen und Afro-Amerikanern wurden Normwerte für alle möglichen Messungen im Bereich des Gesichtes gewonnen. Hierfür hat er zwischen sorgfältig ausgewählten Landmarken Messungen von Abständen, Winkeln und Bogenlängen durchgeführt und wichtige Beziehungen zwischen anatomischen Punkten dargestellt. Ein großer Teil seiner Arbeit bezieht sich auch auf anthropometrische Messungen bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.

Zwischen 1971 und 1973 wurden von Farkas und Lindsay viele verschiedene Studien mit anthropometrischen Messungen bei Spaltpatienten durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Spaltarten (unilaterale und bilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten sowie isolierte Gaumenspalten) mit gesunden Probanden verglichen [30-32], außerdem die Bereiche von Orbita und Nase näher untersucht [33, 34].

Wichtig für das Setzen der Landmarken ist eine gute anatomische Kenntnis der Gesichtsstrukturen. Da für die Messungen nur wenig spezielle Instrumente benötigt werden, sind sie kostengünstig durchzuführen und für den Untersucher einfach zu erlernen. Negativ ist jedoch die Weichteilverformung bei Auflegen der Messinstrumente auf das Gesicht und daraus resultierende Ungenauigkeiten, sowie vor allem bei der Behandlung von Kindern der Zeitfaktor und das Risiko von Verletzungen bei Bewegung. Außerdem ist sie in ihrer Fähigkeit, die dreidimensionalen Eigenschaften eines Gesichts verständlich zu beschreiben, eingeschränkt [35]. So erlauben die reinen Zahlenwerte zwar eine quantitative Analyse, für eine plastische Operationsplanung oder –evaluation sind sie jedoch ungenügend.

### **1.2.2 Dreidimensionale Systeme**

Zur millimetergenauen Analyse der Spaltgröße und –form, der exakten Operationsplanung und der Morphologie der operativ verschlossenen Spalte mit den umgebenden Strukturen sind zweidimensionale Untersuchungsverfahren unzureichend. Da sich eventuelle Asymmetrien transversal, sagittal und/oder vertikal bemerkbar machen können, ist eine Analyse in drei Dimensionen erforderlich [36].

Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten. Die Computertomographie ermöglicht eine überlagerungsfreie und qualitativ hochwertige Darstellung von Hart- und Weichgewebe. Sie geht jedoch mit einer sehr hohen Strahlenbelastung einher, was vor allem in der Wachstumsphase vermieden werden sollte. Ein Einsatz

der Magnetresonanztomografie ist wegen der mehrere Sekunden dauernden Bildakquisition, die Stillhalten erfordert, und den hohen Kosten in der Behandlung von Kindern mit LKG-Spalten routinemäßig nicht durchführbar. Auch ist das Erstellen eines Normkollektivs zum einen durch die Strahlenbelastung und den hohen Kosten und zum anderen durch die eingeschränkte Transportfähigkeit schwierig [37]. Bei Beiden fehlt außerdem die Information der Oberflächenstruktur. Trotz Weiterentwicklung in diesen Bereichen, die sich auf eine Überlagerung von Fotografien auf die durch CT oder DVT gewonnenen 3D-Daten stützen [38, 39], ist die damit einhergehende Strahlenexposition nur in Ausnahmefällen zu erwägen.

Aus diesen Gründen wurden in den letzten Jahren verschiedene Systeme zur dreidimensionalen Oberflächendarstellung entwickelt, welche mehrere Vorteile aufweisen. So sind sie im Gegensatz zu herkömmlichen radiologischen Verfahren nichtinvasiv, was besonders bei der Behandlung von Patienten während dem Wachstum und bei häufigen Aufnahmen (Ausgangsbefund, Operationsplanung, Kontrolluntersuchungen) wichtig ist. Durch das Vorhandensein eines dreidimensionalen Koordinatensystems ist jeder Punkt an der Oberfläche des Bildes durch x-, y- und z-Koordinaten definiert [40]. So können neben möglichen Flächen- und Volumenberechnungen die x-, y-, z-Koordinaten ausgewählter Oberflächenpunkte exportiert und wie bei der direkten Anthropometrie Abstände und Winkel berechnet werden. Die Zeit, die der Patient verfügbar sein muss, wird verkürzt, da die Messungen im Gegensatz zur direkten Anthropometrie ohne dessen Anwesenheit durchgeführt werden können.

Beispiele für solche Systeme sind Moiré-Fotografie [41], Holografie [42], Morphometrie [43], Video-Imaging [44], Streifenprojektion, Laser-Scanning [45] und Stereophotogrammetrie [46].

Mittels Laser-Scanning wurden von den Arbeitsgruppen um Foong [47] und Duffy [48] auch Messungen bei Spaltpatienten durchgeführt. Diese Methode wird dabei als genau und zuverlässig beschrieben. Ein Nachteil ist jedoch die lange Aufnahmezeit, die gerade bei Kindern leicht Bewegungsartefakte auslö-

sen kann [49]. Diese ist trotz Weiterentwicklung noch ungenügend. So waren in einer Studie von Schwenger-Zimmerer et al. [50] bei einer Aufnahmezeit des Scanners von 2,5 Sekunden nur 6% der Bilder von Kleinkindern aufgrund von Bewegungsartefakten verwertbar.

Durch Streifenprojektion wurden ebenso verschiedene Studien an Spaltpatienten durchgeführt. Li et al [51] führten Messungen an prä- und postoperativen Bildern von Kindern mit unilateraler LKG durch und verglichen sie mit direkten Messungen. Hier hat sich auch dieses System als akkurate und zuverlässige Methode bewährt.

### **1.3 Stereophotogrammetrie**

Die digitale Stereophotogrammetrie ist eine Weiterentwicklung der Photogrammetrie, bei der ein Objekt mithilfe zweidimensionaler Fotografien ausgemessen wird. Sie benötigt mehrere synchronisierte Digitalkameras, welche das Objekt aus verschiedenen Winkeln aufnehmen und dann mithilfe von Triangulation zu einem dreidimensionalen Bild rekonstruieren [52].

Solche Systeme nehmen die Oberflächendaten innerhalb von Millisekunden auf und sind dadurch gerade bei der Behandlung von Kindern einfacher zu handhaben. Im Gegensatz zum Laser-Scanning werden dadurch Bewegungsartefakte ausgeschlossen. Außerdem können so innerhalb kurzer Zeit mehrere Aufnahmen getätigt werden, aus denen später die Beste ausgesucht werden kann [53]. Das resultierende Bild enthält Messinformationen im Submillimeterbereich eingebunden in ein Koordinatensystem, was die Durchführung einer genauen und maßstabsgetreuen Analyse ermöglicht. Mithilfe der zum System gehörenden Software können die Bilder in alle möglichen Richtungen gedreht und bearbeitet werden. So können zum Beispiel Landmarken auf der Gesichtsoberfläche gesetzt und die 3D-Koordinaten exportiert und weiterverarbeitet werden [49].

### 1.3.1 Präzision und Genauigkeit der digitalen Stereophotogrammetrie

In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Herstellern Systeme entwickelt, mit denen Gesichtsoberflächen analysiert wurden.

Eines der ersten digitalen Systeme, C3D (3D Matic Faraday Partnership, Glasgow, Scotland), wurde von Ayoub et al. im Jahr 2003 auf seine Genauigkeit untersucht [46]. Hierfür wurden auf den Gipsabdrücken von 21 Kindern vor Lippen-spaltverschluss fünf Landmarken markiert und mithilfe eines Koordinatenmessgerätes digitalisiert. Nach Bildaufnahme mittels C3D-System wurden die so gewonnenen Landmarken mit denen des Messgerätes verglichen und erwiesen sich auf 0,4 mm genau. Die mittlere Abweichung bei allen Landmarken bei der Platzierung durch drei verschiedene Untersucher lag unter 0,8 mm. Das System wurde hier auch für die Analyse von spaltbedingten Deformitäten empfohlen.

3D-Systeme von 3dMD (3dMD LLC, Atlanta, GA, USA) wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen für die Untersuchung von Patienten mit Spaltbildungen herangezogen.

Krimmel et al. verglichen das System DSP-400 von 3dMD im Jahr 2005 mit direkter Anthropometrie und zweidimensionaler Photogrammetrie [54]. An den Gipsabdrücken von 50 Kindern vor Spaltverschluss wurden hierfür Messungen zwischen gesetzten Landmarken durchgeführt. Das 3D-System war dabei nahezu so präzise wie die direkte Anthropometrie.

Gleichzeitig prüften Aldridge et al. das System 3dMDface, indem sie die Scans von 15 Personen mit 20 Landmarken markieren ließen und dabei die Reproduzierbarkeit, Präzision und Fehler des Systems untersuchten [55]. Die Ergebnisse zeigten, dass das System sehr zuverlässig und genau und damit für die Untersuchung von Patienten mit Fehlbildungen nützlich ist.

Im Jahr 2008 bestätigten Wong et al. die Präzision und Zuverlässigkeit des Systems, indem sie an 20 Personen 18 Messungen mittels direkter Anthropometrie und mittels 3D-Scans erhoben und miteinander verglichen [49].

Das hier verwendete System Vectra-CR 3D (Canfield Scientific, Fairfield, NJ, USA) wurde in drei Studien validiert.

Im Jahr 2010 wurden von de Menezes et al. die Gesichter von 5 Frauen und 5 Männern im Alter von 20-30 Jahren gescannt und anschließend vermessen [56]. 50 Landmarken wurden hierfür teils vor Bildakquisition mittels schwarzem Stift und teils danach am Monitor auf der Gesichtsoberfläche platziert. Nur die Messung von Mundwinkel zu Mundwinkel zeigte eine Abweichung von mehr als 1 mm. Außerdem wurde die Genauigkeit des Systems mithilfe von linearen, angulären und Flächen-Messungen an einem Standardobjekt (ein Würfel mit aufgelagertem Maßband mit einer Auflösung von 1 mm) untersucht. Die Messungen entsprachen nahezu den wirklichen Werten. Zusammenfassend wurden die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit als gut bewertet [56].

Von M.C. Gornick wurde 2011 das Vectra-System mit dem 3dMD-System und einem Koordinatenmessgerät (MicroScribe mechanical digitizer) verglichen [57]. Hierbei wurden an 18 Modellköpfen 28 Landmarken markiert, mithilfe der verschiedenen Systeme digitalisiert und alle möglichen Abstände (insgesamt 378 Strecken) berechnet. Die Ergebnisse zeigten, dass die Messungen durch das Vectra- und das 3dMD-System nahezu identisch waren und beide Systeme ein ähnlich hohes Maß an Genauigkeit verglichen mit dem 3D-Taster aufwiesen. Gornick schlussfolgerte, dass sich von den genannten Systemen aufgenommene Bilder und getätigte Messungen statistisch vergleichen lassen.

In einer Studie von Othman et al. [58] aus dem Jahr 2013 wurde die Reproduzierbarkeit von Weichteillandmarken mittels des Vectra-Systems überprüft. Hier wurden die Gesichter von 30 Personen zwischen 20 und 25 Jahren (15 Frauen und 15 Männer) gescannt und durch einen Untersucher mit 24 Landmarken versehen. Nach zwei Wochen wurde die Platzierung durch denselben Untersucher nochmals wiederholt. Zusammenfassend wurde die Reproduzierbarkeit der Landmarken an Gesichtsoberflächen durch denselben Untersucher als akzeptabel bezeichnet, eine hinreichende Kenntnis der Weichteillandmarken und

gute Kenntnis der Software für die Analyse der Bilder wurden hierfür als entscheidend betrachtet. Das Vectra-System hat sich insgesamt als schnell und nutzerfreundlich und die getätigten Bilder als qualitativ hochwertig erwiesen.

### **1.4 Ausgangssituation und Zielsetzung**

Durch die Komplexität der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten gibt es vielfältige Beeinträchtigungen. Trotz großer Fortschritte in den Operationsverfahren und der allgemeinen Rehabilitation der Spaltpatienten persistieren unterschiedlich starke von der Norm abweichende Auffälligkeiten im Bereich des Gesichts.

Durch die Morphologie der Spaltbildung kann es neben den mehr oder weniger auffälligen Narben zu Asymmetrien an den umliegenden Strukturen kommen. Außerdem besteht durch den Verschluss der Spalte in jungen Jahren eine Wachstumshemmung, welche zu Hypoplasien und/oder Asymmetrien an den betreffenden Strukturen führen kann. Eine langfristige Bewertung der chirurgischen Therapie kann durch die ständige Veränderung der Gesichtsmorphologie aufgrund des Wachstums erst nach einigen Jahren vorgenommen werden.

Ziel der vorliegenden prospektiven Studie ist die anthropometrische Analyse von Weichgewebsveränderungen im Gesicht von jungen Spaltpatienten im Alter von 6 bis 12 Jahren, die am Universitätsklinikum Tübingen operativ versorgt wurden. Durch dreidimensionale Oberflächendarstellung und der Berechnung von Wachstumskurven sollen Unterschiede zwischen den einzelnen Spaltformen und den Gesichtern von gesunden Kindern deutlich gemacht werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Kontrollgruppe**

3D-Scans von gesunden Kindern im Alter von 6-12 Jahren wurden von Dipl. Phys. E. Schaupp und Prof. Dr. M. Berneburg, Abteilung für Kieferorthopädie Tübingen, zur Verfügung gestellt.

Die Oberflächendaten wurden hierbei mit einem 3D-Scanner (Breuckmann, Meersburg, Deutschland) mittels Streifenprojektion gewonnen. Der zur Verfügung gestellte Datensatz setzte sich aus 300 Kindern zusammen. Für jedes Kind lagen drei Einzelscans (frontal, rechts, links) vor.

Diese 900 Einzelscans wurden überprüft und jene mit Bildfehlern, welche ein genaues Setzen der Landmarken unmöglich machten, oder diejenigen mit fehlenden Informationen, aussortiert.

In die Analyse wurden schließlich die Scans von 245 Kindern sowie die dazugehörigen notwendigen Informationen über Geburtsdatum, Aufnahmezeitpunkt und Geschlecht miteinbezogen.

Der endgültige Datensatz setzte sich wie folgt zusammen:

**Tab. 2-1 Geschlechterverteilung der gesunden Kinder**

	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>	<b>Gesamt</b>
	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n</b>
Kontrollgruppe	113 (46,12 %)	132 (53,88%)	245

Das durchschnittliche Alter betrug 105,5 Monate, das älteste Kind war 143 Monate, das Jüngste 80 Monate alt.

## **2.2 Patienten**

Im Rahmen der interdisziplinären Spezialsprechstunde an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in Tübingen wurden die Gesichter von 92 Patienten zwischen 6 und 12 Jahren gescannt. Patienten mit Spaltbildungen im Rahmen eines Syndroms wurden ausgeschlossen.

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Juli 2011 bis August 2013.

Innerhalb dieses Zeitraums wurden acht der 92 Patienten mit einem Abstand von ungefähr einem Jahr nochmals gescannt. Das jeweilige zweite Bild der doppelt gescannten Patienten wurde von der Analyse ausgeschlossen.

Für die Studie lag das positive Votum der Ethik-Kommission (Projektnummer 275/2001) vor.

Vor Bildakquisition wurde das mündliche Einverständnis der begleitenden Erziehungsberechtigten eingeholt.

### **2.2.1 Einteilung**

Die Patienten wurden in Anlehnung an die Klassifikation von Rom 1967 in fünf Gruppen unterteilt:

- Patienten mit Spalten des primären embryonalen Gaumens (Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten)
- Patienten mit Spalten des primären und sekundären embryonalen Gaumens (beidseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten und einseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten)
- Patienten mit Spalten des sekundären embryonalen Gaumens (Gaumenspalten)
- Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz

Es wurden keine Unterscheidungen bezüglich des Ausmaßes der Spalte(n) getroffen.

### **2.2.2 Geschlecht und Alter**

Die Patientengruppe setzte sich wie folgt zusammen:

Tab. 1-2 Geschlechterverteilung der untersuchten Diagnosegruppen

<b>Diagnose</b>	<b>männlich n (%)</b>	<b>weiblich n (%)</b>	<b>Gesamt n</b>
Gaumenspalte	5 (31,25%)	11 (68,75%)	16
Lippen- und Lippen-Kiefer- Spalte	9 (47,37%)	10 (52,63%)	19
unilaterale LKG-Spalte	18 (66,67%)	9 (33,33%)	27
bilaterale LKG- Spalte	10 (58,82%)	7 (41,18%)	17
Gaumenspalte bei Pierre- Robin- Sequenz	4 (30,77%)	9 (69,23%)	13
Alle Diagnosen	46 (50%)	46 (50%)	92

Das Alter betrug durchschnittlich 105,5 Monate. Der/die älteste Patient/-in war 155 Monate alt, der/die jüngste Patient/-in 72 Monate.



### **2.2.3 Operationszeitpunkte**

Bei Patienten mit isolierter Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte erfolgte die Lippen-spaltplastik durchschnittlich mit  $5,7 \pm 1,6$  Monaten.

Einseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten wurden im Mittel wie folgt verschlossen: Die intravelare Veloplastik erfolgte mit  $5,6 \pm 1,4$  Monaten, der Lippenverschluss nach Tennison-Randall mit  $8 \pm 2,3$  Monaten und der Hartgaumenverschluss mit  $25,8 \pm 4,3$  Monaten.

Bei bilateralen LKG-Spalten erfolgte die intravelare Veloplastik mit  $5,3 \pm 1,6$  Monaten, daraufhin der Lippenverschluss nach Pfeifer mit  $7,5 \pm 1,7$  Monaten und schließlich der Hartgaumenverschluss mit  $27,6 \pm 5,2$  Monaten.

Bei isolierten Gaumenspalten wurde der Gaumen durchschnittlich mit  $6,7 \pm 1,2$  Monaten verschlossen.

Bei Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz erfolgte der Verschluss durchschnittlich mit  $8,9 \pm 2,9$  Monaten.

Die Operationen erfolgten durch zwei Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen am Universitätsklinikum Tübingen.

## **2.3 3D-Scanner**

Das System Vectra-CR 3D (Canfield Scientific, Fairfield, NJ, USA) bildet die anatomische Form eines menschlichen Gesichts mithilfe der Technik der Stereophotogrammetrie ab. Hier werden durch genau synchronisierte Kameras zweidimensionale Stereobilder erfasst und mithilfe eines photogrammetrischen Algorithmus in ein dreidimensionales Computermodell umgewandelt.



**Abb. 2-3 VECTRA-CR 3D**

Das System besteht aus zwei Gehäusen, die über ein zentrales Element, welches auf einem Stativ befestigt ist, miteinander verbunden sind. In beiden Gehäusen befinden sich jeweils drei Digitalkameras und ein Projektor. Auf den Gehäusen sind zwei Blitzeinheiten angebracht. Zwei monochrome Kameras sind für die Aufnahme der Geometrie der Oberfläche und eine Kamera ist für die Oberflächentextur zuständig. Durch den Projektor wird ein feines Lichtmuster auf die Gesichtsoberfläche geworfen, welches für die monochromen Kameras als Belichtungswerkzeug dient. Die Farbinformation wird dann naturgetreu mithilfe von normalem Blitzlicht kurze Zeit später aufgenommen. Die Auflösung beträgt 10 Megapixel.

Vor jedem Patient wird das Gerät nach Herstellerangaben kalibriert. Das Kalibrieren des VECTRA 3D-Systems stellt sicher, dass die Beziehung von den Kameras und den anderen Komponenten des Systems zueinander erfasst sind und somit ein gleiches Abbildungsverhältnis sichergestellt ist. Das ist entschei-

dend, um ein geometrisch akkurates 3D-Modell zu erstellen. Hierzu dient ein zum System gehörendes Referenzmuster.

Vor Bildakquisition dient die Live-view-Ansicht als Positionierungshilfe der Patienten. Der gesamte Aufnahmeprozess spielt sich schließlich innerhalb von 2 Millisekunden ab, was das System immun gegen Bewegungen der Patienten macht. Dies ist vor allem bei der Untersuchung von Kindern wichtig.

Die automatische 3D-Bildentwicklung durch die Software ‚Mirror‘ benötigt einige Minuten für die Erstellung des 3D-Modells aus den verschiedenen Kameraansichten. Zuerst wird aus den von den monochromen Kameras aufgenommenen Oberflächendaten ein Polygonnetz errechnet („Modeling“) und durch Überlagerung der zweidimensionalen Farbdaten von den Texturkameras gefärbt („Texture mapping“). Dann wird für eine realistischere Darstellung Belichtung und Schattierung hinzugefügt. Das resultierende, „gerenderte“, 3D-Modell wird dann auf dem Bildschirm dargestellt und als Datei auf dem Computer gespeichert.

### **2.3.1 Bildakquisition**

Um eventuell störende Haare auszuschließen, wurde den Kindern eine strumpfbartige Mütze aufgesetzt. Stirn und Ohren blieben frei. Die Patienten saßen mit angelehntem Rücken und entspannter Haltung des Kopfes auf einem höhenverstellbaren Stuhl mit ungefähr 90 cm Abstand von dem Scanner. Sie wurden aufgefordert, mit leicht angehobenem Kinn geradeauszuschauen, und ihren Mund, falls es bei entspannter perioraler Muskulatur möglich war, geschlossen zu halten.

Durch die Life-view-Option in der zum Scanner gehörenden Software „Mirror“ können die Patienten ideal ausgerichtet werden.

Nach Bildaufnahme benötigt die Software einige Sekunden für die Errechnung und anschließende Färbung der 3D-Daten, bis das Bild schließlich auf dem Bildschirm dargestellt wird. Hier kann dieses durch Drehen, Verschieben und Zoomen hinreichend beurteilt werden.

Schließlich werden die 3D-Bilder exportiert und im Format Wavefront OBJ für die räumliche Struktur und im Format MTL für die optischen Daten abgespeichert. Gleichzeitig werden im Format PNG die Farbinformationen gesichert.

## 2.4 Auswahl und Setzen der Landmarken

Zur dreidimensionalen Vermessung benötigt man bestimmte Punkte auf der Oberfläche des Gesichtes. Diese Landmarken wurden in Anlehnung an die von Farkas verwendeten Punkte [29] ausgewählt und unterteilen sich in drei median gelegene und neun bilaterale Punkte. Zur Beschriftung dienten die jeweilig ge-läufigen Abkürzungen, die bilateralen Punkte wurden mit der Zusatzbezeichnung „r“ für rechts und „l“ für links versehen.

Tab. 2-3 Landmarken

Landmarke	Abkürzung	Beschreibung
Otobasion inferius	obi	Ansatzpunkt des Ohrläppchens an der Wange (rechts und links)
Exocanthion	ex	Punkt am lateralen Augenwinkel (rechts und links)
Endocanthion	en	Punkt am medialen Augenwinkel (rechts und links)
Pogonion	pgn	Am weitesten anterior und median liegender Punkt am Kinn
Nasion	n	Mittelpunkt der Sutura nasofrontalis
Pronasale	prn	Anteriorster Punkt der Nasenspitze

Subnasale	sn	Punkt am Übergang vom Nasensteg ins Lippenweiß der Oberlippe (rechts und links)
Subalare	sbal	Ansatzpunkt der Nasenflügelbasis am Lippenweiß der Oberlippe (rechts und links)
Columella	c	Scheitelpunkt am Übergang der Columella in den Nasenflügel (rechts und links)
Alare curvature	ac	Punkt an der fazialen Insertion des Nasenflügels (rechts und links)
Cheilion	ch	Punkt am Mundwinkel (rechts und links)
Labiale superius	ls	Punkt an der Spitze des Cupidobogens (rechts und links)

Je nach Wichtigkeit der zu untersuchenden Bereiche können diese mit mehr beziehungsweise weniger Landmarken versehen werden. Da bei LKG-Patienten besonders die Region um Nase und Mund von größerem Interesse ist, liegen 16 von 21 Landmarken in diesem Bereich.

Das Setzen der Landmarken wurde mithilfe der Software MeshLab durchgeführt. Hier kann das 3D-Bild in jede mögliche Richtung gedreht, verschoben und in seiner Größe verändert werden. So konnten die Landmarken genau identifiziert und manuell nach einer bestimmten Reihenfolge platziert werden. Nach einer Woche wurden die gesetzten Landmarken auf jedem 3D-Bild nochmals kontrolliert.

### 2.4.1 Weiterverarbeitung der Scans der Kontrollgruppe

Bei den 3D-Scans der Kontrollgruppe mussten zunächst die Einzelscans der drei Ansichten (von rechts, von links und von vorne) zu einem dreidimensionalen Gesamtbild zusammengefügt werden.

Zuerst wurden die Landmarken auf den drei Teils cans gesetzt: Auf den frontalen Scans waren die Ohrläppchen und damit der Punkt Otobasion inferius nicht eindeutig identifizierbar, auf den seitlichen Scans war die gegenüberliegende Seite verzerrt, so dass diese Punkte ebenfalls nicht gesetzt werden konnten. Die frontalen Scans wurden somit mit allen Landmarken außer obi versehen, die seitlichen Scans mit den neun Landmarken auf der jeweiligen Seite und den drei medianen Landmarken.

Die frontalen Scans wurden dann nach den Landmarken Exocanthion rechts und links und Pogonion ausgerichtet, so dass die Strecke exr-exl auf der x-Achse liegt, ihr Mittelpunkt den Nullpunkt und die Strecke Nullpunkt-Pogonion die y-Achse darstellt. Die seitlichen Scans wurden dann durch Bestimmung der Landmarken-Paare zwischen Front- und Seitenscan zueinander ausgerichtet.

Anschließend erfolgte eine Feinregistrierung mittels ICP (Iterative Closest Point).

Für die Analyse wurden schließlich von den durch das Zusammensetzen nun vorhandenen 9 medianen Landmarken (3 Landmarken auf jeder der drei Ansichten) nur diese ausgewählt, die auf dem frontalen Scan gesetzt wurden. Da der Punkt Otobasion inferius (obi) nur auf den seitlichen Ansichten gesetzt werden konnte, gab es hier nur zwei mögliche Punkte. Die restlichen Landmarken wurden durch den jeweiligen Mittelwert zwischen den gesetzten Punkten auf der frontalen und der seitlichen Ansicht ausgewählt.

Die so erstellten 3D-Bilder mit 21 Landmarken wurden auf Korrektheit der Landmarken geprüft und bei Bedarf korrigiert.

## 2.5 Spiegelung

Um die Gruppen der einseitigen Spaltbildungen zu vereinheitlichen, wurde eine Seite als betroffen definiert und mithilfe von Spiegelung alle Spaltbildungen an diese Seite angepasst.

Die Gruppe der Patienten mit rechtsseitig lokalisierten Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten setzten sich aus einer Lippen- und vier Lippen-Kiefer-Spalten, die der linksseitig lokalisierten Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten aus sieben Lippen- und neun Lippen-Kiefer-Spalten zusammen. Bei der Patientengruppe mit einseitiger LKG-Spalte gab es sieben rechtsseitige und 23 linksseitige Spaltbildungen. Daher wurde die linke Seite willkürlich als „Spaltseite“ definiert und daraus folgend die rechten Spaltbildungen auf die linke Seite gespiegelt.

Hierfür wurde nach Errechnen des Mittelpunkts der Strecke zwischen  $exr$  und  $exl$  eine Spiegelebene durch eine endlose Anzahl von Geraden senkrecht zur Strecke  $exr-exl$  durch diesen Mittelpunkt gebildet.

Schließlich erfolgte die Spiegelung aller Punkte ausgenommen Nasion, Pogonion und Pronasale, welche in der Gesichtsmitte liegen.

Resultat war eine einheitliche Gruppe von einseitigen (linksseitigen) Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten mit 19 Patienten und von einseitigen (linksseitigen) LKG-Spalten von 27 Patienten.

## 2.6 Alignment

Für jedes 3D-Bild wurde durch die Software ein in Abhängigkeit von Kopf- und Kameraposition individuelles Koordinatensystem gespeichert. Um die gescannten Gesichter miteinander vergleichen zu können, mussten diese miteinander in Korrespondenz gebracht werden.

Der erste Datensatz wurde hierfür als Referenz genommen und sein Schwerpunkt mithilfe der bilateralen, schädelbasisnahen Landmarken Exocanthion

(ex), Endocanthion (en) und Otobasion inferius (obi) berechnet. Nach Zentrierung wurden die anderen Datensätze daran orientiert, indem die jeweiligen Gitternetze durch Translation übereinandergelagert wurden.

Für die perfekte Ausrichtung wurden die Scans zur bestmöglichen Übereinstimmung der Punkte ex, en und obi dann mithilfe der Singulärwertzerlegung (singular value decomposition, SVD) rotiert.

Das gemeinsame Koordinatensystem ist wie folgt festgelegt: Der Nullpunkt wird durch den Mittelpunkt der Strecke exl-exr gebildet. Diese Strecke stellt die x-Achse dar, die Transversalebene wird durch die Punkte exl, exr und n bestimmt. Eine endlose Anzahl an Geraden senkrecht zur Transversalebene durch den Nullpunkt definiert die Sagittalebene. Senkrecht zur Sagittal- und zur Transversalebene steht die Frontalebene. Die sagittale Richtung wird durch die y-Achse, die vertikale Richtung durch die z-Achse bezeichnet.

Liegt ein Punkt auf der x-Achse links des Nullpunkts, so ist seine x-Koordinate negativ, rechts des Nullpunkts positiv. In sagittaler Richtung (y) haben Punkte anterior des Nullpunkts negative, posterior des Nullpunkts positive Werte. In z-Richtung zeigen Punkte oberhalb des Nullpunkts positive Werte an, unterhalb des Nullpunktes negative Werte.

### **2.7 Statistische Auswertung**

Für die Auswertung wurden nach dem Alignment die x-, y- und z- Koordinaten jeder Landmarke exportiert und in das Statistikprogramm JMP importiert.

Zum Ausschluss von Prozessfehlern wurden die Messwerte zunächst auf extrem abweichende Ergebnisse untersucht. Dazu wurden alle Werte, die um mehr als 4 Standardabweichungen vom Mittelwert abwichen, nochmals auf Korrektheit der Aufnahme, Position der gesetzten Landmarken und Korrespondenzberechnung geprüft und bei Bedarf korrigiert.

Für die Gruppe der gesunden Kinder wurden die Messwerte durch eine lineare Regression als Funktion des Alters zusammen mit den 95% Konfidenzintervallen als Referenzwerte beschrieben.

Die gemessenen Werte der Patienten aus den fünf untersuchten Gruppen wurden zusammen mit den Referenzwerten geplottet.

Für jede der 21 Landmarken wurde die Anzahl der Patienten mit Beobachtungen außerhalb der Referenzwerte bestimmt. Für den Anteil dieser Patienten von allen Patienten wurden exakte Konfidenzintervalle mit der nach Bonferroni adjustierten Irrtumswahrscheinlichkeit von  $5\%/21 = 2.4\%$  berechnet und graphisch dargestellt. War die untere Grenze dieser Konfidenzintervalle größer als 5%, dann wurde die Bezeichnung der entsprechenden Landmarke durch einen Signifikanzstern markiert.

Aufgrund der zuvor beschriebenen Festlegung des Koordinatensystems verhielt es sich mit abweichenden Messwerten wie folgt:

Wenn ein Punkt in transversaler Richtung weiter links, in sagittaler Richtung weiter vorne und in vertikaler Richtung weiter unten liegt (also im negative(re)n Bereich), liegt sein Messwert im Vergleich mit der Kontrollgruppe unter dem Konfidenzintervall, in den jeweiligen anderen Richtungen (also positiv(er)) oberhalb des Konfidenzintervalls.

Da es signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern gab, wurden alle Berechnungen getrennt nach Geschlecht durchgeführt.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei den gesunden Kontrollpersonen**

Für die Analyse des Gesichtswachstums wurden nach Annahme einer symmetrischen Entwicklung des Gesichts die Wachstumsraten der bilateralen Landmarken gemittelt.

Alle Landmarken der gesunden Mädchen und Jungen zeigen in den drei Raumebenen (x, y, z) ein lineares Wachstumsmuster.

Die zugehörigen Messwerte finden sich in graphischer Darstellung im Anhang.

#### **3.1.1 Orbita**

Die Orbita ist durch die Punkte Exocanthion (ex) und Endocanthion (en) markiert.

Die Wachstumsraten des lateralen Lidwinkels (ex) betragen bei den Mädchen 0,58 mm/a in transversaler Richtung (x), 0,07 mm/a in sagittaler Richtung (y) und 0,97 mm/a in vertikaler Richtung (z). Die Raten bei den Jungen betragen 0,43 mm/a (x), 0,13 mm/a (y) und 0,35 mm/a (z).

Der mediale Lidwinkel (en) wächst bei den Mädchen mit einer Geschwindigkeit von 0,08 mm/a in transversaler (x), 0,05 mm/a in sagittaler (y) und 0,78 mm/a in vertikaler Richtung (z), bei den Jungen mit einer Geschwindigkeit von 0,23 mm/a (x), 0,18 mm/a (y) und 0,62 mm/a (z).

#### **3.1.2 Ohr**

Das Ohr ist durch den Punkt Otobasion inferius (obi) markiert.

Der Ansatzpunkt des Ohrläppchens an der Wange (obi) wächst in transversaler Richtung (x) mit einer Geschwindigkeit von 1,09 mm/a.

Bei Mädchen nimmt der Punkt in sagittaler Richtung (y) um 1,46 mm/a und in vertikaler Richtung (z) um 0,26 mm/a zu, bei Jungen um 1,14 mm/a (y) und 0,34 mm/a (z).

### **3.1.3 Nase**

Die Nase ist durch die Punkte Nasion (n), Pronasale (prn), Alare curvature (ac), Columella (c), Subalare (sbal) und Subnasale (sn) markiert.

Die median gelegenen Punkte Nasion (n) und der Nasenspitzenpunkt Pronasale (prn) zeigen geringe transversale (x) Veränderungen von 0,03 mm/a und 0,05 mm/a bei Mädchen und 0,03 mm/a und 0 mm/a bei Jungen.

In sagittaler Richtung (y) betragen die Wachstumsraten des Punktes Nasion bei Mädchen 0,39 mm/a und bei Jungen 0,04 mm/a. Der Punkt Pronasale wächst bei Mädchen und Jungen annähernd gleich mit einer Rate von 0,78 mm/a bzw. 0,77 mm/a.

In vertikaler Richtung (z) beträgt die Wachstumsrate von Nasion bei Mädchen 0,86 mm/a und bei Jungen 0,87 mm/a, die des Punktes Pronasale 0,38 mm/a bei Mädchen und 0,05 mm/a bei Jungen.

In transversaler Richtung betragen die Wachstumsraten für Alare curvature 0,35 mm/a bei Mädchen und 0,2 mm/a bei Jungen, für Columella 0,18 mm/a und 0,05 mm/a, für Subalare 0,16 mm/a und 0,08 mm/a und für Subnasale 0,13 mm/a und 0,05 mm/a.

In sagittaler (y) und vertikaler (z) Richtung zeigt der Punkt Alare curvature nur geringe Veränderungen (0,06 mm/a und 0,01 mm/a bei Mädchen und 0,08 mm/a und 0,05 mm/a bei Jungen).

Die übrigen Punkte Subalare, Subnasale und Columella weisen bei Mädchen in aufsteigender Reihenfolge eine sagittale Änderung (y) von 0,14 mm, 0,3 mm und 0,52 mm und eine vertikale Änderung (z) von 0,23 mm, 0,28 mm und 0,37 mm pro Jahr auf.

Bei Jungen beträgt die Wachstumsrate für den Punkt Subalare 0,17 in sagittaler Richtung (y) und 0,12 mm/a in vertikaler Richtung (z), für den Punkt Subnasale 0,25 mm/a (y) und 0,21 mm/a (z) und für den Punkt Columella 0,56 mm/a (y) und 0,11 mm/a (z).

### 3.1.4 Lippen

Die Lippen sind durch die Punkte Cheilion (ch) und Labiale superius (ls) markiert.

Der Mundwinkel (ch) zeigt eine Zunahme von 0,62 mm/a bei Mädchen und 0,67 mm/a bei Jungen transversal (x), 0,23 mm/a bei Mädchen und 0,27 mm/a bei Jungen sagittal (y) und 0,31 mm/a bei Mädchen und 0,47 bei Jungen vertikal (z).

Auch die Lippenspitze (ls) wächst linear mit einer Rate bei Mädchen von 0,15 mm/a transversal (x) und sagittal (y) und 0,45 mm/a vertikal. Bei Jungen beträgt die Rate 0,11 mm/a in transversaler, 0,17 mm/a in sagittaler und 0,38 mm/a in vertikaler Richtung.

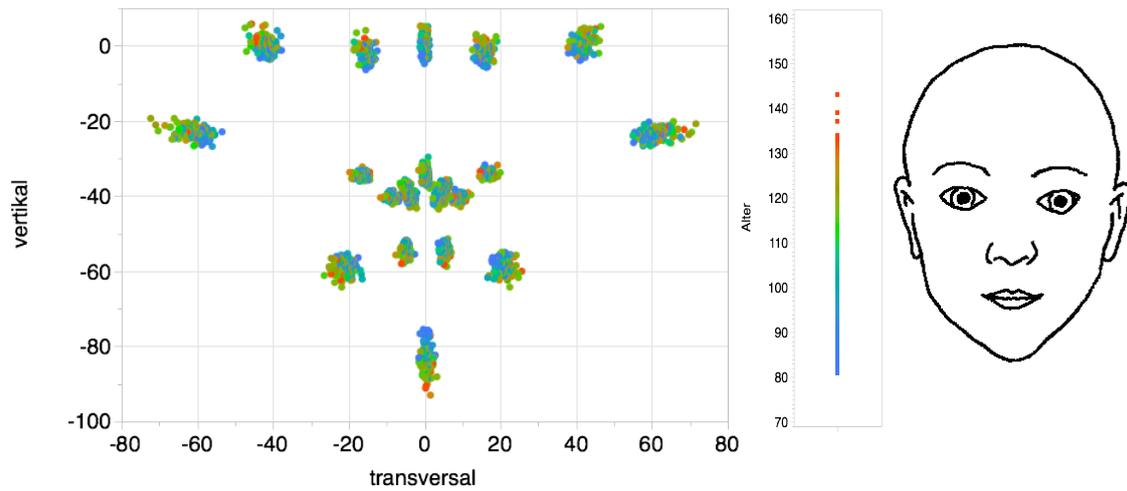
### 3.1.5 Kinn

Das Kinn ist durch den Punkt Pogonion (pgn) markiert.

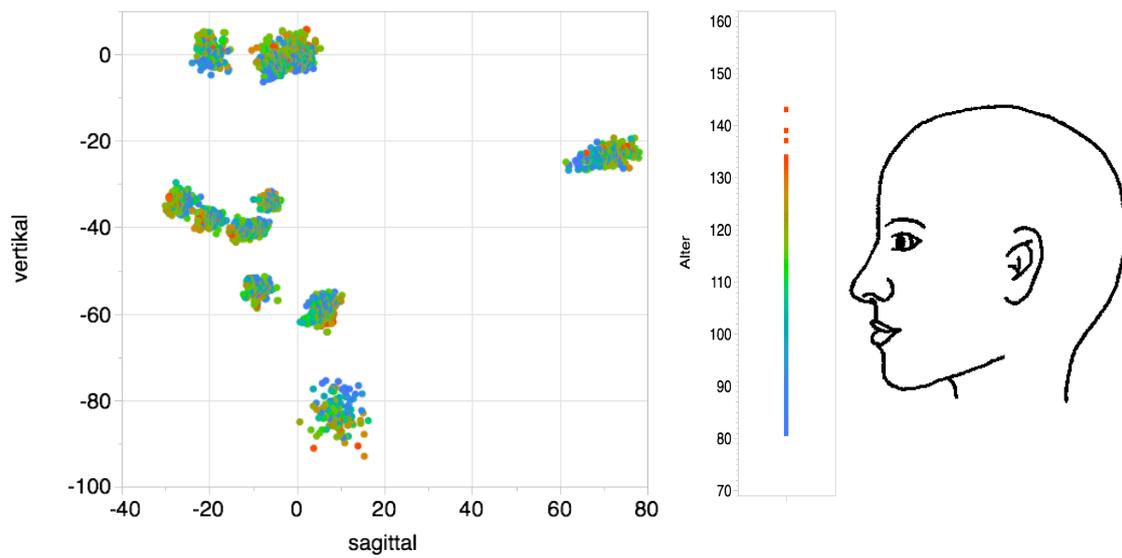
Durch die Lokalisation des Kinnpunktes Pogonion in der Medianebene gibt es in transversaler Richtung (x) nur geringfügige Veränderungen von 0,03 mm/a bei Mädchen und 0 mm/a bei Jungen.

In sagittaler (y) und vertikaler Richtung (z) beträgt die Wachstumsrate 0,1 mm/a und 1,21 mm/a für Mädchen und 0,17 mm/a 1,73 mm/a für Jungen.

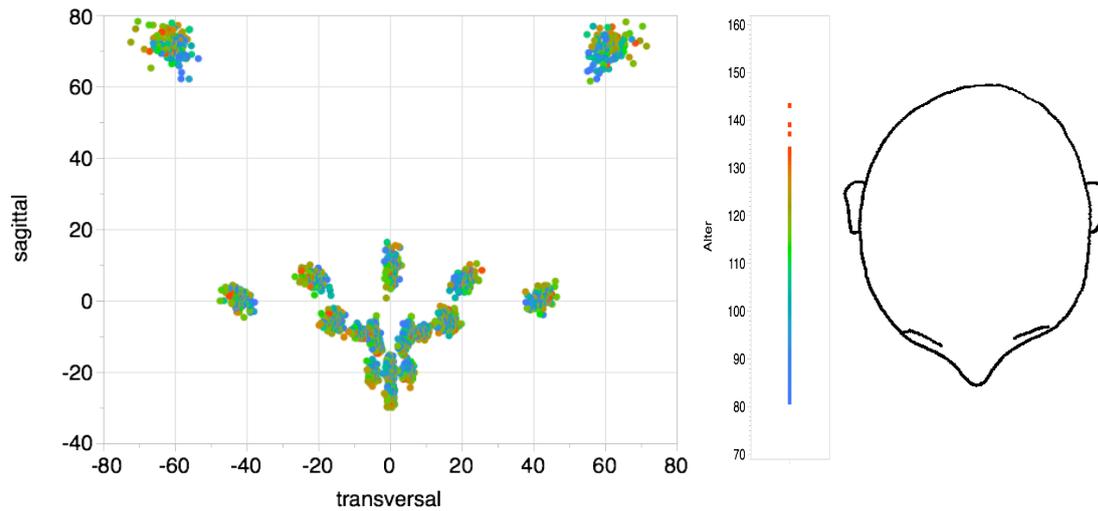
In den Abbildungen 3-1 bis 3-3 ist die Gesichtsentwicklung der 113 männlichen Kontrollpersonen in frontaler, sagittaler und axialer Richtung, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-1 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**

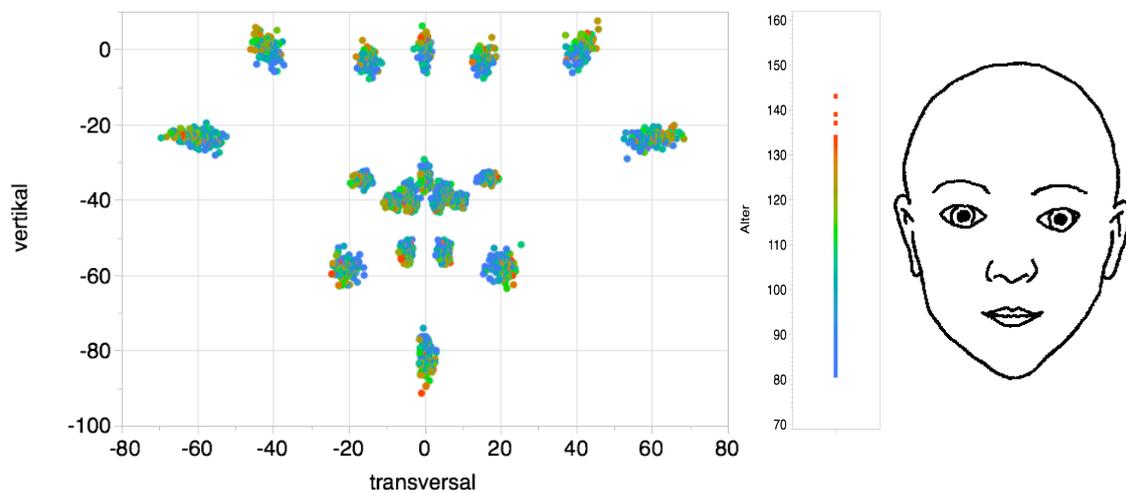


**Abb. 3-2 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**

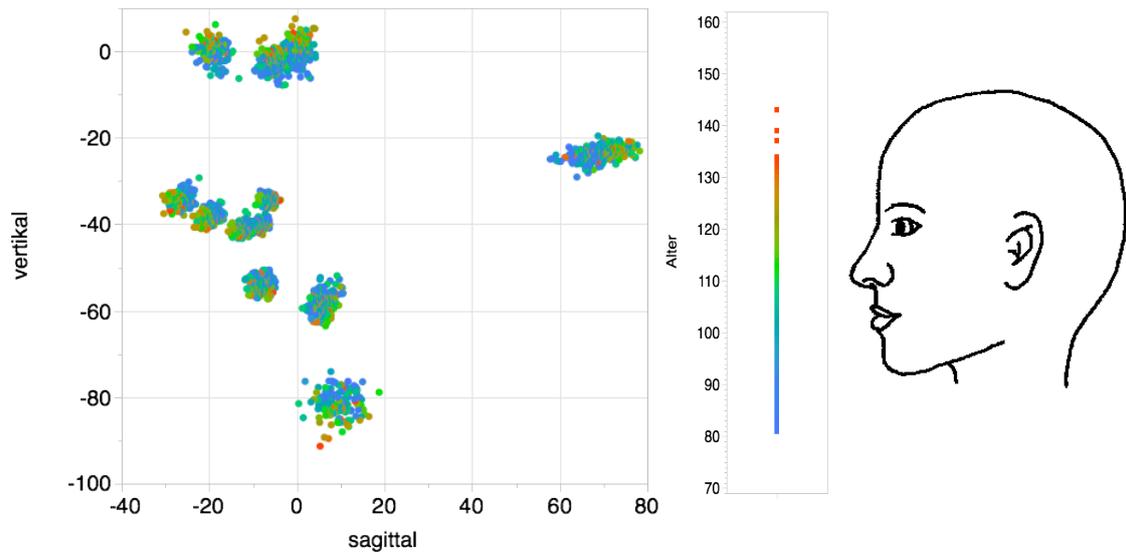


**Abb. 3-3 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**

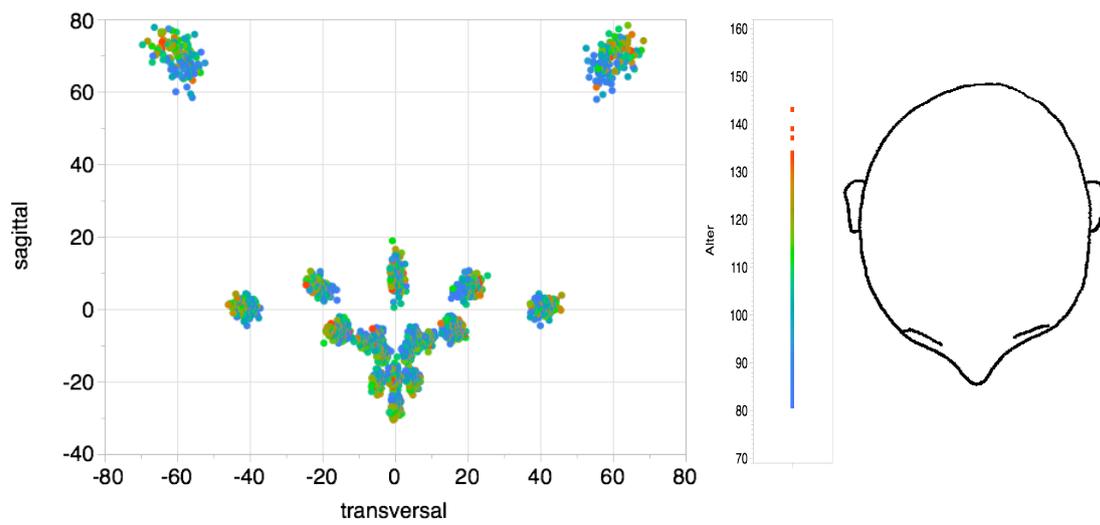
In den Abbildungen 3-4 bis 3-6 ist die Gesichtsentwicklung der 132 weiblichen Kontrollpersonen in frontaler, sagittaler und axialer Richtung, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-4 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-5 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**

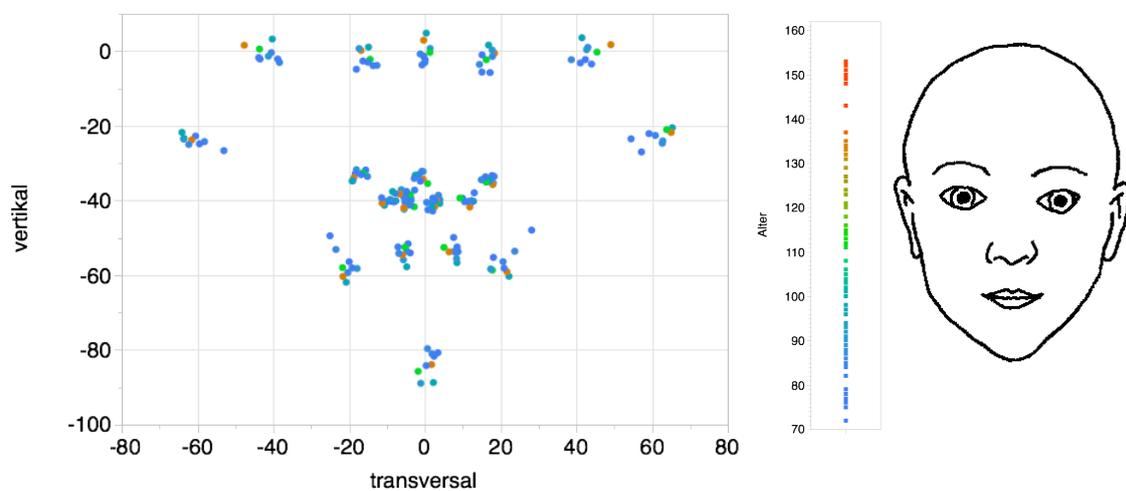


**Abb. 3-6 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten**

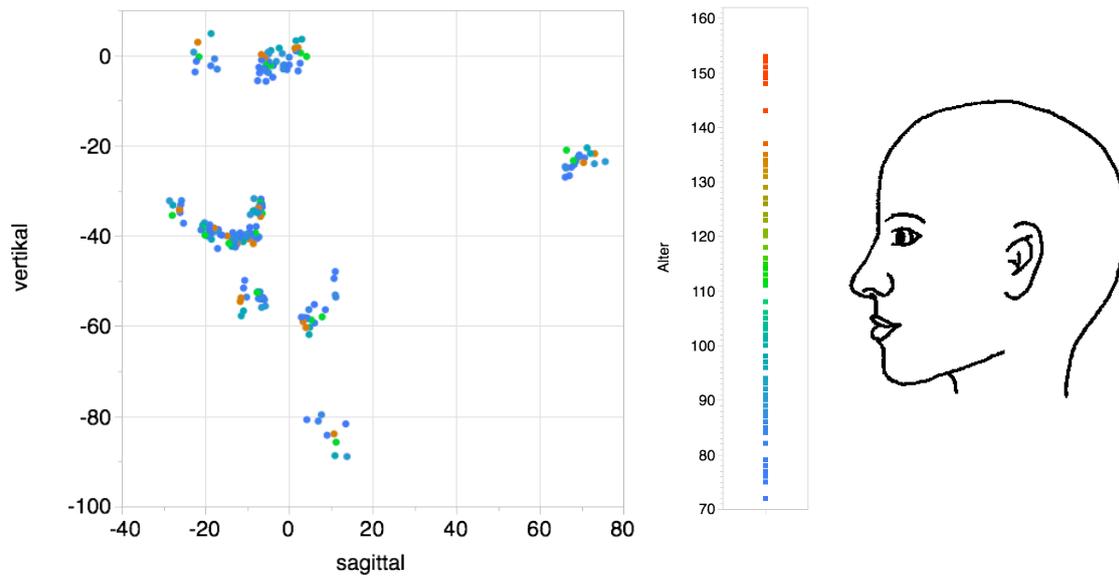
## 3.2 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte

### 3.2.1 Männlich

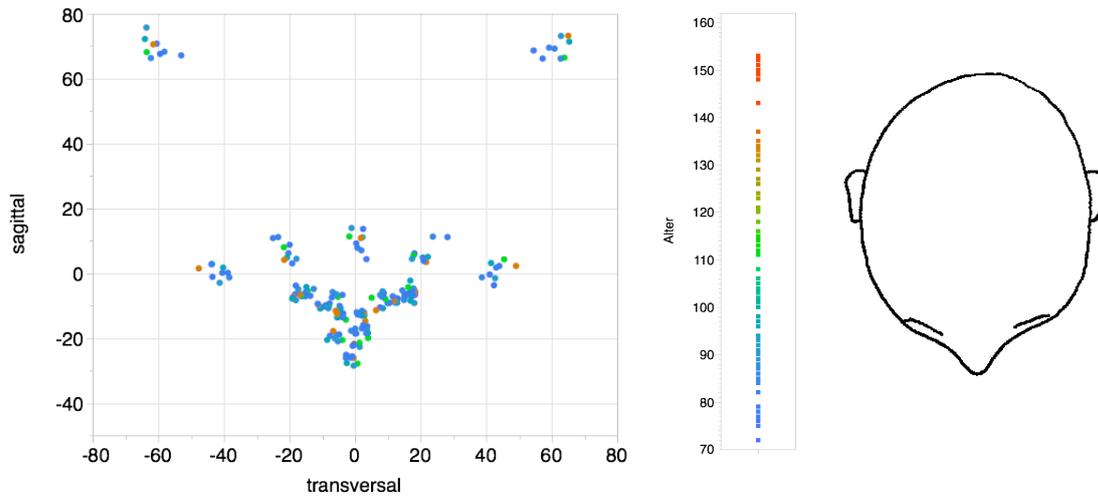
In den Abbildungen 3-7 bis 3-9 ist die Gesichtsentwicklung von 9 männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-7 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-8** Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten



**Abb. 3-9** Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten

### **3.2.1.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung**

Bei den Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (n=9) zeigen in transversaler Richtung 5 Landmarken deutliche Abweichungen von der Kontrollgruppe (siehe Abb. 3-10).

Die Landmarke an der Nasenspitze (prn) liegt in ca. 56% der Fälle unterhalb und in keinem Fall oberhalb des Konfidenzintervalls. Sie weicht damit signifikant auf die Nicht-Spalt-Seite ab.

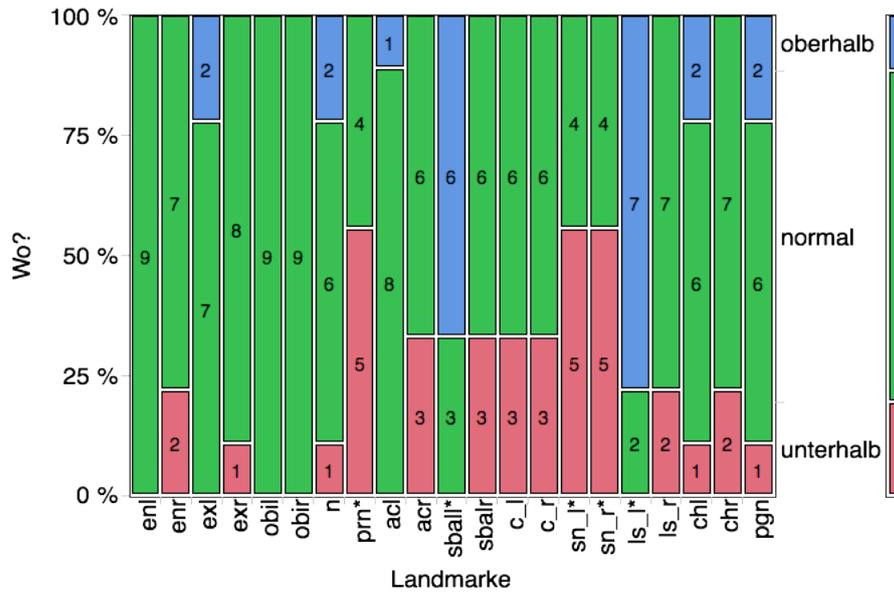
Die Messungen für den Punkt Subnasale beidseits zeigen in der Mehrheit der Fälle (bei je ca. 56% der Patienten) einen Wert unterhalb der Norm und damit eine signifikante Verschiebung nach rechts.

Die Lage der Punkte Subalare (sbal) und Labiale superius (ls) auf der Spaltseite (links) unterscheiden sich deutlich vom Normkollektiv. Der Punkt sbal liegt in 6 von 9 Fällen und der Punkt ls\_I sogar in 7 von 9 Fällen oberhalb und damit signifikant weiter lateral.

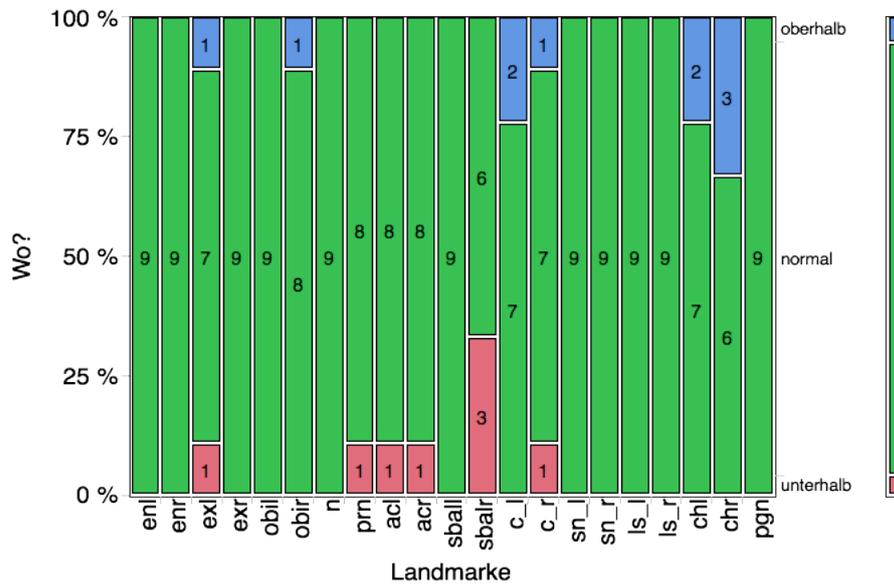
In sagittaler Richtung lassen sich keine Unterschiede zu den Kontrollpersonen feststellen (siehe Abb. 3-11).

In vertikaler Richtung unterscheidet sich der faciale Insertionspunkt des Nasenflügels rechts (acr) signifikant von den Kontrollpersonen. Bei 5 von 9 Patienten liegt er oberhalb des Normbereichs und damit weiter kranial. Nicht signifikant aber sogar in 44% der Fälle hat die Landmarke Columella auf der linken Seite (c\_I) einen Wert unterhalb der Norm und liegt damit oft weiter kaudal als bei der Kontrollgruppe (siehe Abb. 3-12).

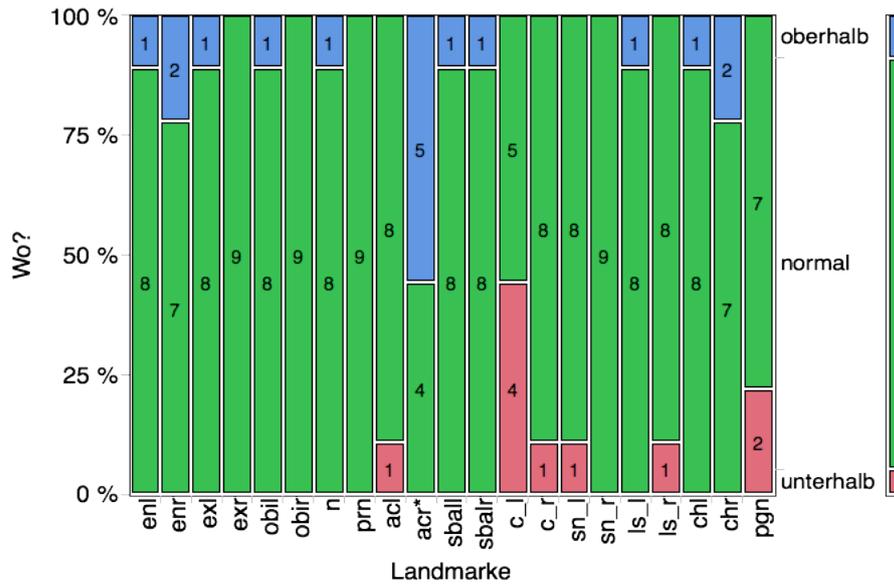
## Ergebnisse



**Abb. 3-10 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**



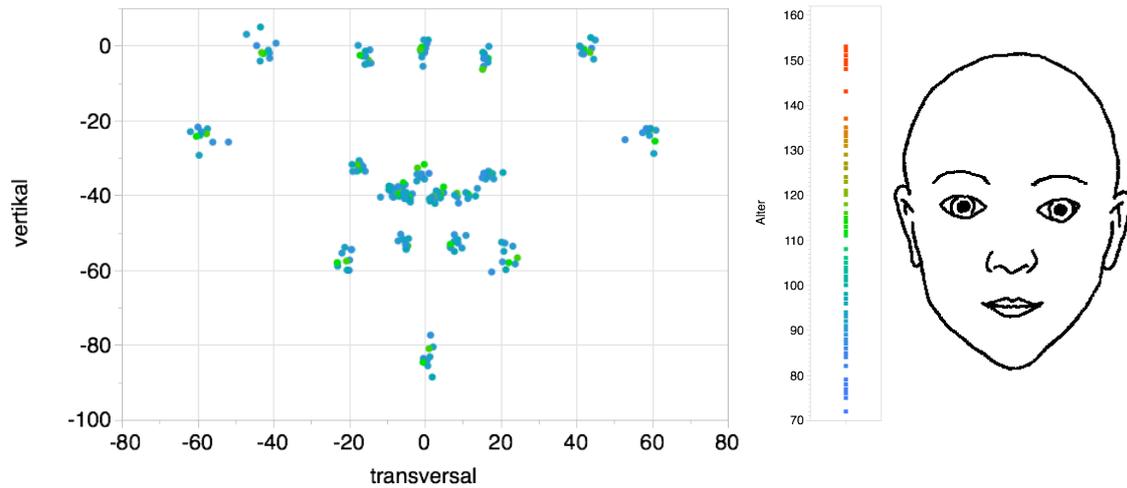
**Abb. 3-11 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**



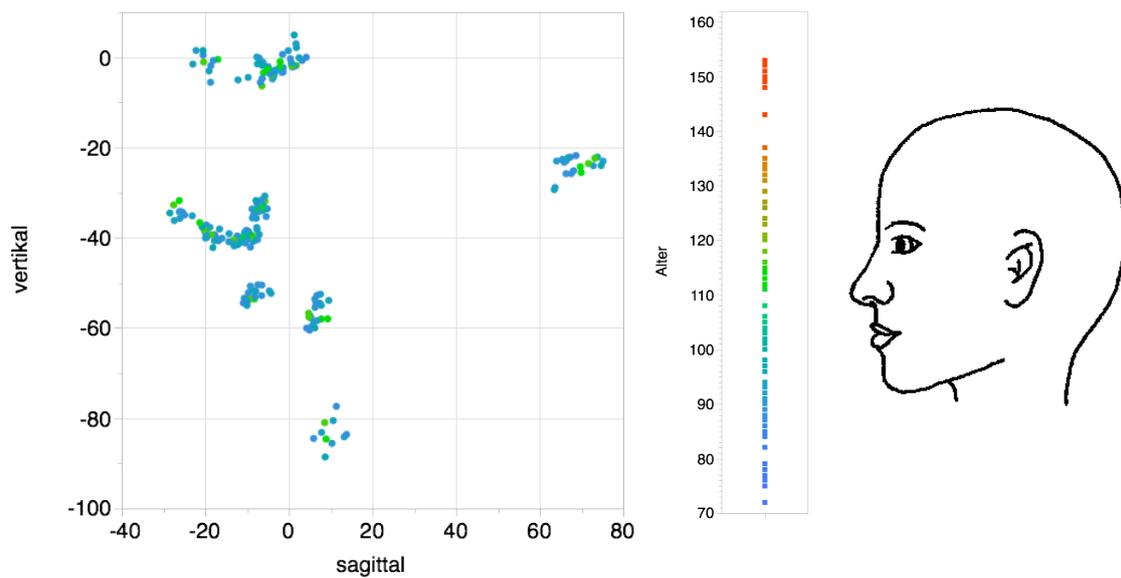
**Abb. 3-12 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**

### 3.2.2 Weiblich

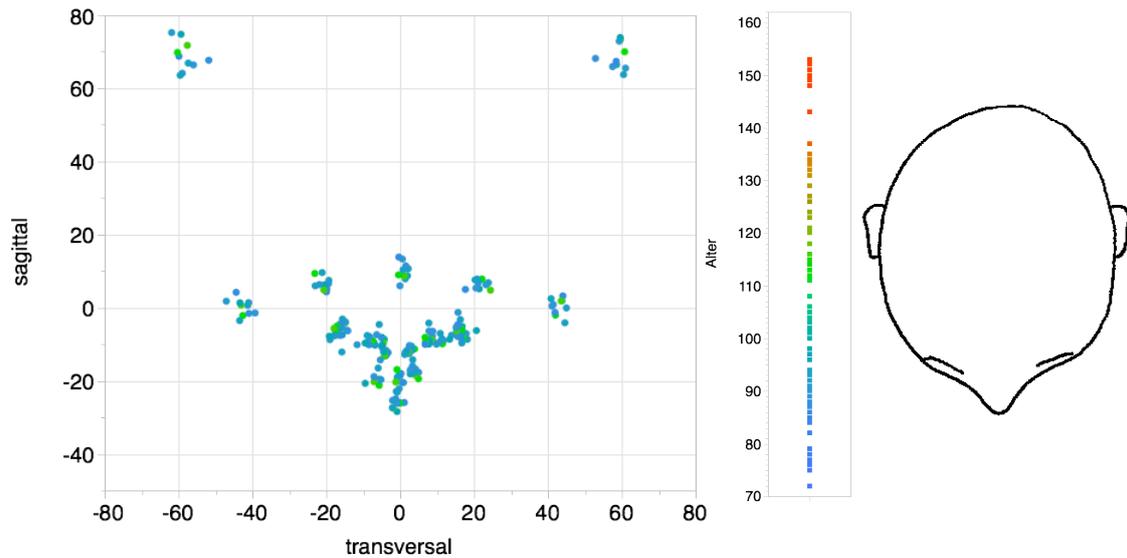
In den Abbildungen 3-13 bis 3-15 ist die Gesichtsentwicklung von 10 weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-13 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-14 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-15 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.2.2.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

Bei den 10 Patientinnen mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte unterscheiden sich in transversaler Richtung zwei Landmarken signifikant von den gesunden Mädchen (siehe Abb. 3-16).

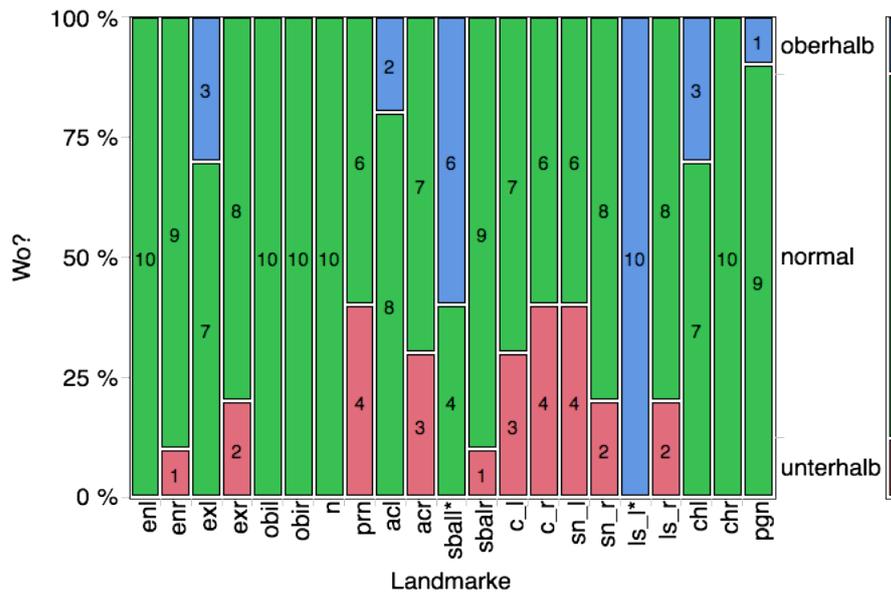
Der Punkt an der Lippenspitze auf der Spaltseite ( $ls\_l$ ) weicht in allen Fällen, der Ansatzpunkt der Nasenflügelbasis auf der Spaltseite ( $sball$ ) in 60% der Fälle signifikant nach lateral ab. Beide Landmarken zeigen wie bei den männlichen Patienten keine Messwerte unterhalb der Norm.

Obwohl nicht signifikant weicht der Punkt Pronasale in 4 von 10 Fällen auf die Nicht-Spaltseite ab und zeigt damit Ähnlichkeit zu den Jungen mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte.

Bei der sagittalen Analyse lassen sich keine Besonderheiten feststellen (siehe Abb. 3-17).

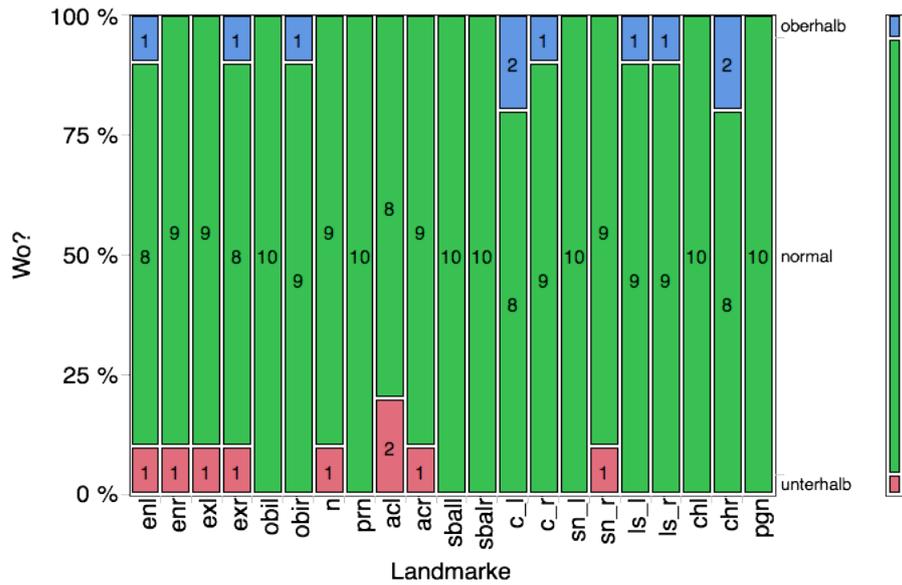
Wie bei den Jungen mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte zeigen die Landmarken *acr* und *c\_l* bei den Mädchen in vertikaler Richtung ebenfalls gleichartige Abweichungen zur Kontrollgruppe (siehe Abb. 3-18).

Der Punkt *acr* liegt bei 60% oberhalb der Norm und damit signifikant weiter kranial, der Punkt *c\_l* bei 60% unterhalb der Norm und damit signifikant weiter kaudal als bei den nicht betroffenen Mädchen.

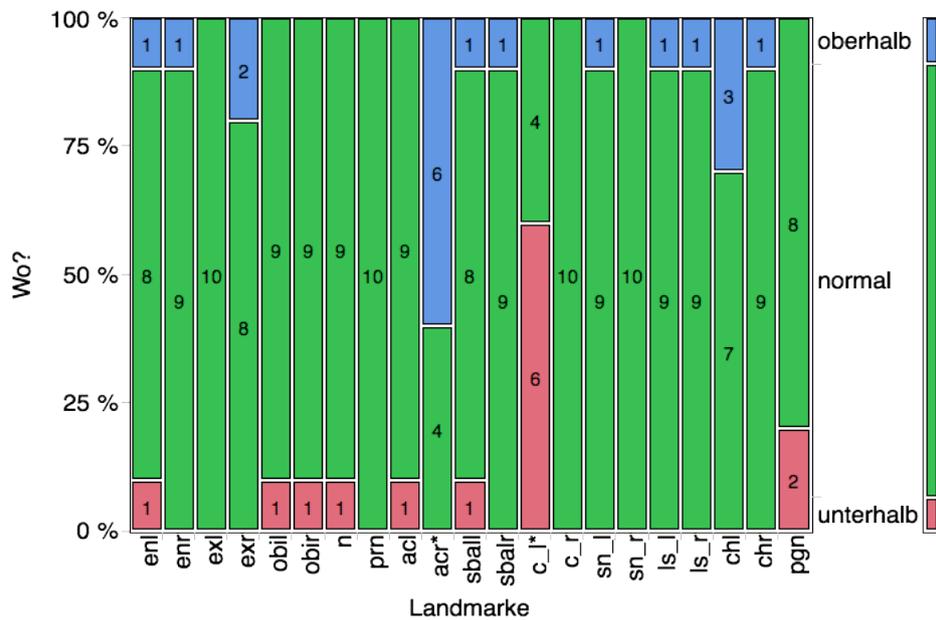


**Abb. 3-16 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**

## Ergebnisse



**Abb. 3-17 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**

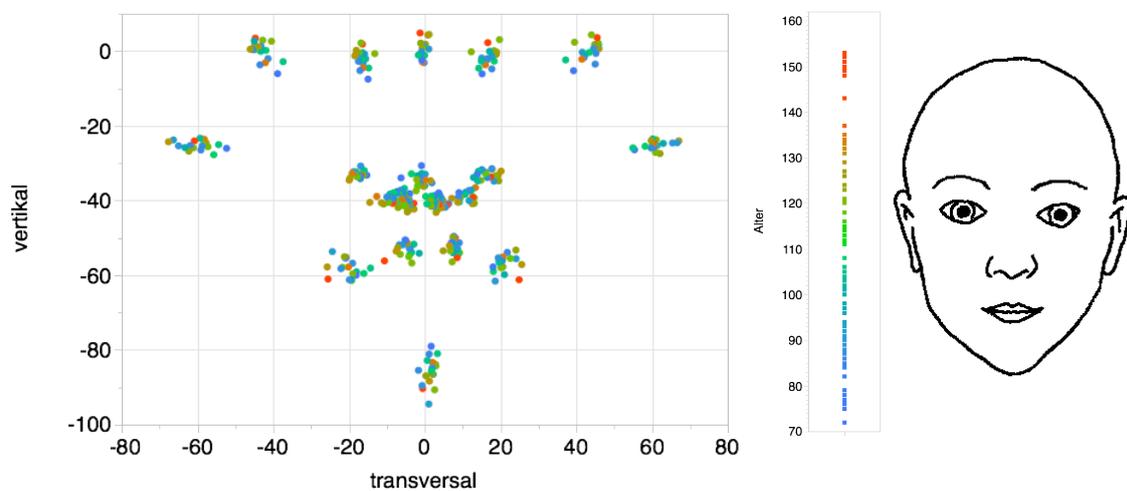


**Abb. 3-18 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (\*= signifikant)**

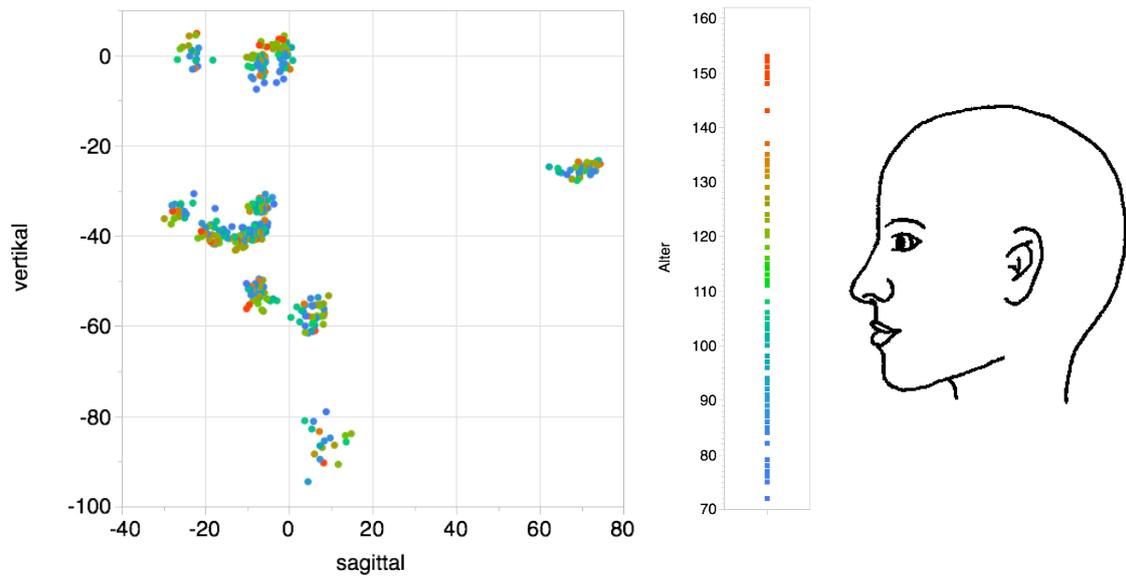
### 3.3 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

#### 3.3.1 Männlich

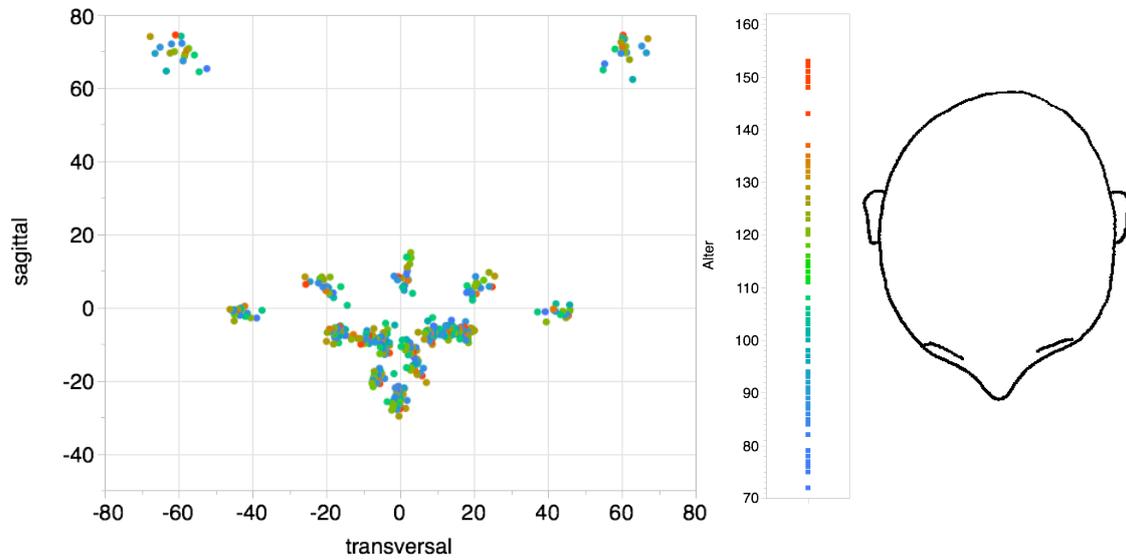
In den Abbildungen 3-19 bis 3-21 ist die Gesichtsentwicklung von 18 männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-19 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-20 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-21 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### **3.3.1.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung**

In der Patientengruppe der 18 männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte unterscheiden sich in transversaler Richtung 9 von 21 Landmarken signifikant von den Kontrollpersonen (siehe Abb. 3-22).

Endocanthion links (enl) zeigt eine signifikante Abweichung mit Werten oberhalb des Normbereichs in 5 von 18 Fällen, Endocanthion rechts liegt eher im unteren Normbereich also ebenfalls etwas weiter lateral.

Der Nasenspitzenpunkt (prn) liegt bei 8 von 18 Personen unterhalb der Norm und weicht damit signifikant auf die Nicht-Spalt-Seite ab.

Der Punkt acl zeigt eine signifikante Abweichung ohne Präferenz für eine Seite.

Die Messungen am labialen Ansatzpunkt des Nasenflügels auf der Spaltseite (sball) liegen zu mehr als 55% über den Normwerten gesunder Jungen und damit weiter lateral. Noch deutlicher zeigt sich dies für den Punkt Labiale superior. Er liegt auf der Spaltseite zu ca. 83% weiter lateral, auf der Nicht-Spaltseite weichen 3 Werte nach medial und 5 nach lateral ab.

Die Landmarken Columella und Subnasale liegen auf der Spaltseite signifikant unterhalb des Konfidenzintervalls und damit medialer als bei den gesunden Jungen. Der Punkt Columella auf der gegenüberliegenden Seite (c\_r) zeigt dagegen eine signifikante Abweichung nach lateral.

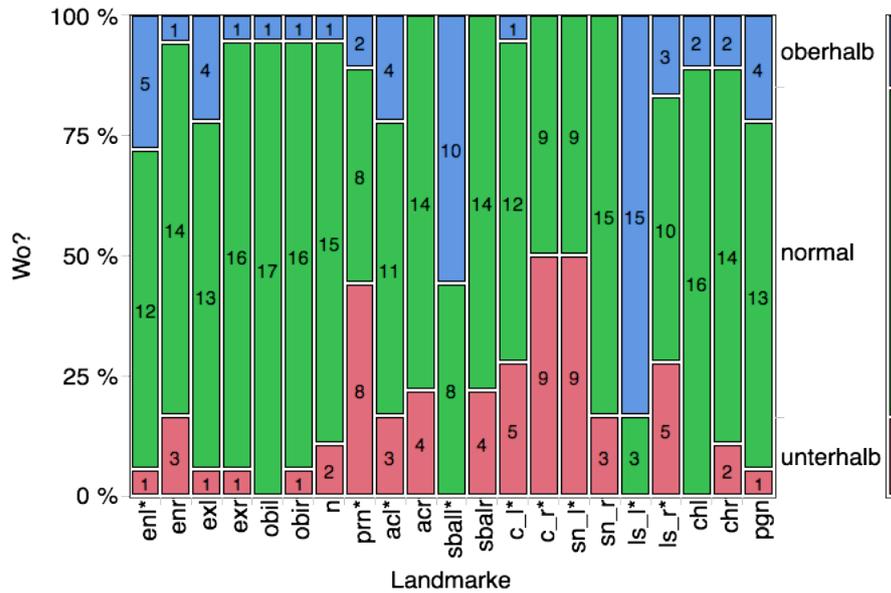
Bei der sagittalen Analyse (siehe Abb. 3-23) zeigt sich der Punkt an der Nasenwurzel (n) in 7 von 18 Fällen mit Werten unterhalb des Konfidenzintervalls und damit signifikant weiter anterior.

Dagegen zeigen die Punkte sball, c\_l, sn\_l und sn\_r signifikante Abweichungen vom Normbereich mit insgesamt geringerer Sagittalentwicklung als bei den gesunden Kontrollpersonen.

In vertikaler Richtung (siehe Abb. 3-24) zeigt der Punkt Alare curvature auf beiden Seiten symmetrisch eine signifikant weiter kranial gelegene Position ge-

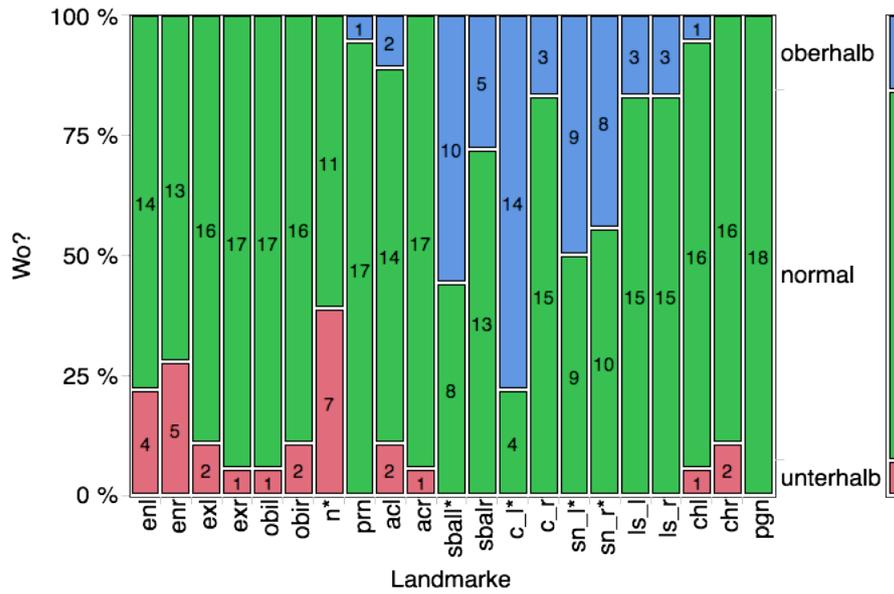
genüber der Kontrollgruppe. Ähnlich verhält es sich für den Punkt Subalare, wobei die Messwerte nur auf der linken Seite signifikant sind.

Der Scheitelpunkt an der Columella links (c\_l) steht signifikant weiter kaudal als bei den gesunden Jungen ohne jegliche Werte oberhalb des Konfidenzintervalls.

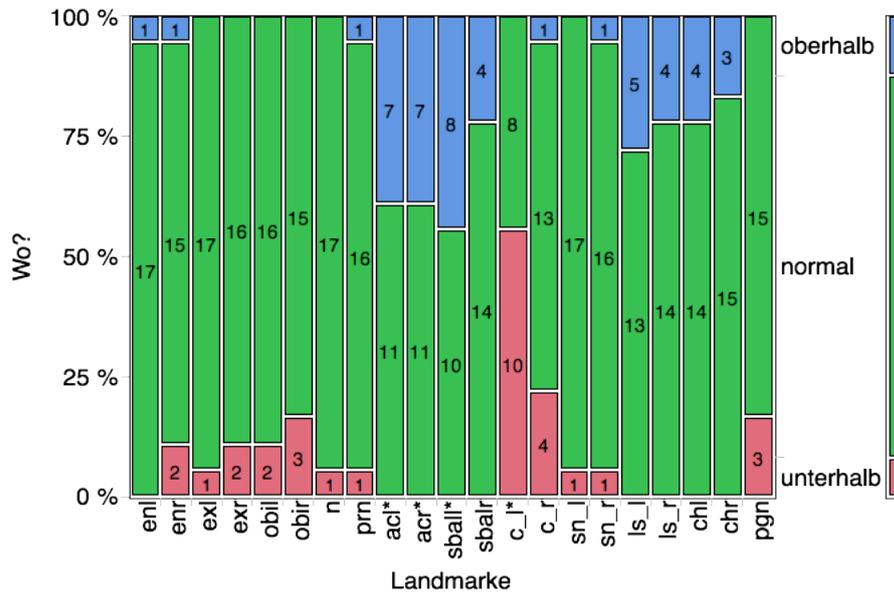


**Abb. 3-22 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

## Ergebnisse



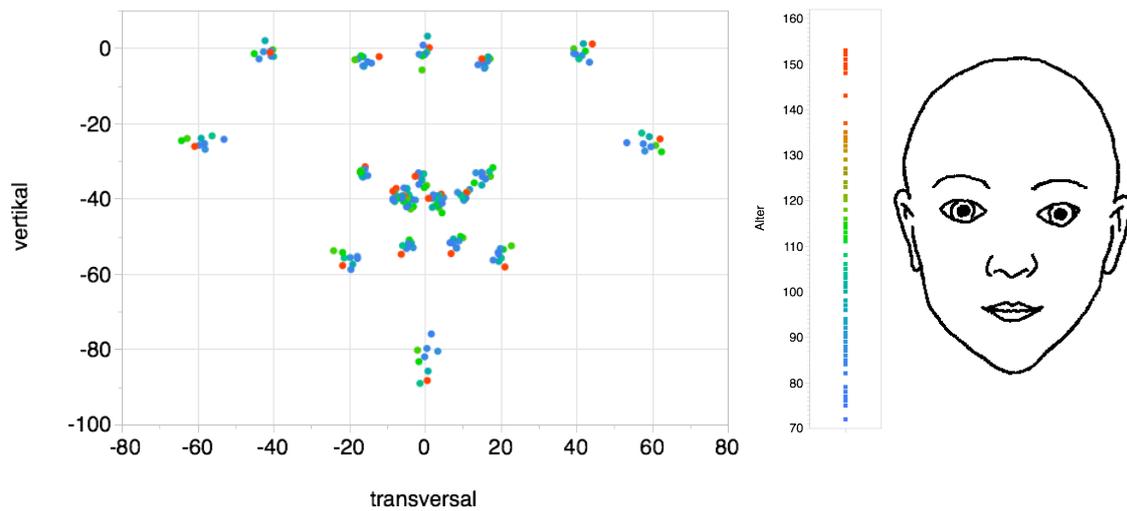
**Abb. 3-23 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**



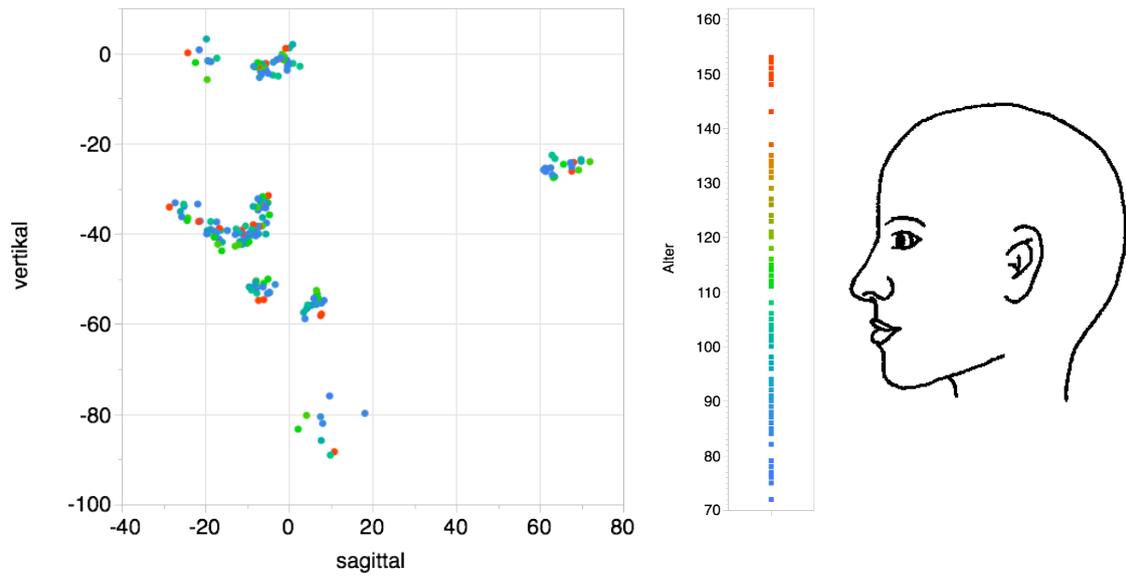
**Abb. 3-24 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

### 3.3.2 Weiblich

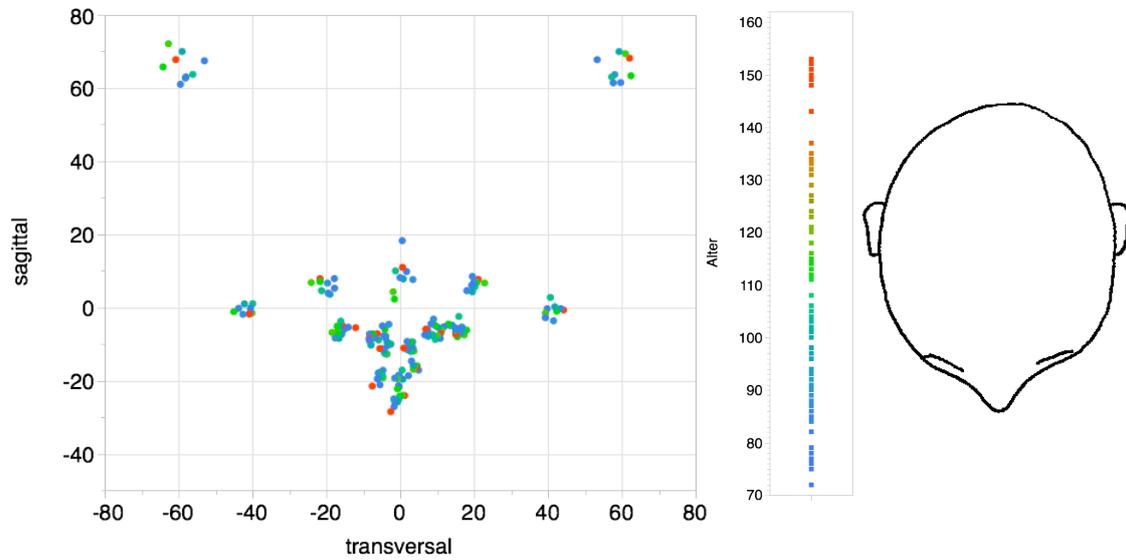
In den Abbildungen 3-25 bis 3-27 ist die Gesichtsentwicklung von 9 weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht farbkodiert nach Alter dargestellt.



**Abb. 3-25 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-26** Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten



**Abb. 3-27** Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten

### **3.3.2.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung**

In transversaler Richtung unterscheidet sich bei den weiblichen Patienten (n=9) nur der Punkt an der Lippenspitze links (ls\_l) signifikant von den gesunden Mädchen. Noch deutlicher als bei den Jungen mit einseitiger LKG-Spalte liegt ls\_l in ca. 89% der Fälle über dem Normbereich (siehe Abb. 3-28).

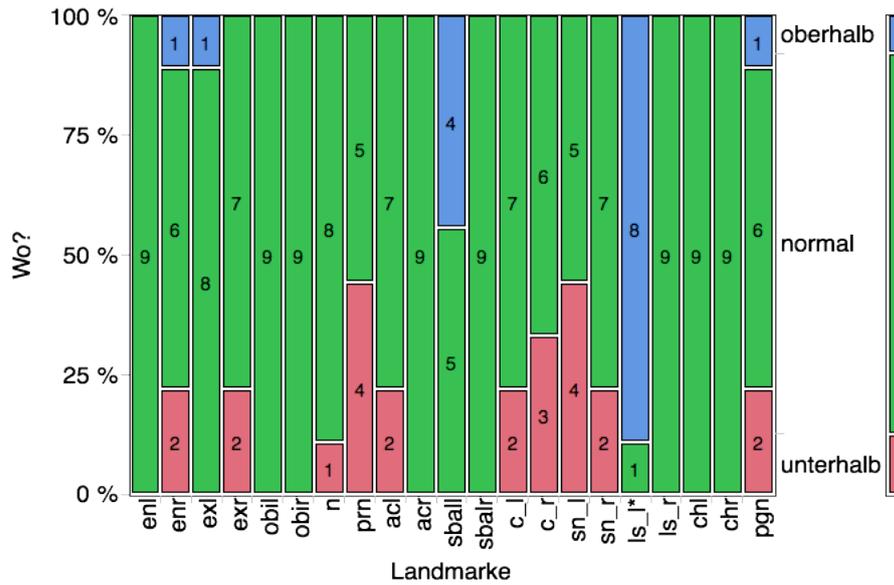
Keine anderen Landmarken zeigen signifikante Abweichungen, jedoch lassen sich insgesamt Ähnlichkeiten zu den männlichen Patienten feststellen. Pronasale weicht ebenfalls (hier in 4 von 9 Fällen) auf die Nicht-Spaltseite ab, Subalare links zeigt in 4 von 9 Fällen eine Lateralisation und die Landmarken Columella und Subnasale weichen wie bei den Jungen spaltseitig vermehrt nach medial und nicht-spaltseitig eher nach lateral ab.

In sagittaler Richtung (siehe Abb. 3-29) zeigen die Punkte sball und c\_l signifikante Abweichungen. Beide Landmarken liegen, ähnlich wie bei den männlichen Patienten, weiter posterior als bei den gesunden Kontrollpersonen.

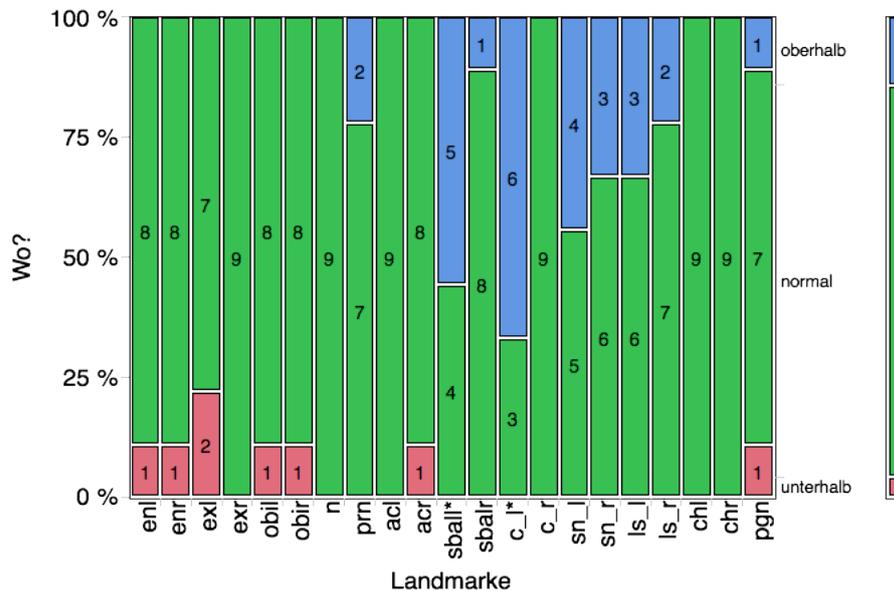
In vertikaler Richtung zeigen die Punkte acr und sball wie bei den männlichen Patienten vermehrt Messwerte oberhalb der Norm und damit signifikanter Kriallage gegenüber den Gesunden (siehe Abb. 3-30).

Die Landmarke Columella links (c\_l) zeigt zwar keine signifikanten Abweichungen wie bei den männlichen Patienten, jedoch liegen ebenfalls vermehrt Messwerte unterhalb des Normbereichs und damit weiter kaudal als bei den gesunden Mädchen.

## Ergebnisse



**Abb. 3-28 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**



**Abb. 3-29 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

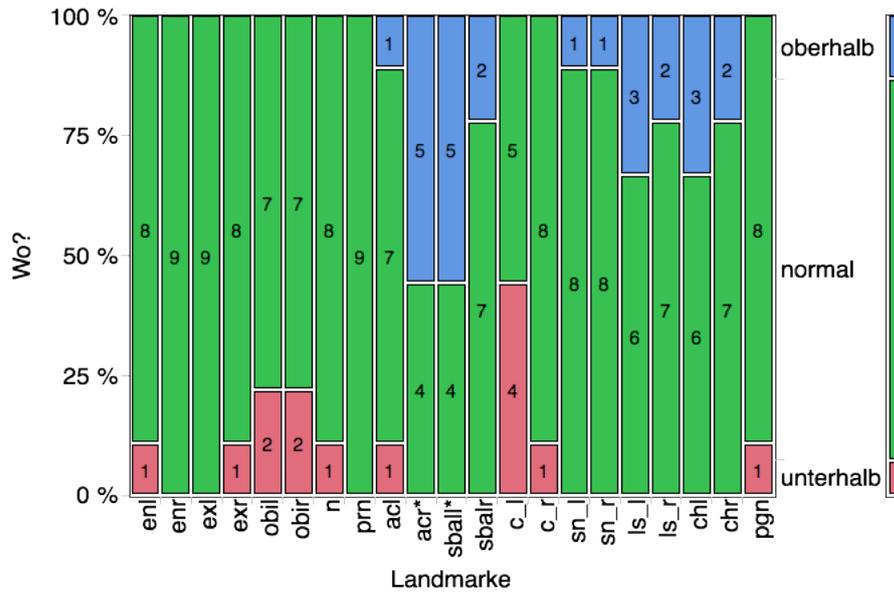
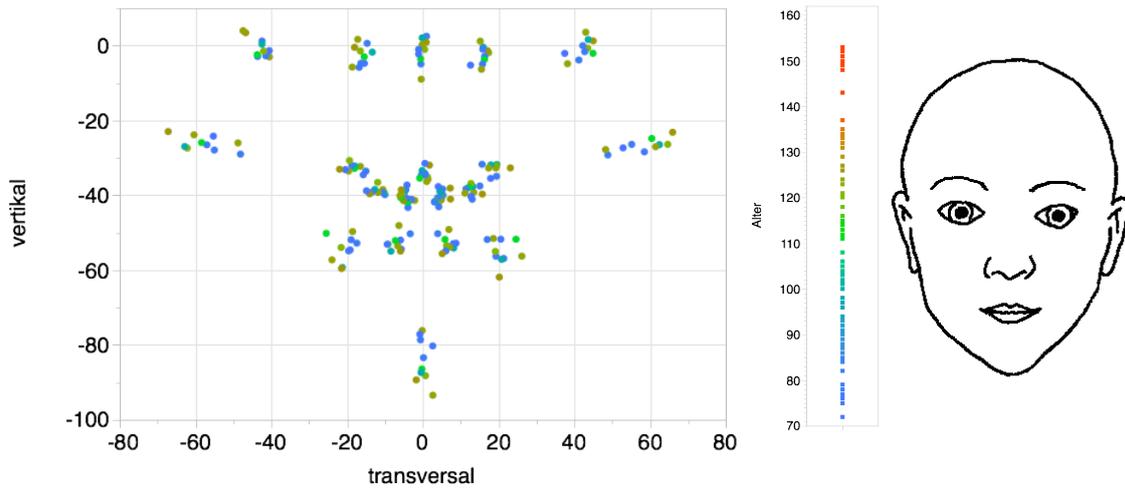


Abb. 3-30 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)

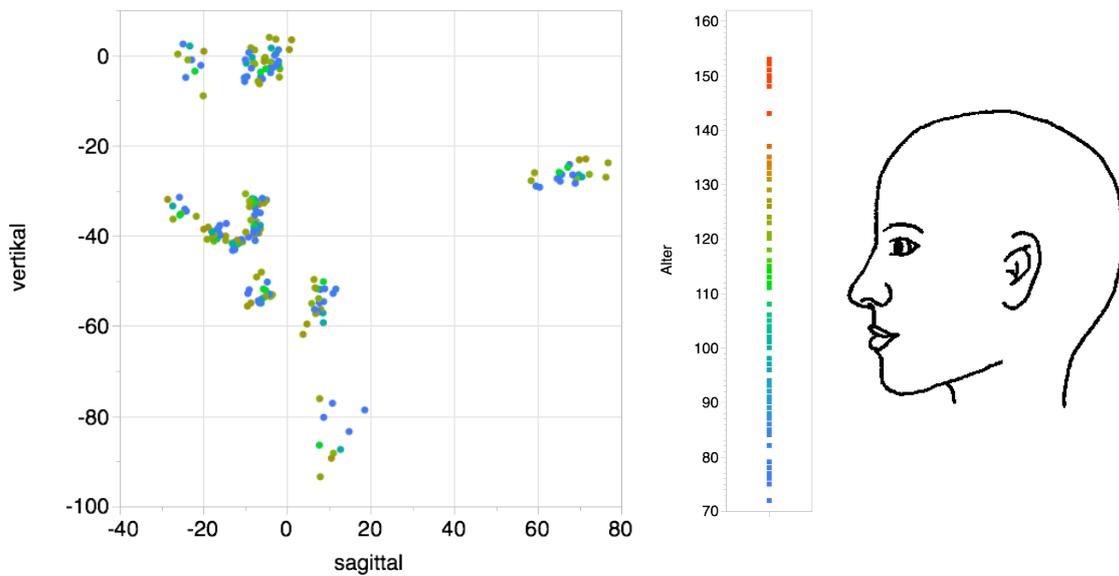
### 3.4 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

#### 3.4.1 Männlich

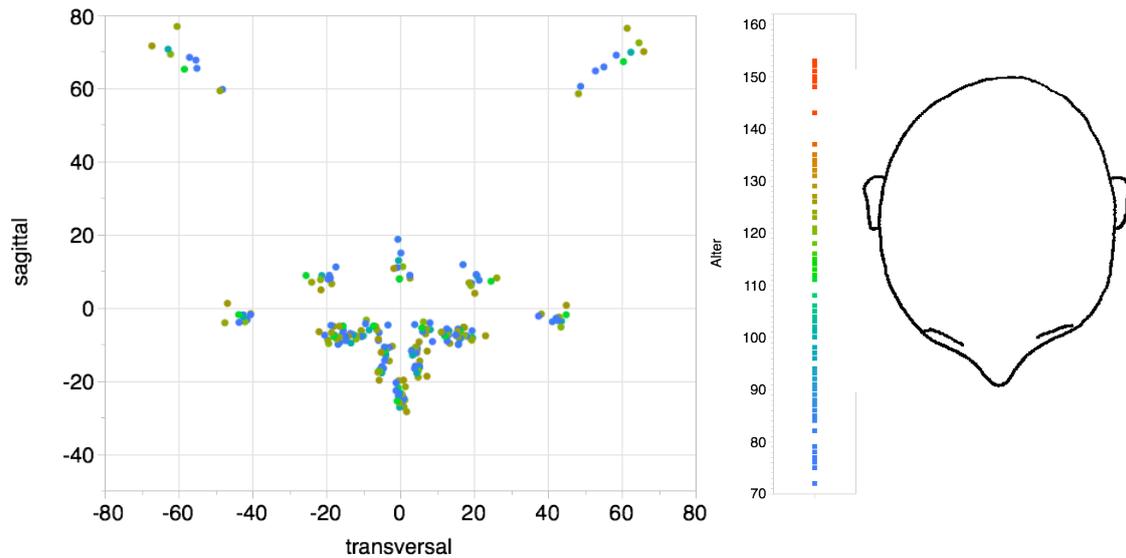
In den Abbildungen 3-31 bis 3-33 ist die Gesichtsentwicklung von 10 männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-31 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-32 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-33 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.4.1.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

Bei der transversalen Analyse der 10 Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte zeigen drei bilaterale Landmarken signifikante Abweichungen (siehe Abb. 3-34).

Der Punkt an der fazialen Insertion des Nasenflügels (ac) liegt links in 70% der Fälle oberhalb und rechts in 50% der Fälle unterhalb des Konfidenzintervalls. Der Punkt an der labialen Insertion des Nasenflügels (sbal) liegt links sogar bei allen Patienten oberhalb der Norm, rechts in 70% der Fälle darunter. Die Lippenmarker weichen in gleicher Weise bei jeweils 50% der Fälle von den Normwerten der Kontrollgruppe ab.

Insgesamt liegen die bilateralen Landmarken ac, sbal und ls in transversaler Richtung somit signifikant weiter lateral.

In sagittaler Richtung liegen die schädelbasisnahen Punkte eher unterhalb also weiter vorne und die restlichen tendenziell oberhalb des Normbereichs und so-

mit weiter posterior (siehe Abb. 3-35). Signifikant unterscheiden sich drei Landmarken von den Messwerten gesunder Jungen.

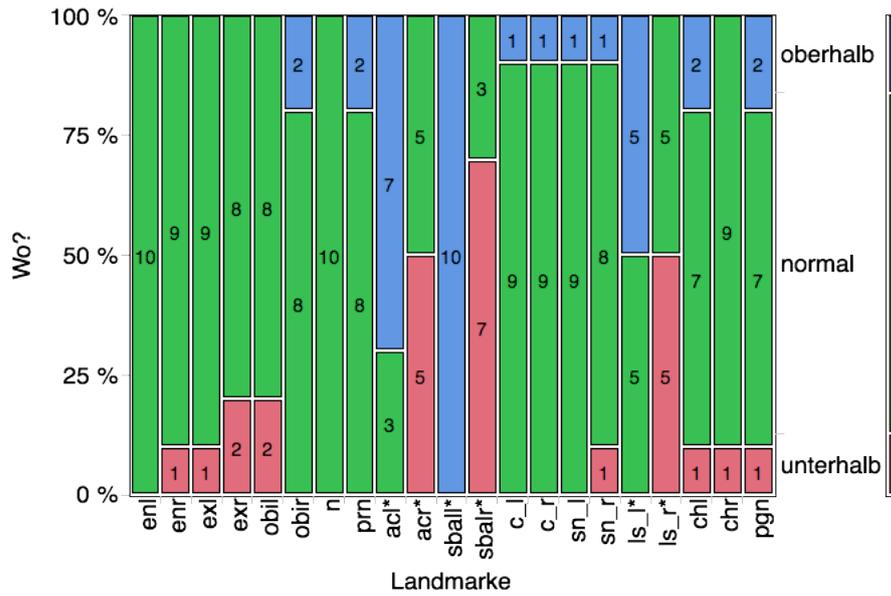
En\_r liegt bei 50 % der Patienten unterhalb, c\_r und ls\_r bei 50% oberhalb des Konfidenzintervalls.

Der vertikale Gesichtsaufbau von Patienten mit beidseitiger LKG-Spalte unterscheidet sich für die Landmarken Otobasion inferius (obil und obir), Alare curvature (acl und acr), Subalare links (sball), Columella links (c\_l) und Cheilion (chl und chr) signifikant von gesunden Jungen (siehe Abb. 3-36).

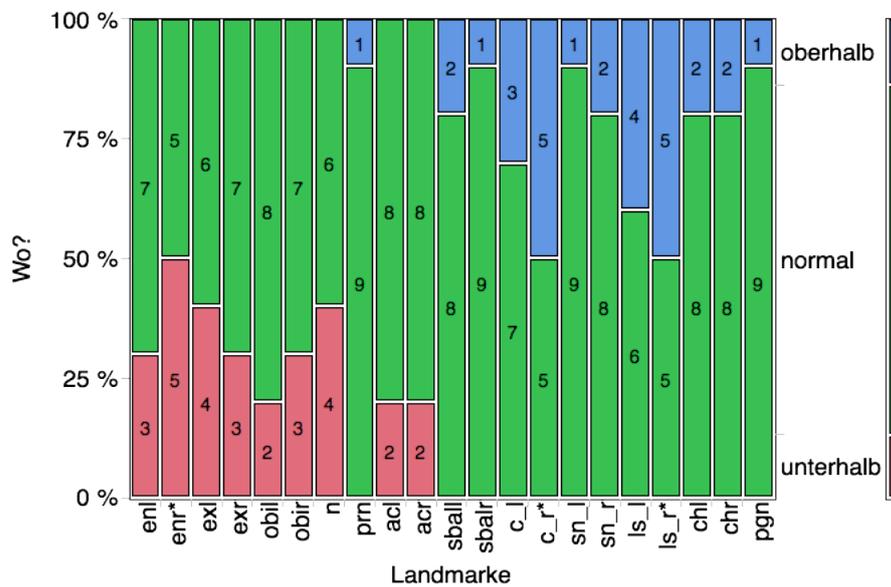
Der Punkt Otobasion inferius liegt auf beiden Seiten in 60% der Fälle, der Punkt Columella auf der linken Seite in 50% der Fälle unterhalb des Normbereichs und damit weiter kaudal als bei gesunden Kindern. Der Punkt Columella auf der rechten Seite zeigt nur Werte innerhalb oder ebenfalls unterhalb des Normbereichs.

Die Punkte acl, acr, sball, chl und chr zeigen dagegen signifikante Abweichungen mit deutlicher Kranialposition im Gegensatz zu den Kontrollpersonen. Auch sball zeigt eine ähnliche Tendenz.

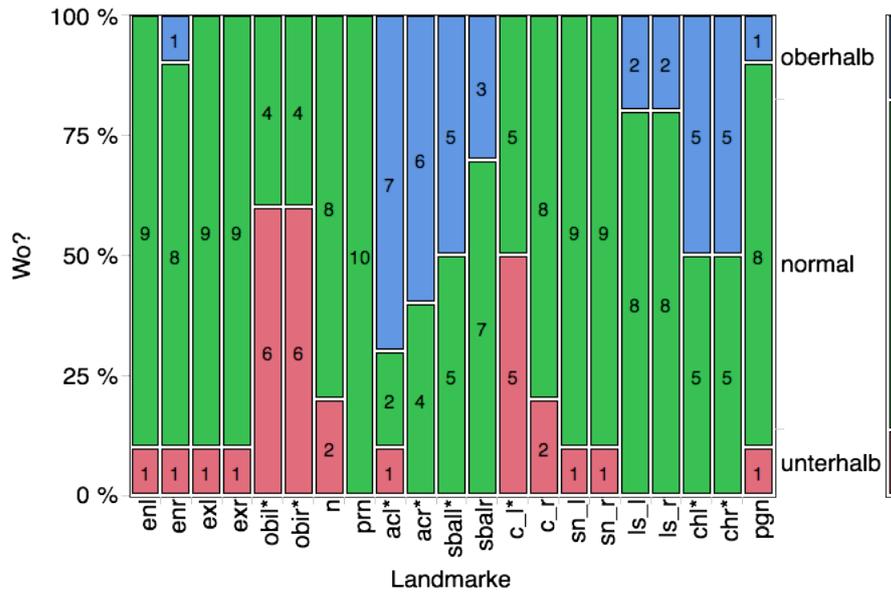
## Ergebnisse



**Abb. 3-34 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**



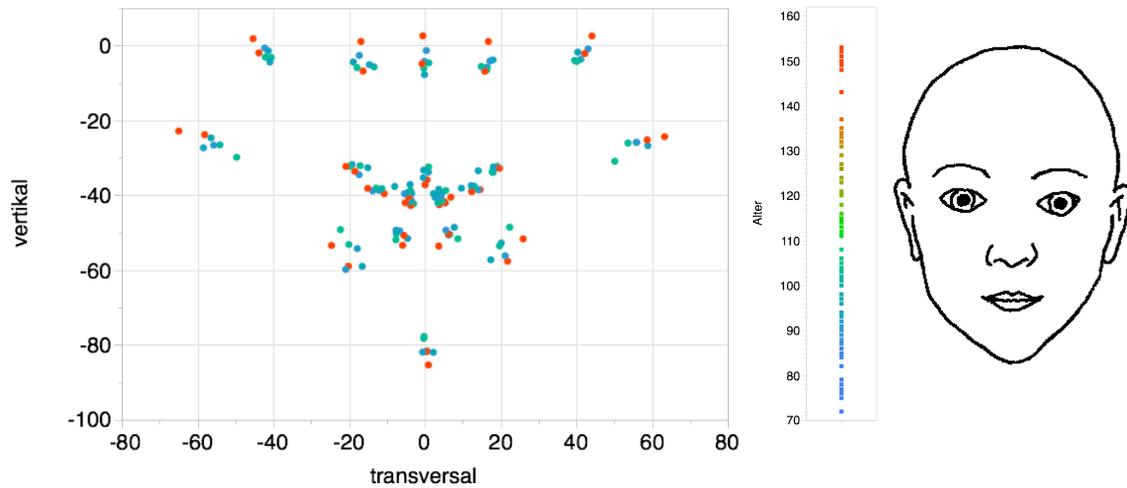
**Abb. 3-35 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**



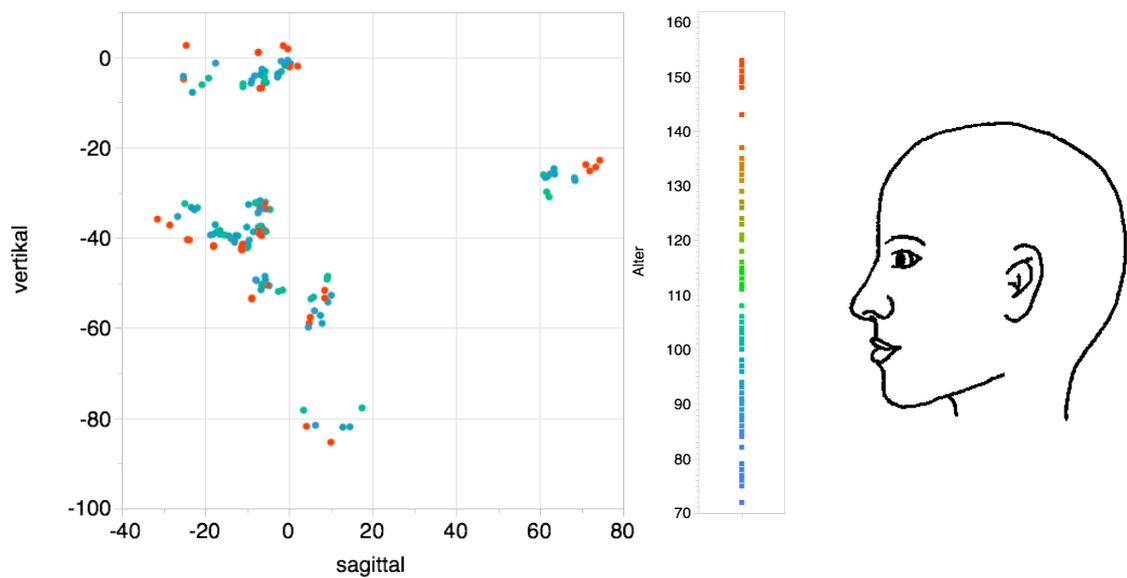
**Abb. 3-36 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

### 3.4.2 Weiblich

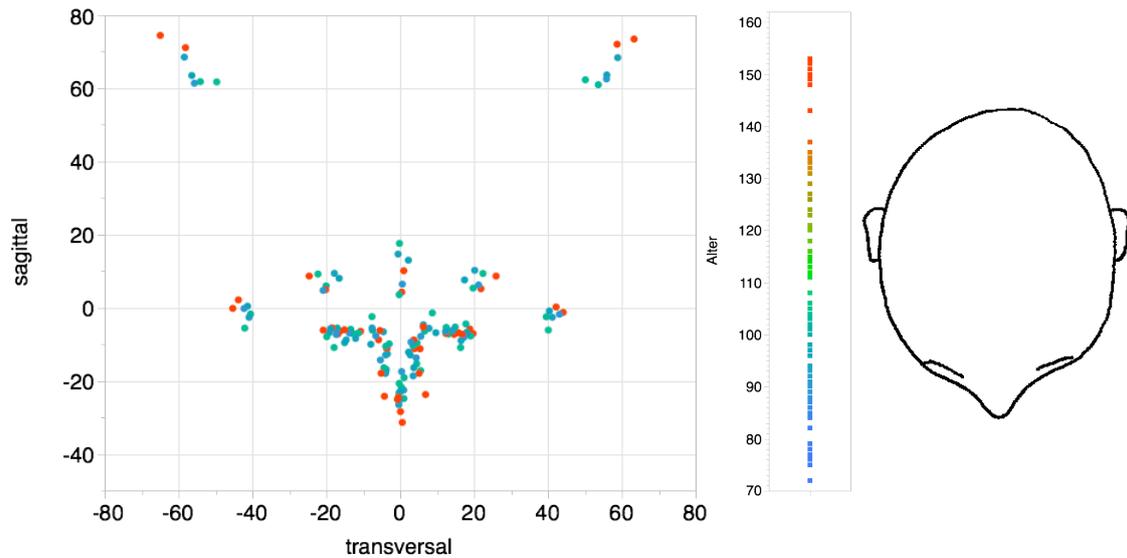
In den Abbildungen 3-37 bis 3-39 ist die Gesichtsentwicklung von 7 weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-37 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-38 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-39 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.4.2.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

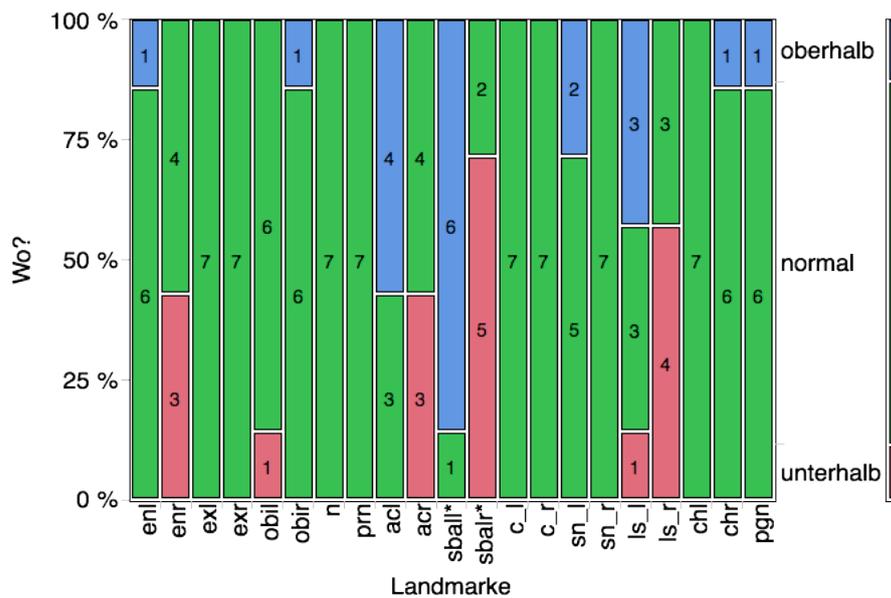
In transversaler Richtung zeigen bei den Mädchen mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte die Punkte an der labialen Insertion der Nasenflügel signifikante Abweichungen (siehe Abb. 3-40). Sball liegt bei ca. 86% weiter lateral, sbalr bei ca. 71%.

Die bilateralen Landmarken seitlich am Nasenflügel und an Lippenspitze zeigen zwar keine signifikanten Unterschiede zum Normkollektiv, jedoch zeigen sich Ähnlichkeiten zu den Jungen mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Die Marker der linken Seite liegen (bei ca. 43-57%) eher oberhalb des Normbereichs, die der rechten Seite eher unterhalb und damit jeweils weiter lateral als bei den gesunden Mädchen.

Die Entwicklung in sagittaler Richtung stellt sich ebenfalls ähnlich zu den männlichen Patienten dar (siehe Abb.3-41). Die schädelbasisnahen Punkte liegen tendenziell eher unterhalb, die restlichen Punkte eher oberhalb des Konfidenzintervalls. Signifikant zeigt sich dies jedoch nur bei der Landmarke sbalr. Sie

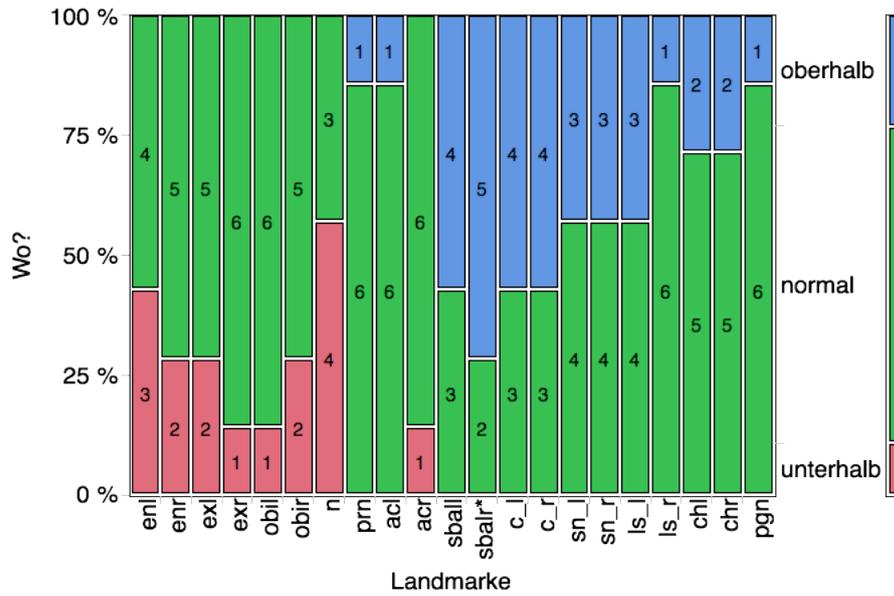
liegt bei 5 von 7 Patientinnen weiter posterior und unterscheidet sich damit deutlich von den gesunden Mädchen, jedoch nur gering von der Gegenseite.

Bei der vertikalen Analyse zeigen drei der bilateralen Landmarken signifikante Abweichungen gegenüber der Entwicklung bei gesunden Mädchen (siehe Abb. 3-42). Die Landmarken acr und ls\_l liegen jeweils bei 5 von 7 Patientinnen oberhalb des Konfidenzintervalls, die Landmarke sball bei allen Patientinnen. Diese Punkte zeigen jedoch ebenfalls nur geringe Unterschiede zu den Punkten auf der Gegenseite. Wie bei den männlichen Patienten weicht der Punkt Cheilion eher nach kranial ab und der Punkt Columella zeigt nur Werte innerhalb oder unterhalb des Normbereichs.

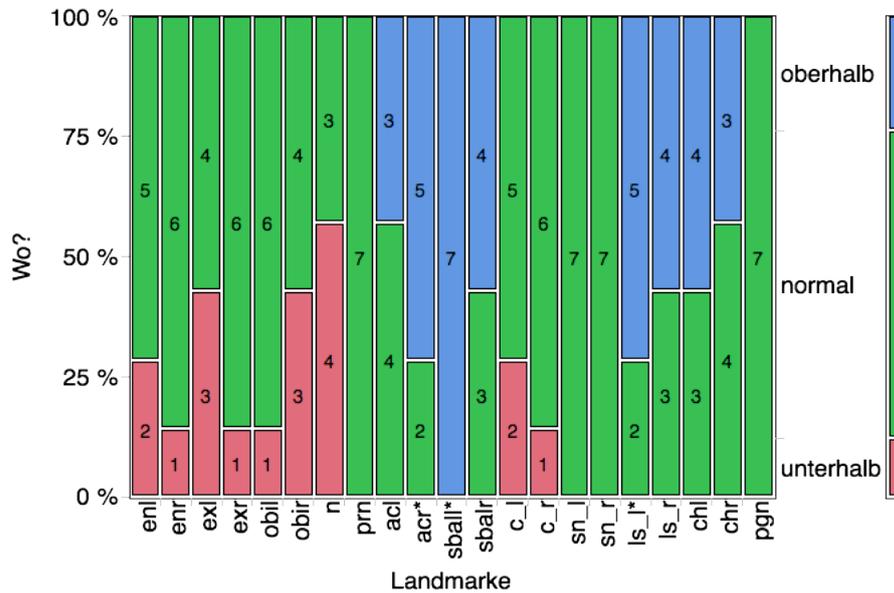


**Abb. 3-40 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

## Ergebnisse



**Abb. 3-41 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

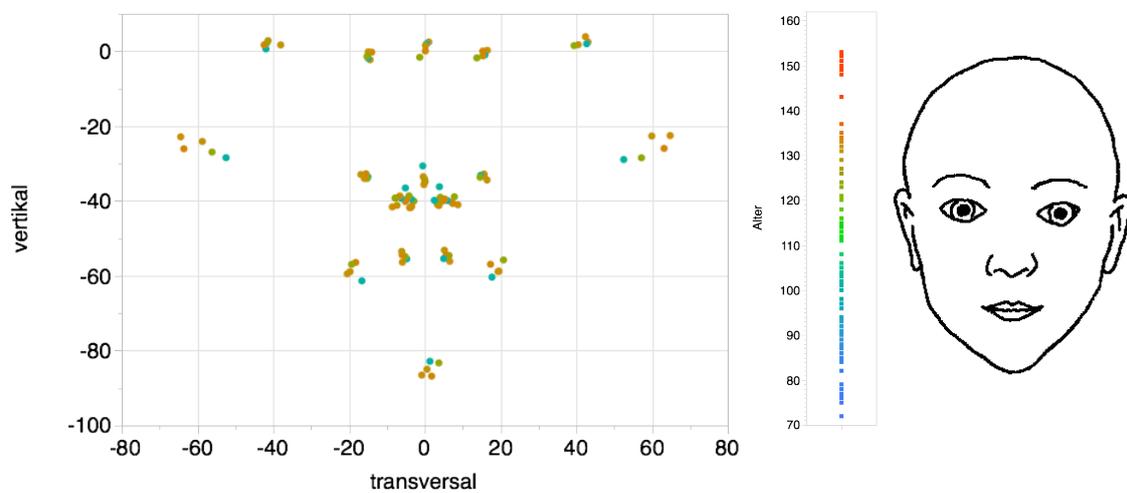


**Abb. 3-42 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (\*= signifikant)**

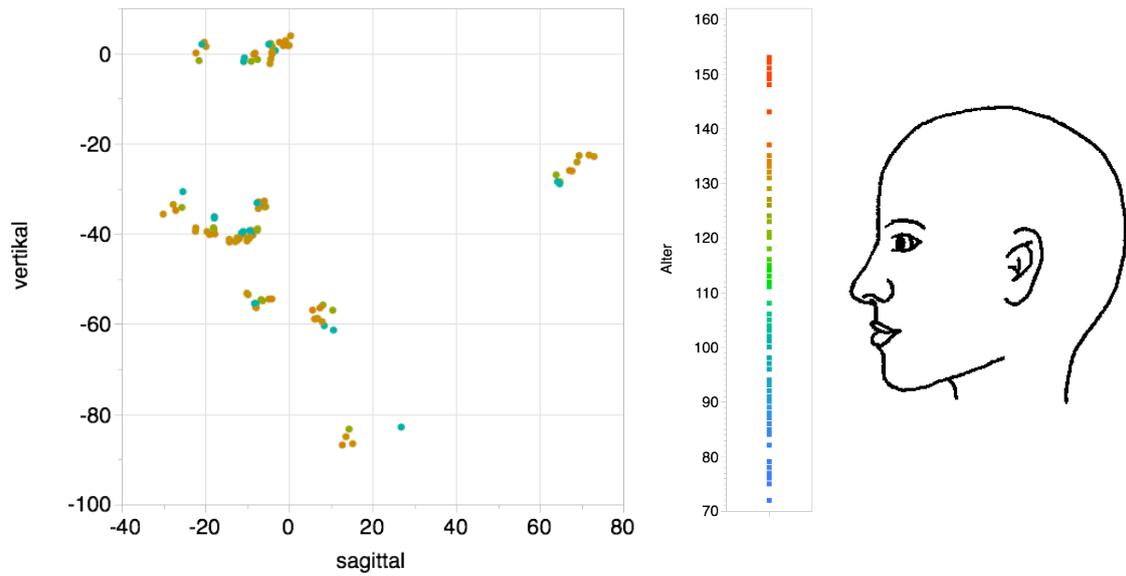
### 3.5 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Gaumenspalte

#### 3.5.1 Männlich

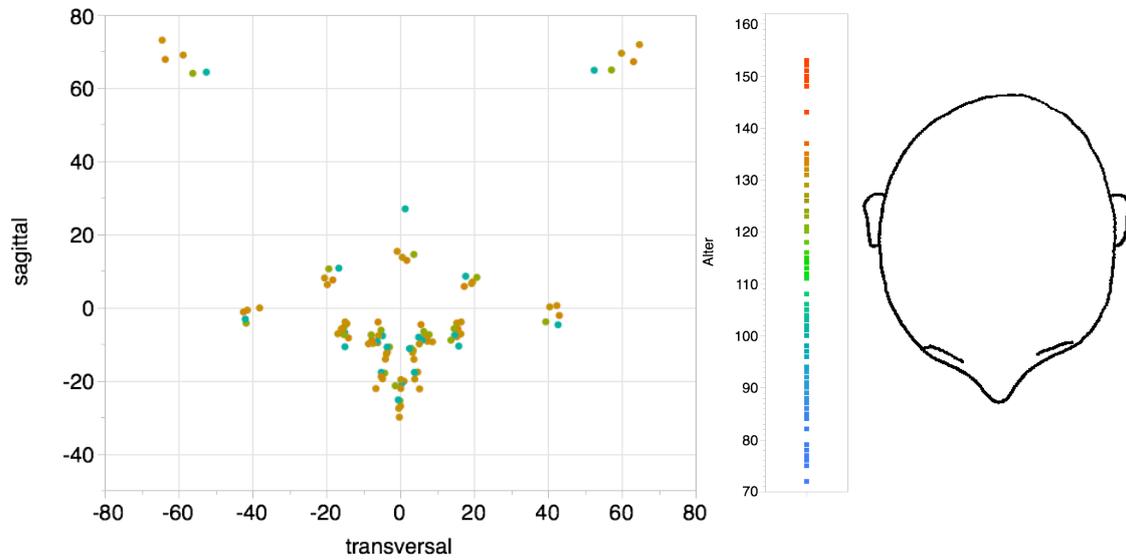
In den Abbildungen 3-43 bis 3-45 ist die Gesichtsentwicklung von 5 männlichen Patienten mit Gaumenspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-43 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-44 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-45 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.5.1.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

Bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (n=5) zeigt sich in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung kein signifikanter Unterschied in der Gesichtsmorphologie im Vergleich zur Kontrollgruppe.

In sagittaler Richtung zeigt sich dennoch ein Wachstumsdefizit der schädelbasin-nahen Landmarken en, ex und obi (siehe Abb.3-47), wobei obi auch in vertikaler Richtung ein Wachstumsdefizit aufzeigt (siehe Abb. 3-48).

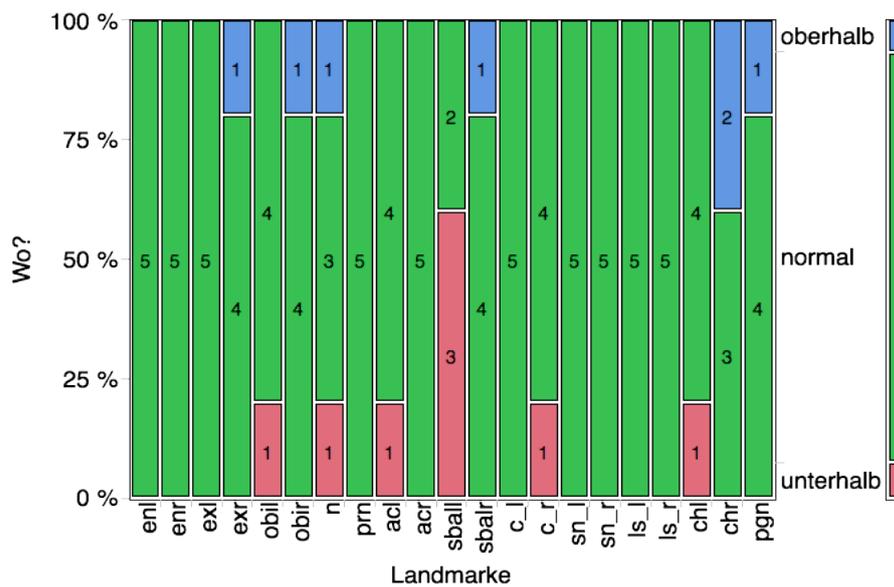
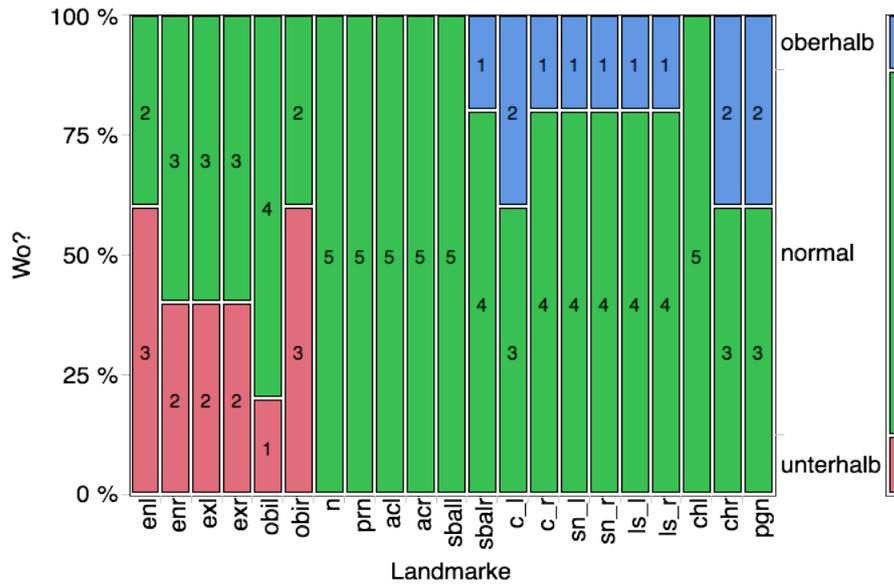
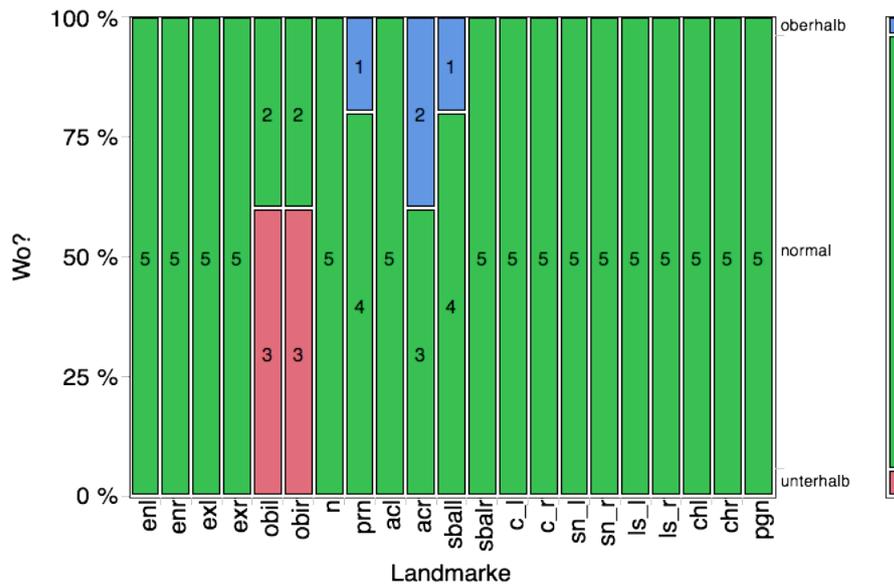


Abb. 3-46 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)

## Ergebnisse



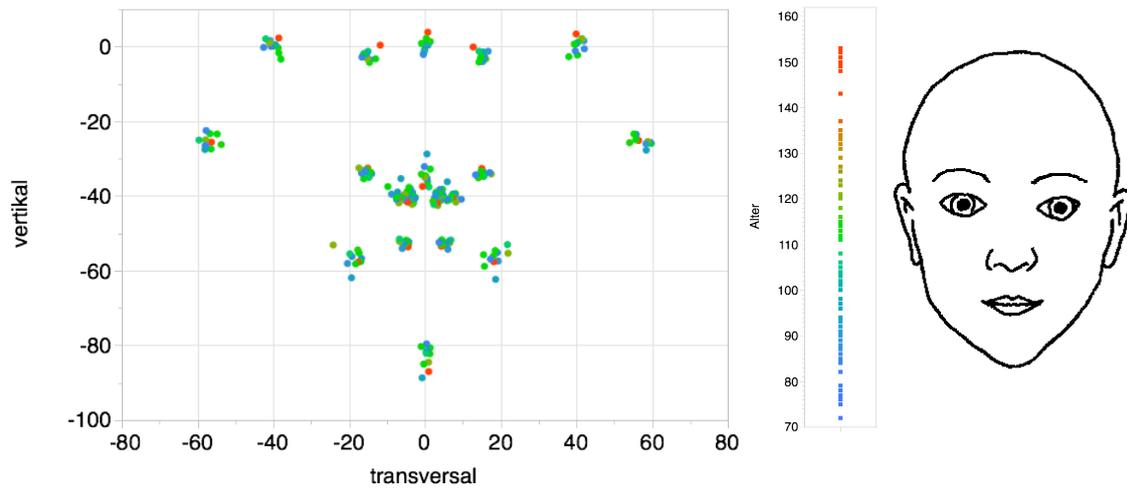
**Abb. 3-47 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)**



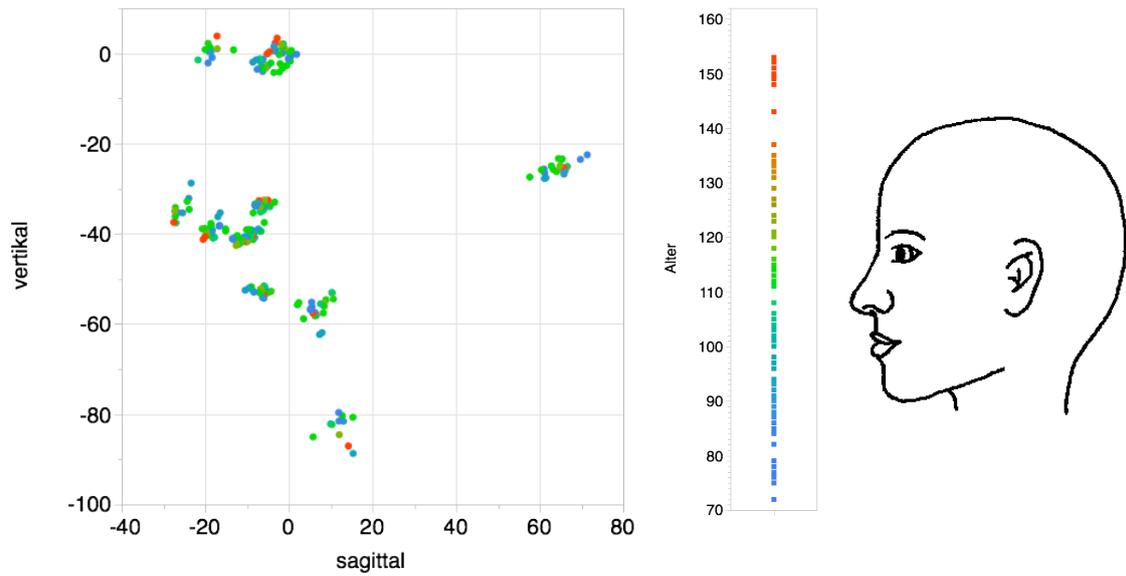
**Abb. 3-48 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)**

### 3.5.2 Weiblich

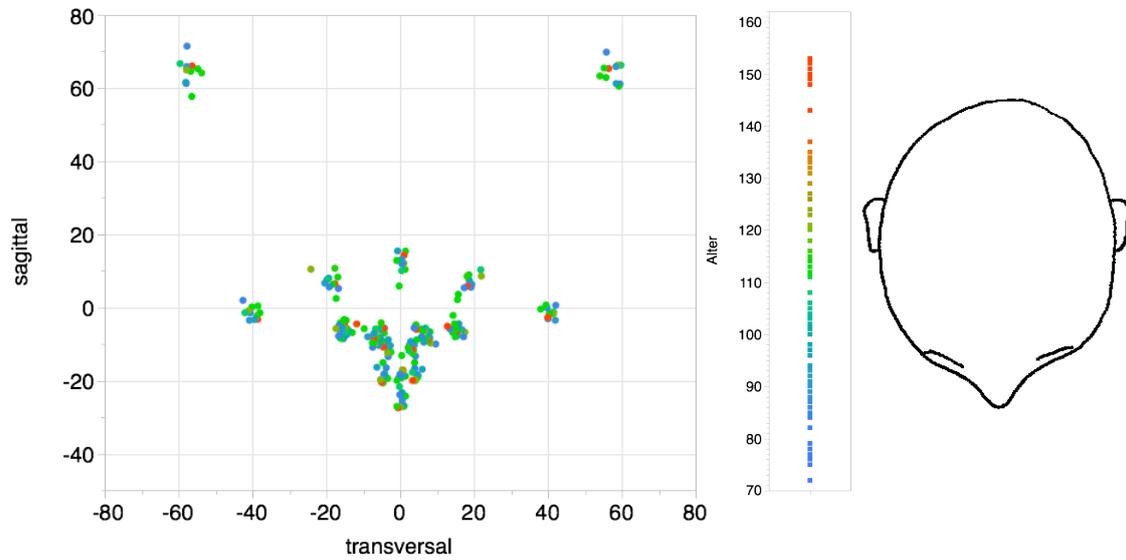
In den Abbildungen 3-49 bis 3-51 ist die Gesichtsentwicklung von 11 weiblichen Patienten mit Gaumenspalte in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-49 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-50 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-51 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.5.2.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

Auch bei den weiblichen Patienten (n=11) zeigen sich in allen drei Raumachsen keine Unterschiede in der Gesichtsmorphologie im Vergleich mit der Kontrollgruppe (siehe Abb.3-52 - 3-54).

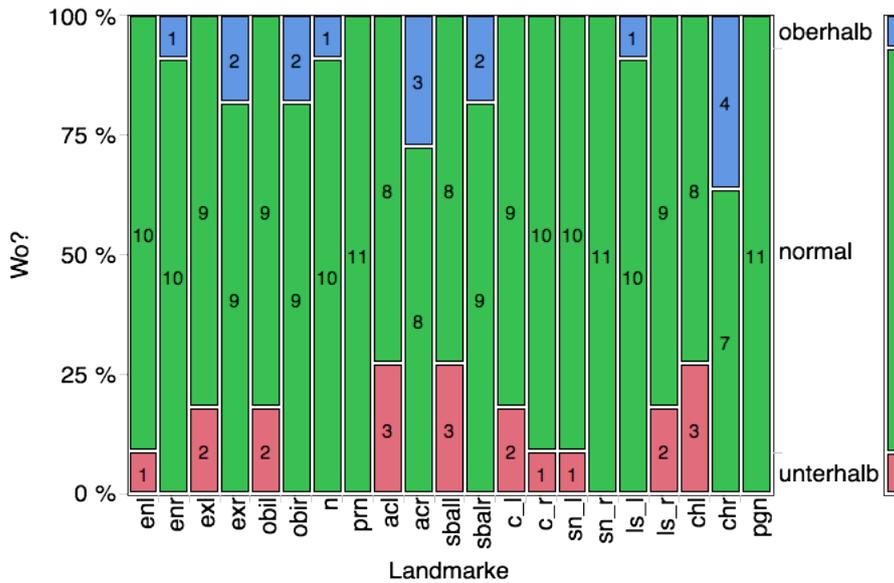
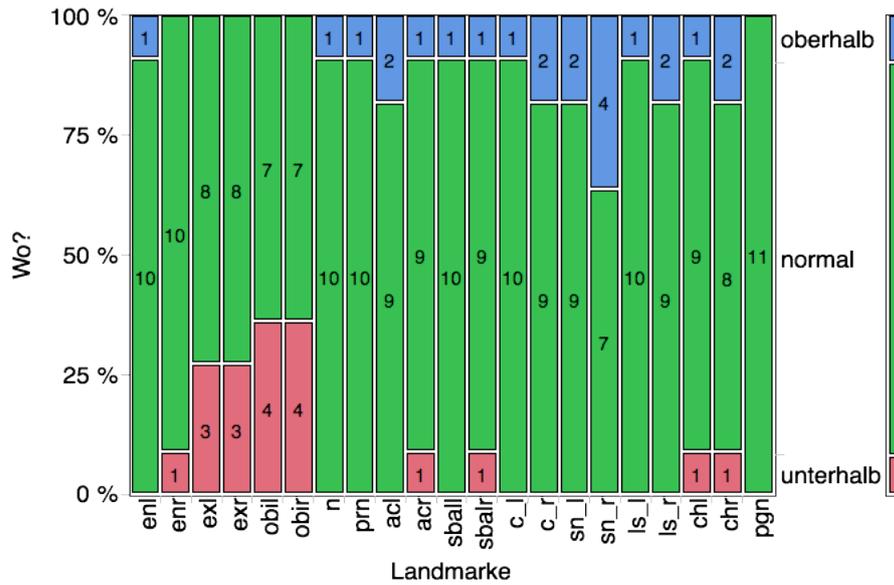
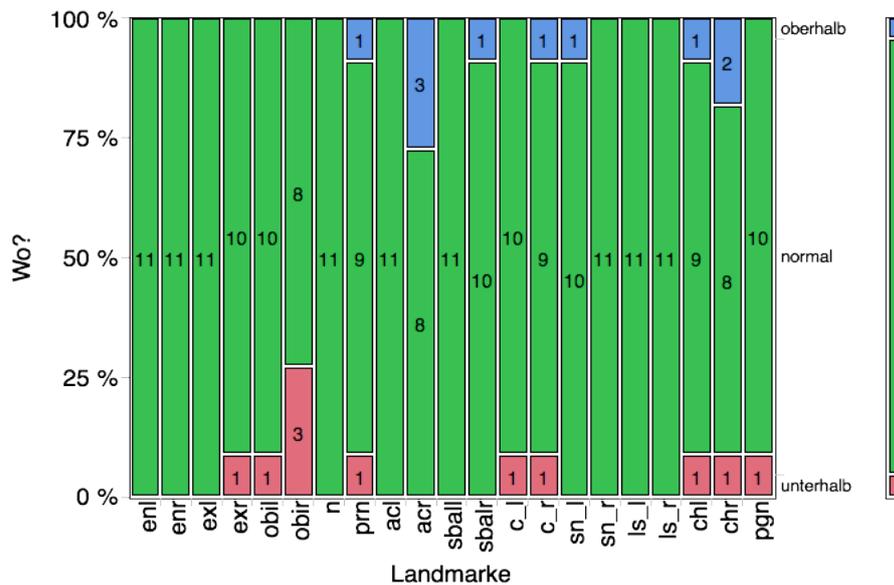


Abb. 3-52 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)

## Ergebnisse



**Abb. 3-53 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)**

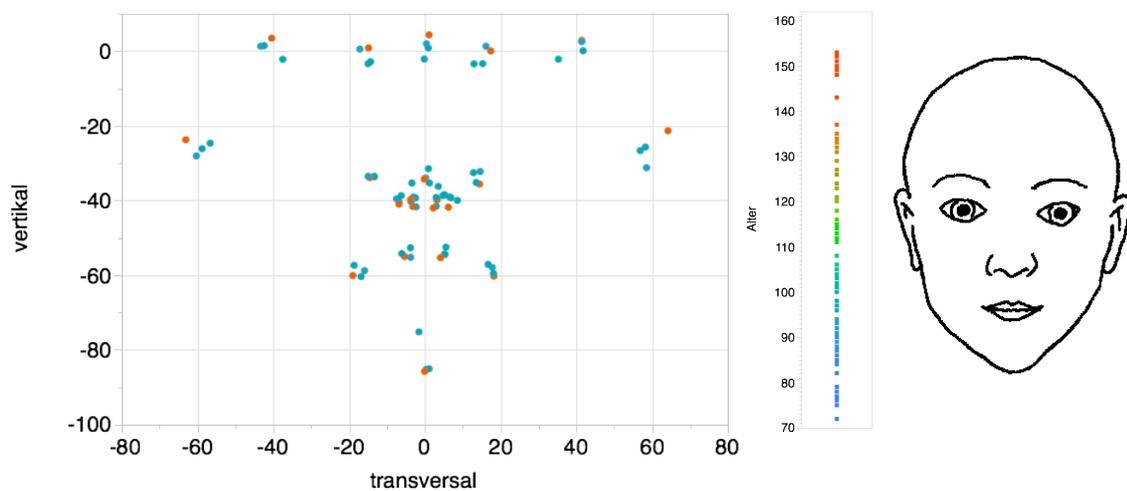


**Abb. 3-54 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (\*= signifikant)**

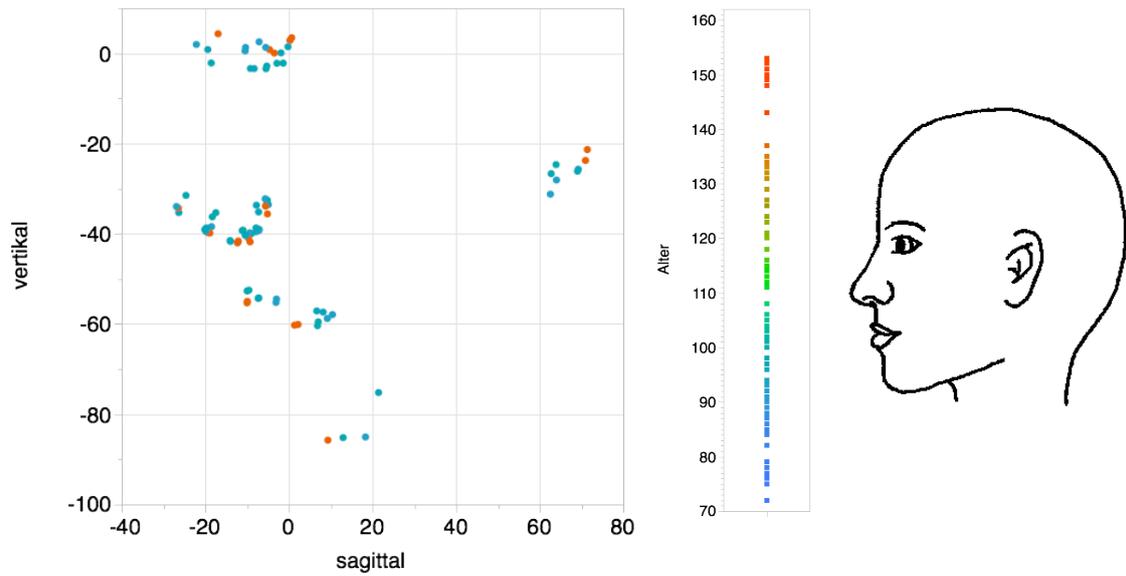
### 3.6 Gesichtsmorphologie und –wachstum bei Patienten mit Pierre-Robin-Sequenz mit Gaumenspalte

#### 3.6.1 Männlich

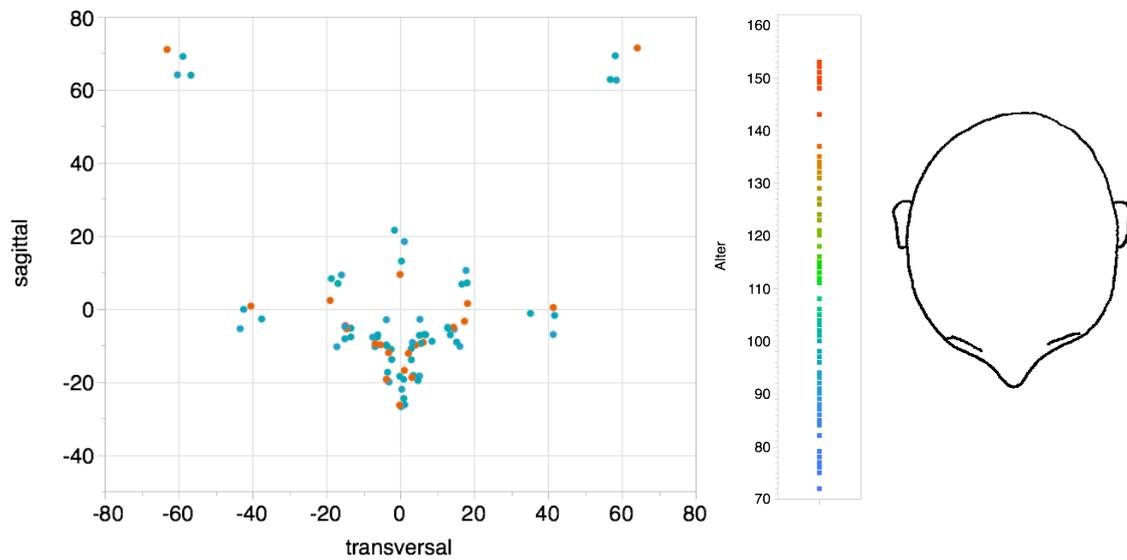
In den Abbildungen 3-55 bis 3-57 ist die Gesichtsentwicklung von 4 männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-55 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten**



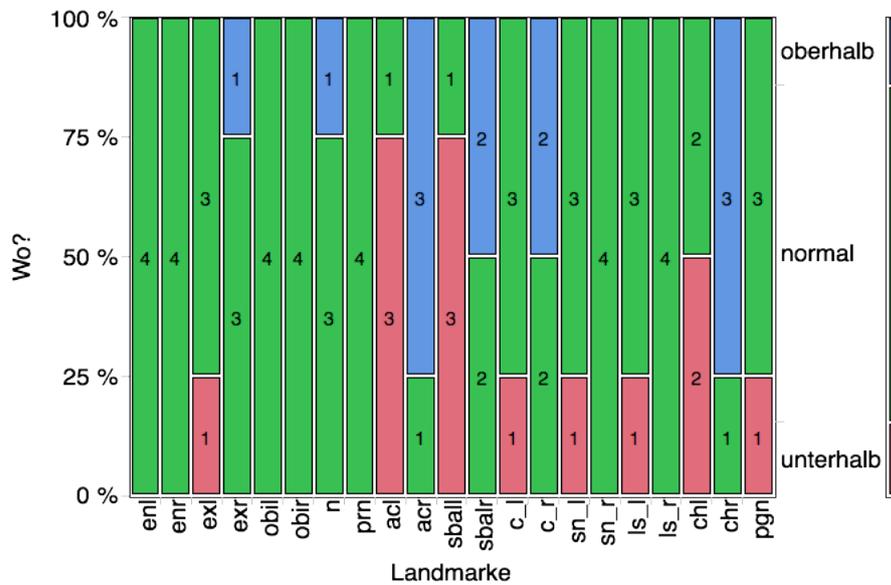
**Abb. 3-56** Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten



**Abb. 3-57** Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten

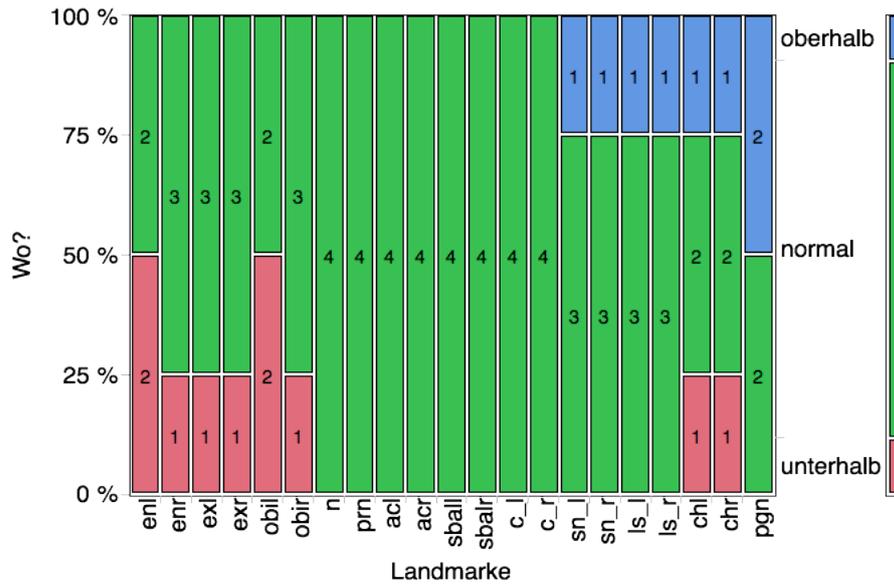
### 3.6.1.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

Bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (n=4) unterscheidet sich die Gesichtsmorphologie in keiner der drei Raumachsen signifikant von gesunden Kindern (siehe Abb.3-58 – 3-60).

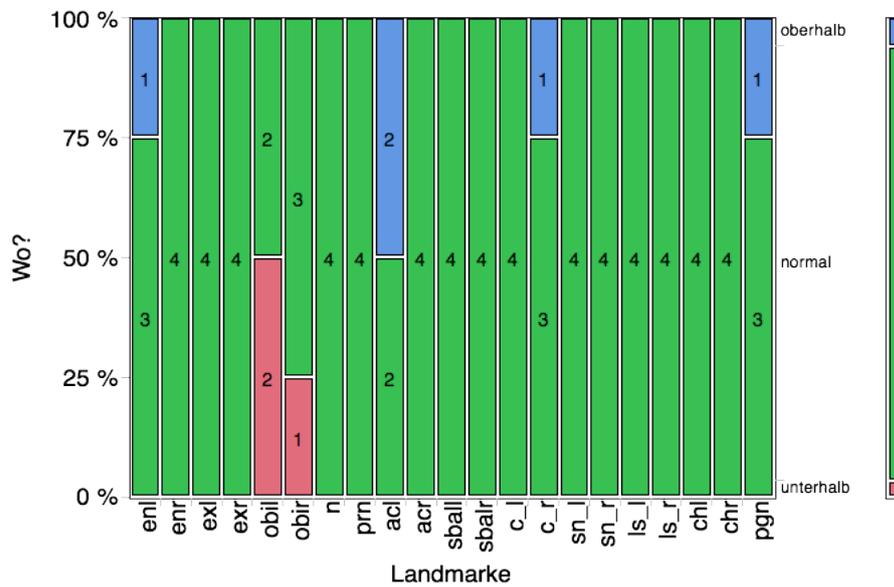


**Abb. 3-58 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**

## Ergebnisse



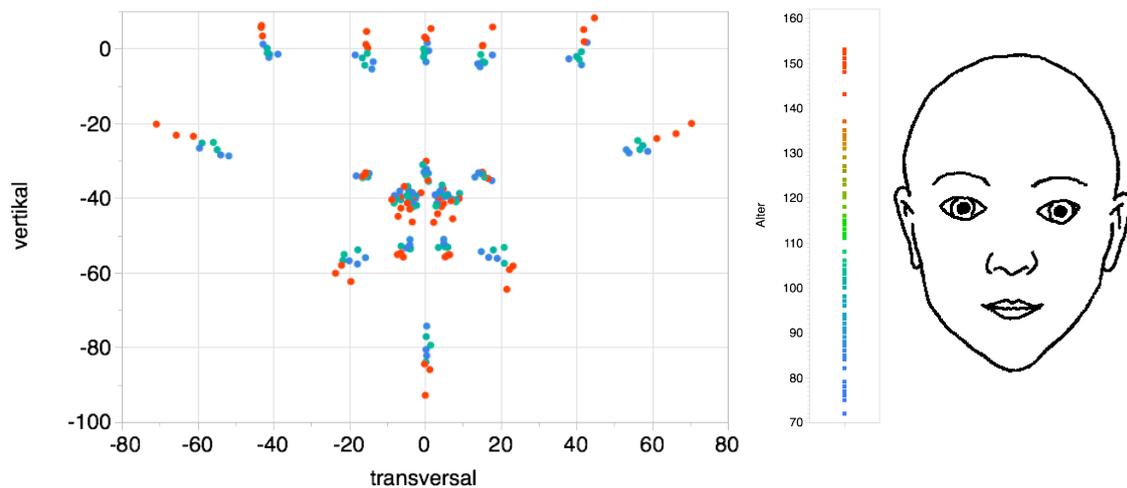
**Abb. 3-59 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**



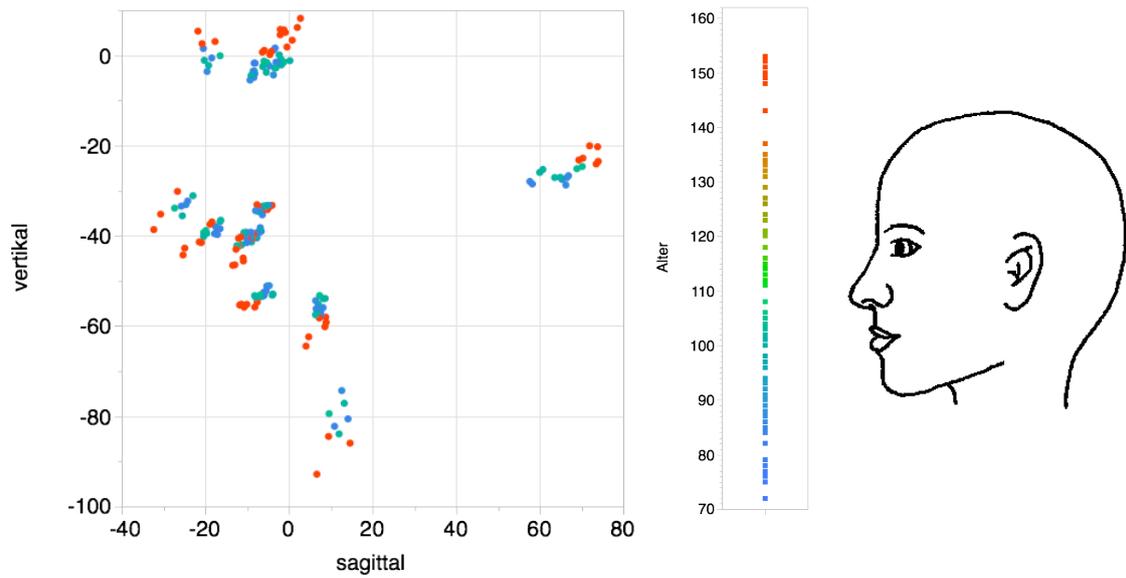
**Abb. 3-60 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**

### 3.6.2 Weiblich

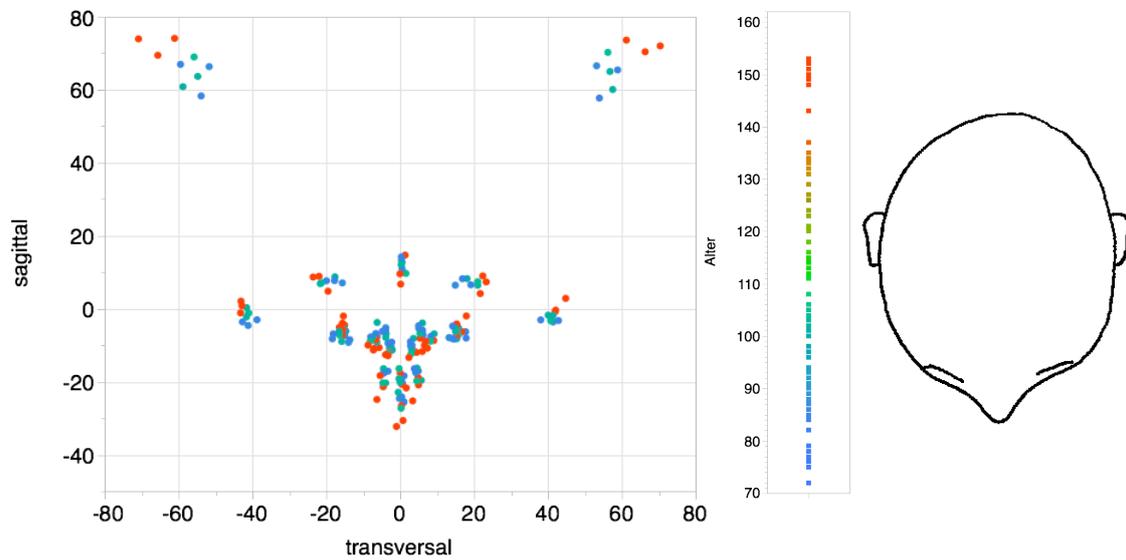
In den Abbildungen 3-61 bis 3-63 ist die Gesichtsentwicklung von 9 weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz in frontaler, sagittaler und axialer Ansicht, farbkodiert nach Alter, dargestellt.



**Abb. 3-61 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten**



**Abb. 3-62 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten**

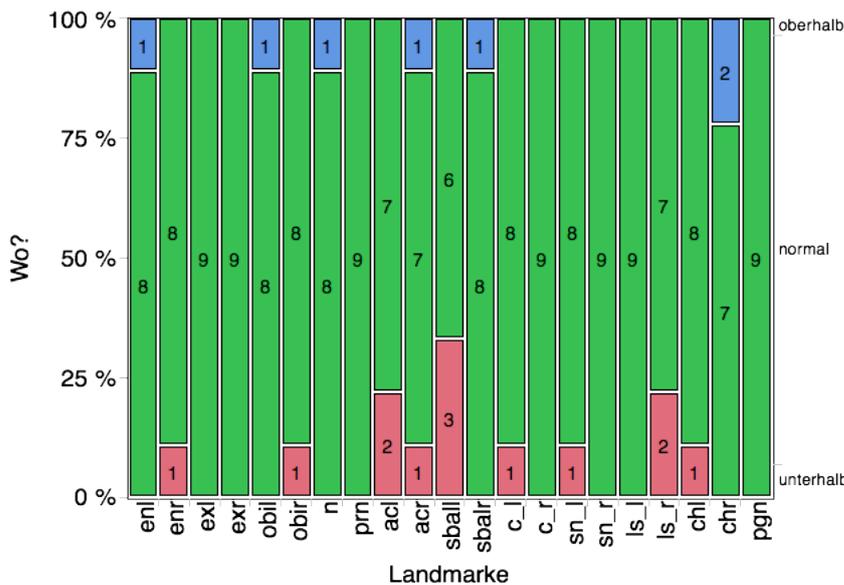


**Abb. 3-63 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten**

### 3.6.2.1 Besonderheiten in transversaler, sagittaler und vertikaler Richtung

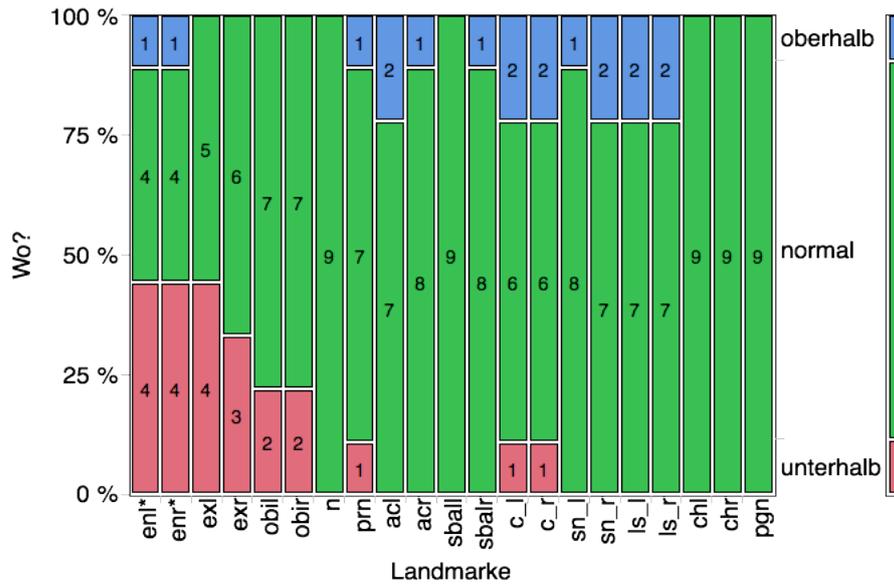
Bei den 9 weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz gibt es einzig in sagittaler Richtung signifikante Unterschiede zu gesunden Kindern (siehe Abb. 3-65). Die medialen Lidwinkel auf beiden Seiten (enl und enr) zeigen bei 4 von 9 Patientinnen (ca. 44%) einen Wert unterhalb des Normbereichs.

Zwar nicht signifikant, aber tendenziell ebenfalls eher unterhalb der Norm, liegen bei 4 bzw. 3 von 9 Patientinnen die Punkte Exocanthion links bzw. rechts in sagittaler Richtung und Otobasion inferius links bzw. rechts in vertikaler Richtung (siehe Abb.3-65 und Abb. 3-66).

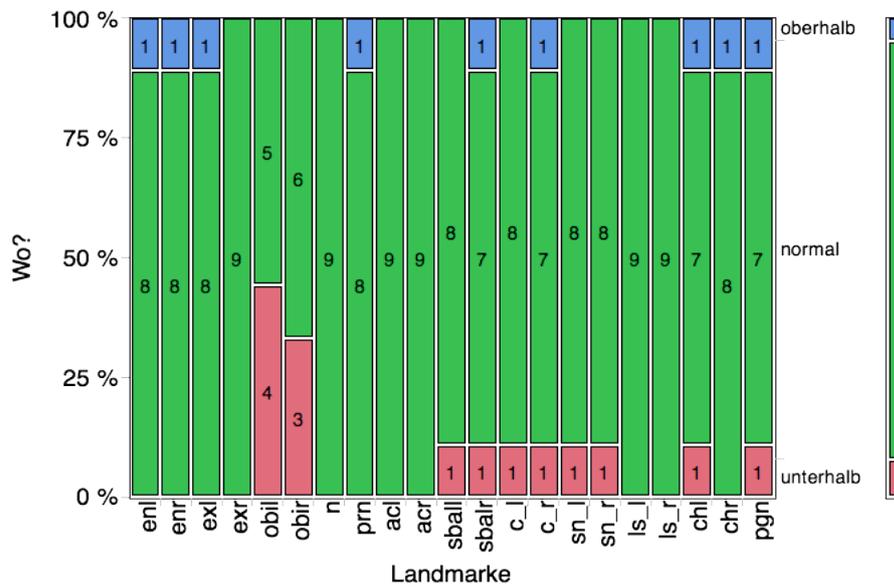


**Abb. 3-64 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**

## Ergebnisse



**Abb. 3-65 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**



**Abb. 3-66 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (\*= signifikant)**

## 4 Diskussion

### 4.1 Dreidimensionale Analyse

In der Diagnostik, Therapieplanung und Verlaufskontrolle bei Spaltpatienten sind bildgebende Verfahren notwendig. Hier haben sich zweidimensionale Fotoaufnahmen und Röntgenbilder etabliert.

Die Fotografie ist die geläufigste Methode für die Dokumentation des Erscheinungsbildes des Patienten. Durch die Anwendung von digitalen Kameras können die Fotoaufnahmen unmittelbar am Computermonitor betrachtet, beurteilt und bearbeitet werden. Diese Methode ist einfach, schnell und kostengünstig. Maßstabsgetreue Messungen können mithilfe einer davor auf dem Objekt angebrachten Referenzmarkierung bekannter Dimension, mit gleicher Entfernung zur Kamera wie die auszumessenden Strukturen, vorgenommen werden. Auch können mithilfe eines Fotobearbeitungsprogrammes Operations-Simulationen (zum Beispiel Drehung oder Verschiebung einzelner Sektionen) durchgeführt werden. Trotz des Versuchs von standardisierten Aufnahmen bestehen zwischen Fotos zu verschiedenen Zeitpunkten oder von verschiedenen Patienten jedoch oft feine Unterschiede in der Orientierung, Beleuchtung und dem Abstand des Gesichtes, die einen direkten Vergleich erschweren [35].

Bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist auch das Fernröntgenseitbild ein wichtiges Darstellungsmittel, welches Messungen in der Sagittalen und Vertikalen ermöglicht. Es ist einfach und schnell durchzuführen. Bei der FRS-Analyse können neben dem Weichgewebe auch der darunterliegende Knochen beurteilt und Wachstumsvorhersagen getroffen werden. Neben der Strahlenbelastung schränkt jedoch auch die Ungenauigkeit des Bildes die Anwendung ein. Durch Verzerrung und Überlagerung von Strukturen, was eine genaue Landmarkenidentifikation, gerade auch zwischen unterschiedlichen Untersuchern, erschwert, sowie durch eine unterschiedliche Orientierung des Kopfes können anthropometrische Messungen verfälscht werden [59].

Die Computertomographie ist aufgrund der hohen Strahlenexposition und die Magnetresonanztomographie aufgrund des zeitlichen und finanziellen Aufwands nur bei speziellen Fragestellungen bei Kindern mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten durchzuführen.

In den letzten Jahren wurden vermehrt Systeme zur dreidimensionalen Oberflächendarstellung hinzugezogen, was sich in den publizierten Studien zeigt: In der Literaturübersicht für den Zeitraum von Januar 1966 bis Juni 2003 von Al-Omari et al. wurden bei 8 von 40 Studien dreidimensionale Systeme verwendet [60]. Die restlichen Untersuchungsmethoden verteilten sich auf direkte klinische Untersuchung von Patienten oder deren Gipsmodellen mit anthropometrischen Messungen und zweidimensionale Medien wie Fotografien (konventionell oder digital, subjektive oder objektive Messungen, verschiedene Ansichten des Gesichts) und Videoaufnahmen. Durch die große Varianz in Untersuchungstyp und -anzahl, Bewertungsmethode und zu bewertendes Areal des Gesichts war es schwierig, ein zusammenfassendes Ergebnis zu erhalten. Es wurde jedoch empfohlen, eine international einheitliche und objektive Methode für die Untersuchung von Spaltpatienten zu entwickeln, speziell für die Zusammenarbeit zwischen Spaltzentren und den Vergleich der Behandlungsergebnisse, und dass allgemein dreidimensionale Systeme vor zweidimensionalen den Vorrang haben sollten.

Trotz dreidimensionaler Bildaufnahme wurden von vielen Arbeitsgruppen nur, wie schon mittels direkter Anthropometrie, lineare Strecken, Winkel und/ oder Verhältnisse gemessen [48, 61]. Hierdurch geht einerseits die räumliche Information verloren, andererseits macht dies auch ein Vergleich untereinander wegen fehlender Bezugsebenen unmöglich.

In der aktuelleren Literaturübersicht von Mosmuller et al. für den Zeitraum von Juni 2003 bis Juli 2011 wurden dagegen schon in 15 von 40 Studien dreidimensionale Systeme für die Untersuchung von spaltbedingten Deformitäten benutzt [62]. Sie unterteilten sich in optische Sensoren, Laser-Scanning und Stereophotogrammetrie. Die restlichen 25 Studien verwendeten zweidimensionale Fotografien, von denen 14 mithilfe eines Punktesystems subjektiv bewertet und 11 anthropometrisch vermessen wurden. Das Punktesystem wurde hierbei

als einfache und für die tägliche Praxis geeignete Methode angesehen, da die Patienten während ihrer Behandlung routinemäßig fotografiert werden. Die Autoren kamen dennoch zu demselben Schluss wie Al-Omari et al.: Trotz der Nachteile wie den hohen Kosten und nicht einfacher Durchführbarkeit, sollten dreidimensionale Bilder eher als zweidimensionale für die Untersuchung von Spaltpatienten verwendet werden. Sie merkten an, dass diese Systeme die zuverlässigste und genaueste Methode für die Beurteilung von spaltbedingten Deformitäten seien. Außerdem würden die Kosten in den nächsten Jahren rückläufig sein.

In allen Studien wurde für die Beurteilung des Erscheinungsbildes die Symmetrie des Gesichts gemessen. Außerdem wurden die verwendeten Landmarken (zwischen 15 und 50) wie in der hier vorgelegten Studie anlehnend an Farkas [29] ausgewählt.

Die Ausrichtung der Scans zueinander erfolgte bei der hier vorliegenden Studie durch Translation und Rotation an bestimmten Punkten. Als geeignet hierfür wurden von Krimmel et al. die Landmarken Exocanthion, Endocanthion und Otobasion inferius gesehen [63].

Für die Festlegung des Koordinatensystems gibt es in der Literatur verschiedene Ansätze. Während von Toma et al. der Mittelpunkt der Strecke Endocanthion-Endocanthion als Nullpunkt des Koordinatensystems definiert wurde [64], wird in der vorliegenden Studie wie bei Ras et al. und Krimmel et al. der Mittelpunkt der Strecke Exocanthion-Exocanthion verwendet [63, 65]. Schon früh wurde auf die geringe Asymmetrie der Landmarke Exocanthion hingewiesen [66].

Um einheitliche, einseitige Spaltbildungen aus dem Datensatz von rechts- und linksseitigen Spaltbildungen zu erhalten, ist die Spiegelung der Spaltbildung über eine festgelegte Ebene auf eine Seite nötig.

Bilwatsch et al. definieren ihre Symmetrieebene nach Spiegelung und Ausrichten der Scans durch Einbeziehung aller vorhandenen Punkte im Gesicht durch Teilen der Strecke zwischen dem festgelegten Punkt  $P_i$  im Originalbild und sei-

nem Spiegelpunkt  $P_i'$  [67]. Da so jedoch auch Punkte mit starken Asymmetrien (spaltbedingt im nasolabialen Bereich) miteinbezogen werden, scheint dieses Vorgehen zu ungenau zu sein. In der von Ras et al. durchgeführten Studie ergab sich die Ebene senkrecht zur Strecke Exocanthion-Exocanthion durch ihren Mittelpunkt als die zuverlässigste Referenzebene, da diese Landmarken die geringste Asymmetrie aufwiesen [68]. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit diese Symmetrieebene für die Spiegelung der einseitigen Spaltbildungen gewählt.

### **4.2 Kontrollgruppe der gesunden Kinder**

Für die Analyse von spaltbedingten Deformitäten und abnormen Wachstumsmustern benötigt man den Vergleich mit gesunden Kontrollpersonen.

In der Literatur wurden Normdaten gesunder Kinder in verschiedenen Ländern erhoben. Hier zeigt sich, dass große Unterschiede in der Gesichtsmorphologie zwischen Menschen verschiedener ethnischer Gruppen bestehen. Von Hajnis et al. wurden auch Unterschiede innerhalb der kaukasischen Gruppe von Nordamerikanern, Tschechen und Deutschen festgestellt [69]. Daher sollte die Herkunft der Patienten- und der Kontrollgruppe übereinstimmen.

Bei Analysen der Gesichtsmorphologie von gesunden Kindern durch dreidimensionale Oberflächendarstellung wurden verschiedene Beobachtungen gemacht:

Bei einer Analyse des Gesichtswachstums von japanischen Kindern im Alter von 4 Monaten bis 3,5 Jahren ergaben sich geringe Geschlechtsunterschiede. Erst bei den Erwachsenen waren deutliche Unterschiede erkennbar, außerdem war bei den Kindern das obere Gesichtsdrittel ca. um 70-80% größer als bei den Erwachsenen [70].

In einer weiteren Studie aus Japan wurden die mittels Laserscanning erfassten Oberflächen des Philtrums und der Nasenlöcher von Mädchen und Jungen im Alter von 5 bis 6 Jahren verglichen. Hierbei zeigte sich bei den Jungen eine

größere Breite des Mundes und der Nase. Außerdem wurden bei 22-27% der Kinder herzförmige Nasenlöcher festgestellt, wie sie bei Spaltpatienten üblich sind [58].

Im Vergleich von 608 männlichen und 750 weiblichen norditalienischen Probanden im Alter von 6 bis 32 Jahren wurde festgestellt, dass sich das Mittelgesichtswachstum bei Jungen und Mädchen bis zu einem Alter von 13 Jahren kaum unterscheidet und erst danach für die Jungen größer wird. Das untere Gesichtsdrittel sei bei den Jungen jedoch schon ab dem untersuchten Alter von 6 Jahren größer als bei den Mädchen. Die dreidimensionalen Bilder wurden hierfür mittels eines optischen Scanners aufgenommen und die 22 Landmarken mithilfe von reflektierenden Markern angebracht [71].

In einer Studie aus den Vereinigten Staaten wurden 72 gesunde Kinder und drei Kinder mit kraniofazialen Anomalien mittels Laser-Scanning aufgenommen. Die nicht betroffenen Kinder unterteilten sich in 42 Jungen und 30 Mädchen mit einem mittleren Alter von 11,8 Jahren. Nach Generierung eines Durchschnittsgesichts für jedes Geschlecht wurden durch Überlagerung der Scans Unterschiede zueinander sowie zu den Patientenscans ermittelt. Der größte Unterschied bei den gesunden Kindern bestand hier in einer größeren Entwicklung im Bereich des Jochbogens und des Unterkiefers bei den Jungen [72].

Auch bei englischen Kindern im Alter von 5 bis 10 Jahren wurden nach Bildaufnahme durch einen optischen Scanner Durchschnittsgesichter für jedes Alter und Geschlecht generiert und miteinander verglichen. Außerdem wurden wie in der hier vorliegenden Studie Wachstumskurven berechnet. Bei den Jungen war das Gesicht generell größer, das Kinn stellte sich anfangs prominenter dar, glich sich dann jedoch an die Werte der Mädchen an [73].

Dagegen stellte sich bei einer anderen Studie an 80 englischen Kindern im Alter von 8 bis 12 Jahren das Kinn der Mädchen prominenter dar. Hier wurden die Gesichter mittels Stereophotogrammetrie aufgenommen und mit 39 Landmarken versehen. Insgesamt bestanden jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Landmarkenposition und den Verhältnissen und Winkelmessungen. Nur die linearen Messungen und somit die Gesichtsgröße der Mädchen und Jungen war signifikant unterschiedlich [74].

Von Toma et al. wurde die größte Anzahl an Normdaten, ebenfalls in Großbritannien, erhoben. Hier wurden von 4747 Kindern im Alter von 15,5 Jahren Bilder mittels Laserscanning aufgenommen und analysiert. Am meisten Variation zeigte sich bei der Landmarke Pogonion am Kinn, am wenigsten bei den Landmarken am medialen Lidwinkel und am Nasenflügel [64].

In der vorliegenden Studie unterscheiden sich die Jungen und Mädchen signifikant voneinander, daher wurde die Auswertung geschlechtsspezifisch vorgenommen. Über die gesamte Altersspanne zeigte sich bei beiden Geschlechtern ein lineares Wachstum aller Landmarken.

Bei den Mädchen zeigen Otobasion inferius und Nasion ein größeres Sagittal- und Pronasale ein größeres Vertikalwachstum als bei den Jungen. Die anderen Punkte an der Nase unterscheiden sich in sagittaler Richtung kaum, in transversaler und vertikaler Richtung wachsen sie bei den Mädchen tendenziell schneller als bei den Jungen. Die Punkte an den Augen zeigen ein unterschiedliches Wachstumsverhalten ohne eindeutige Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Nur der Punkt Exocanthion wächst in vertikaler Richtung bei den Mädchen mit einer Rate von 0,62 mm/a deutlich schneller als bei den Jungen. Die Lippenmarker zeigen bei beiden Geschlechtern in allen Richtungen ähnliche Wachstumsraten. Gegensätzliches Verhalten zeigt sich für den Punkt Pogonion in vertikaler Richtung. Die Wachstumsrate dieser Landmarke ist bei den Jungen um 0,52 mm/a deutlich höher als bei den Mädchen. Dies steht in Übereinstimmung mit der Studie an durchschnittlich 11,8 Jahre alten Kindern von Kau et al.

Gegenüber der Wachstumsanalyse von englischen Kindern zeigen sich insgesamt geringere Wachstumsraten pro Jahr. Dies kann auf das höhere Alter (6-12 Jahre gegenüber 5-10 Jahre) zurückzuführen sein. Während für die Landmarken an der Nase bei Mädchen und Jungen in allen Dimensionen nur Höchstwerte von bis zu 0,9 mm/a festgestellt wurden, werden bei Nute et al 1-3 mm/a beschrieben. Die Landmarken an der Nasenflügelbasis zeigen hier Wachstumsraten von 0,08 mm/a bei Jungen und 0,16 mm/a bei Mädchen, bei der Studie von Nute et al. sogar von ca. 1 mm/a. Die Autoren weisen dabei aber auch auf

die lange Scan-Zeit als Ursache hin, welche eine Verbreiterung der Nasenflügelmarker durch das Atmen ermöglicht.

### **4.3 Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte**

Patienten mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte unterscheiden sich vor allem in transversaler Richtung von den gesunden Kontrollpersonen. Bei den männlichen Patienten zeigen fünf Landmarken, bei den weiblichen zwei Landmarken signifikante Abweichungen.

Die in unmittelbarer Nähe zur Spalte liegenden Landmarken Subalare und Labiale superius links (sball und ls\_) liegen sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen signifikant weiter lateral. Eine Lateralversetzung von spaltseitigen und -nahen Landmarken wurde auch bei der Gesichtsanalyse von 0 bis 6-jährigen Kindern von Krimmel et al. festgestellt [75]. In der Studie von Ayoub et al. wurde an der spaltseitigen Lippen spitze eine ähnliche Beobachtung gemacht. An der Nasenbasis gab es jedoch, im Gegensatz zu Patienten mit LKG-Spalte, keine signifikanten Abweichungen [76]. Allgemein unterschiedliche Lippenmorphologie gegenüber Gesunden wurde bei der Untersuchung von Tanikawa et al. festgestellt [77].

Die Landmarken Subnasale links und rechts zeigen bei den männlichen Patienten signifikante, bei den weiblichen Patienten nur tendenzielle Abweichungen nach rechts, auf die Nicht-Spaltseite. Die spaltbedingte Aufweitung des spaltseitigen Naseneingangs betrifft also nicht nur die Versetzung der Nasenflügelbasis nach lateral sondern auch eine Versetzung des Nasenstegs. Eine solche Versetzung des Nasenstegs bei einseitigen Spaltbildungen mit Beteiligung der Lippe beobachteten auch Bugaighis et al. [78] und Bell et al. [79].

Es wurde keine Abweichung der schädelbasisnahen Landmarken (ex, en, obi) gefunden. Auch von der Arbeitsgruppe um Duffy et al. wurden bei diesen Gesichtsbereichen kaum Unterschiede zur Kontrollgruppe beobachtet. Sie schlussfolgerten, dass bei weniger starker Ausprägung der Spaltbildung weniger Deformation im gesamten Gesicht, also in den spaltfernen Bereichen, fest-

zustellen ist [48]. Dies steht im Widerspruch zu der Analyse von 0 bis 6-jährigen Kindern, bei der eine tendenzielle Verbreiterung des Schädels (obi-obi) und des Augenabstandes (ex-ex, en-en) festgestellt wurde [75].

Interessant ist auch die zwar nur bei den Jungen signifikante, bei den Mädchen aber ebenfalls auftretende Abweichung des Nasenspitzenpunktes Pronasale auf die Nicht-Spaltseite.

In sagittaler Richtung unterscheiden sich weder die Mädchen noch die Jungen von den gesunden Kontrollpersonen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen für Patienten bis zu einem Alter von 6 Jahren [75].

Bei der vertikalen Analyse fällt bei beiden Patientengruppen eine signifikant weiter kranial liegende Position des Punktes Alare curvature rechts (acr) und eine weiter kaudal liegende Position des Punktes Columella links (c\_l) auf (nur bei den Mädchen signifikant). Auch bei der Untersuchung von Krimmel et al. wurde eine tendenzielle Überentwicklung der spaltseitigen Landmarken sbal, ac, c und sn nach kaudal beobachtet [75].

#### **4.4 Unilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte**

Bei Mädchen und Jungen mit durchgehender Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte bestehen aufgrund der größeren Anomalie wegen Beteiligung des Gaumens noch ausgeprägtere Deformationen, was durch signifikante Abweichung von einigen Landmarken deutlich wird. In der Literatur zeigt sich, dass Patienten mit durchgehender Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte stärker betroffen sind als Patienten mit bloßer Beteiligung der Lippe [76, 78-80].

Durch die auf einer Gesichtsseite liegende Spaltbildung und damit nicht mittig liegender Wiedervereinigung des M. orbicularis oris wird die gesamte Nasen- und Lippenmorphologie beeinflusst. Die spaltseitigen Punkte am labialen Ansatzpunkt des Nasenflügels (sball) und an der Lippen spitze (ls\_l) weichen bei betroffenen Mädchen und Jungen wie bei den Patienten mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte nach lateral ab. Dies wurde auch bei den Studien von Ayoub

et al. und Krimmel et al. beobachtet [63, 76], die signifikante Lateralversetzung des Punktes sball zeigte sich auch bei der Studie von Zreaqat et al. [81]. Die spaltseitigen Punkte Columella (c\_l) und Subnasale (snl) weichen zur Mitte hin ab, der Punkt Columella auf der rechten Seite weicht dagegen wiederum nach lateral ab. Eine gleichartige Abweichung des Nasenstegs auf die Nicht-Spaltseite wurde bei mehreren Studien beobachtet [67, 78, 82].

Gleich wie bei den Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte weicht der Nasenspitzenpunkt (prn) auf die Nicht-Spaltseite ab. Diese Abweichungen sind bei den Jungen, wahrscheinlich aufgrund der höheren Patientenzahl, signifikanter als bei den Mädchen.

Die Deviation des Punktes Pronasale wurde schon von Bilwatsch et al. beschrieben [67]. Auch bei der Untersuchung von Yamada et al. wurde die klinische Beobachtung einer Abweichung der Nase auf die Nicht-Spaltseite und asymmetrischen Nasenlöchern bestätigt [70].

Inwieweit die spaltfernen Landmarken von der Asymmetrie betroffen sind, wird in verschiedenen Studien widersprüchlich dargestellt. Bei einer Analyse von präoperativen Scans von Nakamura et al. fiel im Bereich der Augen ein Hyperтелorismus auf [83]. Dies zeigt sich auch noch für operierte Kinder bis zu einem Alter von 6 Jahren [63]. Hood et al. beobachteten bei unoperierten Kindern ebenfalls eine vergrößerte interkanthale Breite, die sie mit einem größeren Abstand des spaltseitigen Punktes Endocanthion zu Nasion erklären [84]. Bei Duffy et al. wurde wiederum ein geringerer Abstand beobachtet. Sie weisen darauf hin, dass diese Beobachtungen jedoch nicht als verringerte interkanthale Breite interpretiert werden sollte, da keine anderen orbitalen Punkte Abweichungen zeigen [48]. Eine (nicht signifikante) schmalere biokulare und interkanthale Breite zeigt sich bei Zreaqat et al. [81]. In dieser Studie wurden bei den männlichen Patienten eine signifikante Lateralposition der Landmarke Endocanthion links beobachtet. Dies zeigt jedoch, anlehnend an die Studie von Duffy et al., nicht unbedingt einen vergrößerten interkanthalen Abstand, da sowohl der Punkt auf der anderen Seite als auch die Landmarke Exocanthion beidseits normale Messwerte zeigen.

Die Nasenwurzel (n) liegt bei den betroffenen Jungen signifikant weiter vorne als bei der Kontrollgruppe. Die Landmarken Subalare und Columella links (sball und c\_l) zeigen bei beiden Patientengruppen und zusätzlich Subnasale beidseits (sn\_l und sn\_r) bei den männlichen Patienten eine geringere Sagittalentwicklung als bei den gesunden Kontrollpersonen. Eine retrudierte Position der spaltseitigen Nasenflügelbasis findet sich ebenfalls bei Nakamura et al. [83]. Auch bei der Untersuchung der Patientin mit LKG-Spalte von Kau et al. wurde ein asymmetrisches Entwicklungsdefizit im Bereich des Mittelgesichts festgestellt [72].

Beim vertikalen Gesichtsaufbau unterscheiden sich einige Punkte an der Nase von den Kontrollpersonen. Die Landmarken acr und sball stehen bei beiden Geschlechtern signifikant weiter kranial, die Landmarke acl nur bei den Jungen. Die Landmarke c\_l unterscheidet sich bei den männlichen Patienten mit signifikanter Kaudallage von den Gesunden, jedoch nur unwesentlich von den weiblichen Patienten. Dies stellt sich ähnlich zu der Entwicklung bei Patienten mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte dar. Bilwatsch et al. geben dagegen nur eine weiter kaudal liegende Position des spaltseitigen Punktes an der Lippenspitze an [67].

### **4.5 Bilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte**

Bei den Patienten mit bilateraler LKG-Spalte zeigt sich vor allem eine transversale Verbreiterung im Bereich des Mittelgesichts. Der Nase kommt als prominentes Merkmal im Bereich des Gesichtes, bei der schon geringfügige Veränderungen auffallen, besondere Beachtung zu.

In transversaler Richtung liegen bei den Jungen die Landmarken an Nasenflügelbasis (sbal), seitlichem Nasenflügelansatz an der Wange (ac) und Lippenspitze (ls) auf beiden Seiten deutlich weiter lateral. Hierbei zeigen die Punkte an der Nase auf der linken Seite eine etwas größere Lateralversetzung als auf der rechten Seite. Bei den Mädchen ist dies ähnlich, signifikant ist der Wert jedoch

nur für den Punkt am labialen Ansatzpunkt der Nasenflügelbasis (sbal). Dies steht in Übereinstimmung mit der Analyse von Patienten von 0 bis 6 Jahren, bei der die Landmarken sbal, ac und ls ebenfalls eine signifikante Lateralposition zeigen [63]. Eine signifikant vergrößerte Nasenbreite wurde auch bei den indirekten, dreidimensionalen Studien von Duffy et al. an 8 bis 11-jährigen Kindern und von Bugaighis et al. an 8 bis 12-jährigen Kindern beobachtet [48, 78].

Im Bereich der Augen konnten keinerlei Abweichungen nachgewiesen werden. Die vorhandenen publizierten Studien zeigen in Bezug auf die Augenregion unterschiedliche Ergebnisse. Während von Krimmel et al., wie schon bei Studien von Farkas [33], signifikant gehäuft ein Hypertelorismus festgestellt wurde, wurde von Duffy et al. wiederum eine schmalere interkanthale Breite beobachtet [48, 63].

In sagittaler Richtung liegen die schädelbasisnahen Punkte eher weiter anterior, was sich bei den Jungen signifikant für den Punkt Endocanthion rechts (enr) zeigt. Bei den Mädchen zeigt Nasion die größte, jedoch nicht signifikante, Abweichung nach anterior. Diese Beobachtung machten auch Krimmel et al. bei jüngeren Kindern [63]. Die restlichen Punkte liegen bei den Patienten gegenüber dem Normkollektiv eher weiter posterior. Dies zeigt sich bei den Jungen signifikant für die Punkte Columella und Labiale superius rechts (c\_r und ls\_r), bei den Mädchen für den Punkt Subalare rechts (sbalr). Dabei unterscheiden sich die Punkte jeweils nur gering von der Gegenseite. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von Krimmel et al. gemacht [63]. Da diese Landmarken im nasolabialen Bereich liegen, deutet das Defizit in der Sagittalentwicklung auf die schon von Farkas beschriebene Pseudoprogenie hin. Auch bei der Analyse von Bugaighis et al. war der Bereich von Oberlippe und Nasendom in sagittaler Richtung signifikant weniger entwickelt [78].

Die Nasenspitze zeigt keine signifikanten Abweichungen. Dies steht im Widerspruch zu direkten Messungen von Farkas et al., bei denen eine geringere Nasenspitzenprojektion beobachtet wurde [85].

Der vertikale Gesichtsaufbau unterscheidet sich für mehrere Landmarken. Oto-

basion inferius beidseitig (obi) und Columella links (c\_l) liegen bei den Jungen signifikant weiter kaudal, die Landmarken Alare curvature und Cheilion beidseitig (ac und ch) sowie Subalare links (sball) dagegen weiter kranial. Auch die Landmarken Columella und Subalare der Gegenseite (c\_r und sbalr) zeigen eine ähnliche Tendenz wie ihre gegenüberliegenden Punkte. Krimmel et al. geben den Tiefstand der Landmarke Columella als Ursache für den „Eindruck einer abgerundeten Nasenspitze“ trotz normaler Sagittalentwicklung der Landmarke Pronasale an [63]. Bei den Mädchen zeigen die Landmarken Alare curvature rechts (acr), Labiale superius und Subalare links (ls\_l und sball) signifikante Abweichungen mit einer geringeren Kaudalentwicklung gegenüber Gesunden, wobei die Landmarken der jeweiligen Gegenseite wieder ähnliche Messwerte zeigen.

Durch den Hochstand der Lippenmarker entsteht der Eindruck einer verkürzten Oberlippe. Dies steht im Widerspruch zu der Studie von Duffy et al., bei der für die Strecke von labialem Ansatzpunkt des Nasenflügels zur Lippen spitze signifikant größere Messwerte beobachtet wurden [48]. Von der Arbeitsgruppe um Ayoub et al. wurden keine Unterschiede in der Lippenlänge gefunden [76].

### **4.6 Gaumenspalte**

Die Gesichtsmorphologie bei isolierter Gaumenspalte wurde in einigen Studien zusammen mit anderen Spaltbildungen analysiert. Da die Gesichtssymmetrie meist nicht beeinträchtigt ist, zeigt diese Gruppe am meisten Ähnlichkeit mit der Kontrollgruppe [78, 86].

Bei der Analyse von Patienten im Alter von 6 bis 12 Jahren wurden weder bei den Mädchen noch bei den Jungen signifikante Unterschiede zum Normkollektiv gefunden. In transversaler Richtung wurden auch bei Duffy et al. und Krimmel et al. keine Auffälligkeiten beobachtet [48, 63]. Bei der direkten anthropometrischen Analyse von Farkas et al. wurde dagegen eine schmalere Nasen- und Lippenbreite festgestellt [31].

In sagittaler Richtung scheint bei unoperierten Patienten mit Gaumenspalte eine retrudierte Mandibula vorzuherrschen [87]. Auch bei der Untersuchung von Krimmel et al. von Kindern im Alter von 0 bis 6 Jahren wurde eine anfängliche Rücklage des Unterkiefers festgestellt. Diese scheint sich jedoch ab einem Alter von ca. 4 Jahren durch aufholendes Wachstum zu normalisieren [63]. Diese Beobachtungen stimmen mit der hier vorliegenden Untersuchung überein, da in der untersuchten Altersgruppe von 6 bis 12 Jahren keine Abweichungen des Kinnpunktes Pogonion in sagittaler Richtung gefunden werden konnten.

Bei anderen Studien wird dagegen kein aufholendes Wachstum des Unterkiefers beobachtet und bei ähnlicher Altersspanne eine retrudierte Mandibula festgestellt [78, 82]. Bei der Studie von Krimmel et al. wurde zusätzlich eine diskrete Hemmung des Sagittalwachstums des Oberkiefers festgestellt [63], was sich bei der hier untersuchten Altersgruppe nicht bestätigen lässt.

In vertikaler Richtung sind in dieser Studie ebenfalls keine Abweichungen von der Norm erkennbar. Dagegen wurde bei der direkten Vermessung erwachsener Patienten von Farkas et al. ein längeres unteres Gesichtsdrittel festgestellt [31].

### **4.7 Pierre-Robin-Sequenz mit Gaumenspalte**

Analysen des Gesichtswachstums von Kindern mit Pierre-Robin-Sequenz sind im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Spaltbildungen eher selten. Bei den meisten werden die Unterschiede zwischen isolierter Gaumenspalte und Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz untersucht.

Während bei Kindern mit PRS bei Geburt eine Mikro- oder Retrogenie besteht [22], herrscht Uneinigkeit über das weitere Verhalten des Unterkiefers während des Wachstums.

Von Hermann et al. und Eriksen et al. wurden mittels Fernröntgenanalyse bei zwei und 22 Monate alten Kindern eine verkürzte Mandibula, bei PRS signifikanter als bei GS, beobachtet [88, 89]. Ebenfalls mittels Kephalometrie beobachteten Daskalogiannakis et al. für Kinder mit PRS zu drei Zeitpunkten

(durchschnittlich mit 5,7, 10,6 und 17 Jahren) eine sagittal konstant kürzere Mandibula gegenüber Kindern mit Gaumenspalte [90]. Auch bei der Studie von Ozawa et al. wurden an digitalen Profildigitalisierungen von 5 bis 10-jährigen Kindern gegenüber der gesunden Kontrollgruppe ein konvexeres Profil durch ein weiter posterior liegendes Unterkiefer festgestellt [91]. Bei den kephalometrischen Untersuchungen von Figueroa et al. und Pruzansky und Richmond wurde jedoch ein aufgehendes Wachstum des retrognathen Unterkiefers beobachtet [92, 93]. Letzteres lässt sich durch die hier vorgelegte Studie bestätigen.

Bei der untersuchten Altersgruppe von 6 bis 12 Jahren sind bei den männlichen Patienten keine signifikanten Auffälligkeiten in transversaler, sagittaler oder vertikaler Richtung zu beobachten. Bei den weiblichen Patienten weicht nur die Landmarke Endocanthion von der Norm ab und liegt sagittal signifikant weiter anterior.

Dreidimensionale Oberflächenanalysen wurden bisher nur von Krimmel et al. durchgeführt [94]. Hier wurde bei den Kindern bis zu einem Alter von 6 Jahren neben der Retrogenie eine Mittelgesichtshypoplasie festgestellt. Dies äußerte sich durch eine sagittale Unterentwicklung der Landmarken an Oberlippe, Nasenflügel und Nasenspitze. Ein zurückliegender Unter- sowie Oberkiefer wurde auch schon bei der kephalometrischen Studie von Hermann et al. und bei der Studie von Shen et al. beobachtet [88, 95]. In der hier vorgelegten Studie sind in diesem Bereich keine Auffälligkeiten zu sehen.

### **4.8 Schlussfolgerung**

Bis zum heutigen Tage sind Fotoaufnahmen und Röntgenbilder noch die geläufigsten Untersuchungsmethoden in der Behandlung von Spaltpatienten. In den letzten Jahrzehnten haben dreidimensionale Systeme zur Oberflächenerfassung jedoch immer mehr an Bedeutung gewonnen. Das hier verwendete System ermöglichte Messungen im Submillimeterbereich und dadurch eine genaue

Analyse und einen dreidimensionalen Vergleich der Gesichtsmorphologie von gesunden Kindern und Kindern mit Spaltbildungen.

Das Gesichtswachstum von gesunden Kindern im Alter von 6 bis 12 Jahren ist linear. Verschiedene Punkte im Gesicht zeigen bei Jungen und Mädchen dabei unterschiedliche Wachstumsraten. Die vertikale Entwicklung des Gesichts, ausgedrückt durch den Kinnpunkt Pogonion, ist bei den Jungen deutlicher als bei den Mädchen. Für die Landmarken am Ohrläppchen und der Nasenwurzel in sagittaler Richtung und der Landmarke am äußeren Augenwinkel in vertikaler Richtung zeigt sich wiederum bei den Mädchen mehr Wachstum pro Jahr. Auch die Nasenmarker haben in transversaler und vertikaler Richtung bei den Mädchen größere Wachstumsraten.

Die Gesichtsmorphologie bei Kindern mit Gaumenspalte und Kindern mit Pierre-Robin-Sequenz und Gaumenspalte ist sehr ähnlich. Beide Gruppen zeigen kaum Unterschiede zu gesunden Kontrollpersonen. Wahrscheinlich wird die anfängliche Rücklage des Unterkiefers durch aufholendes Wachstum der Norm angenähert. Der Zeitpunkt und die Reihenfolge der durchgeführten Behandlungen kann damit als richtig betrachtet werden.

Bei einer Spaltbildung in der Lippe oder zusätzlich im Kiefer kommt es zu transversalen Abweichungen der Punkte Subalare und Labiale superius auf der Spaltseite nach lateral und des Punktes Subnasale auf die Nicht-Spaltseite. Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei anderen Studien gemacht. Dies kann auf eine nicht ausreichende Einstellung dieser Punkte bei der Lippen-spaltplastik zurückzuführen sein. Durch eine Annäherung der spaltseitigen Lippenspitze weiter nach medial könnte eine Verbesserung erzielt werden. Die Abweichung der Nasenspitze scheint ein Resultat der abweichenden Nasenbasis und insbesondere des Nasenstegs zu sein und kann damit nicht primär beeinflusst werden. Die vertikalen Abweichungen der Punkte Alare curvature rechts nach kranial und Columella links nach kaudal könnten ebenfalls ein Resultat des abweichenden Nasenstegs sein.

Patienten mit durchgehender Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte haben eine ähnliche Gesichtsmorphologie wie Patienten mit Lippen-/Lippen-Kiefer-Spalte, insgesamt zeigen jedoch noch mehr Landmarken Abweichungen von der Norm.

Die transversalen und vertikalen Abweichungen stimmen größtenteils mit denen bei Kindern mit LK-Spalte überein. Sagittale Abweichungen mehrerer Landmarken im Mittelgesicht können auf die zusätzliche Beteiligung des Gaumens zurückzuführen sein.

Bei Kindern mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte besteht eine transversale Verbreiterung durch Abweichung der spaltnahen Punkte nach lateral. Grund hierfür kann eine unzureichende Medialisierung der Punkte an Lippen spitze und Nasenbasis bei der Lippenspaltplastik sein. Die vertikale Unterentwicklung von Punkten an Lippe und lateralem Rand der Nasenflügel kann auf den fehlpositionierten und durch die fehlende funktionsfähige Muskulatur unterentwickelten Zwischenkiefer zurückzuführen sein. Hierdurch kommt es zu der für Patienten mit bilateraler LKG-Spalte typischen verkürzten Oberlippe und den sichtbar vergrößerten Naseneingängen.

## **5 Zusammenfassung**

Durch das Wachstum unterliegt das Gesicht von Spaltpatienten fortdauernden Veränderungen. Eine Bewertung direkt nach Spaltverschluss ist daher unzureichend. Durch die Möglichkeit von verbessernden Operationen oder logopädischen/kieferorthopädischen Behandlungen vor Wachstumsabschluss ist eine ständige Beurteilung des Erscheinungsbildes eines Patienten durch eine interdisziplinäre Sprechstunde von Nöten.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war zunächst die Analyse des Gesichtswachstums von gesunden Kindern durch dreidimensionale Oberflächenerfassung. Im Vergleich dazu sollten die Besonderheiten der verschiedenen Spaltarten alters- und geschlechtskorreliert deutlich gemacht werden.

In die Studie wurden 92 Patienten zwischen 6 und 12 Jahren mit verschiedenen Spaltbildungen im Bereich des Gesichtes aufgenommen. Sie ließen sich in 5 Gruppen unterteilen: unilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (27 Patienten), bilaterale Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (17 Patienten), Lippen- und Lippen-

Kiefer-Spalten (19 Patienten), Gaumenspalte (16 Patienten) und Gaumenspalte bei Pierre-Robin-Sequenz (13 Patienten).

Es erfolgten Oberflächenscans mittels 3D-Stereophotogrammetrie mit dem System Vectra-CR 3D.

Als Kontrollgruppe dienten Patienten im Alter von 6-12 Jahren, deren 3D-Scans von Herrn Dipl. Phys. E. Schaupp und Frau Prof. Dr. M. Berneburg, Abteilung für Kieferorthopädie Tübingen, zur Verfügung gestellt wurden. Diese durch einen Breuckmann-Scanner aufgenommenen Ansichten wurden zunächst auf Qualität der Aufnahme überprüft. Der endgültige Datensatz bestand aus 245 Kindern.

Für die Messungen wurden die medianen Landmarken Nasion, Pronasale und Pogonion und die paarigen Landmarken Exocanthion, Endocanthion, Otobasion inferius, Alare curvature, Subalare, Subnasale, Columella, Lippen spitze und Cheilion anlehnend an die von Farkas verwendeten Punkte ausgewählt.

Diese wurden nach Import der Scans in das Programm MeshLab auf der Gesichtsoberfläche jedes Patienten und der Kontrollpersonen gesetzt. Die Scans der Kontrollpersonen setzten sich dabei aus drei Einzelbildern zusammen, welche zuerst mittels Landmarkensetzung auf jedem der drei Scans und anschließender Feinregistrierung zusammengefügt wurden.

Bei einseitigen Spaltbildungen erfolgte eine Spiegelung der rechtsseitigen Spaltbildungen auf die linke Gesichtsseite. Über die Punkte Exocanthion, Endocanthion und Otobasion inferius wurden die einzelnen Scans miteinander in Korrespondenz gebracht und in ein gemeinsames Koordinatensystem eingefügt.

Nach Import der 3D-Koordinaten jeder Landmarke in das Statistikprogramm JMP wurde nach Berechnung von Wachstumskurven die Morphologie der Kinder mit den verschiedenen Spaltbildungen mit den alters- und geschlechtskorrelierten Kontrolldaten verglichen.

Für die gesunden Kinder ergaben sich für alle Landmarken lineare Wachstumskurven, mit signifikanten Unterschieden zwischen den Geschlechtern. Während das Wachstum des Kinnpunktes kaudal bei den Jungen höher ist, zeigt eine größere Anzahl an Landmarken bei den Mädchen höhere Wachstumsraten als bei den Jungen.

Kinder mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte zeigten eine transversale Abweichung der Nasenspitze auf die Nicht-Spaltseite, welche nur für die Jungen signifikant war. Bei beiden Geschlechtern wurde eine signifikante Lateralversetzung der spaltseitigen und in direkter Beziehung zur Spalte stehenden Landmarken festgestellt, bei den Jungen außerdem eine signifikante Verschiebung der Landmarke Subnasale auf die Nicht-Spaltseite. Bei beiden Geschlechtern lag gegenüber der Kontrollgruppe die Landmarke am Rand des Nasenflügels rechts signifikant weiter kranial und die Landmarke Columella links signifikant weiter kaudal.

Bei Patienten mit unilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte fielen ähnliche Abweichungen wie bei den Patienten mit Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalte auf: Die spaltseitigen und spaltnahen Marker zeigten eine deutliche Lateralversetzung, die Nasenspitze, bei Jungen deutlicher als bei Mädchen, eine Abweichung auf die Nicht-Spaltseite. Auch der Nasensteg wich deutlich auf die Nicht-Spaltseite ab. Bei den männlichen Patienten befand sich der Punkt Endocanthion links weiter lateral, die restlichen Punkte im Bereich der Augen lagen jedoch im Normbereich, weshalb von einer Interpretation abgesehen wurde. Zwei der spaltseitigen Punkte im Bereich der Nase zeigten im Vergleich zur Norm neben der transversalen Abweichung auch eine sagittale Rücklage. Die Landmarke Columella auf der Spaltseite lag auch hier signifikant weiter kaudal und die Landmarke am Rand des Nasenflügels weiter kranial.

Bei bilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte fiel eine transversal annähernd symmetrische Verbreiterung des Mittelgesichts auf. Bei beiden Geschlechtern lagen einige Landmarken im Bereich der Nase und Oberlippe signifikant weiter lateral. Die schädelbasisnahen Punkte lagen eher weiter vorne, die restlichen Punkte eher weiter hinten im Vergleich zu den Normwerten. In vertikaler Rich-

tung lagen bei den männlichen Patienten die Landmarken an Ohrläppchen und Columella weiter kaudal, an Mundwinkel und Nasenflügel dagegen weiter kranial. Bei den weiblichen Patienten zeigten sich signifikante Abweichungen der Landmarken an Nasenflügel und Lippen spitze nach kranial.

Jungen und Mädchen mit Gaumenspalte zeigten keine signifikanten Abweichungen zur Kontrollgruppe. Es war eine tendenzielle Unterentwicklung der schädelbasisnahen Landmarken in sagittaler Richtung zu erkennen.

Bei den Patienten mit Pierre-Robin-Sequenz ergab sich nur bei den weiblichen Patienten eine signifikant weiter anteriore Lage der Landmarke Endocanthion, die restlichen Punkte entsprachen denen der Kontrollgruppe.

Die dreidimensionale Bildaufnahme mittels des Systems Vectra-CR 3D war bei der untersuchten Altersgruppe einfach durchzuführen und überzeugte bei der anschließenden Analyse durch einen hohen Informationsgehalt. Dies ist für die Evaluation der Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten von großem Nutzen. Die Ergebnisse stimmen zu großen Teilen mit früheren Messungen mittels dreidimensionaler Oberflächendarstellung überein.

## 6 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1-1 Lippenspaltplastik nach Tennison-Randall .....	6
Abb. 1-2 Wellenschnitt nach Pfeifer .....	7
Abb. 1-3 Brückenlappenplastik .....	7
Tab. 2-1 Geschlechterverteilung der gesunden Kinder.....	18
Tab. 1-2 Geschlechterverteilung der untersuchten Diagnosegruppen.....	20
Abb. 2-1 Altersverteilung der weiblichen Personen .....	21
Abb. 2-2 Altersverteilung der männlichen Personen.....	21
Abb. 2-3 VECTRA-CR 3D .....	23
Tab. 2-3 Landmarken.....	25
Abb. 3-1 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	34
Abb. 3-2 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	34
Abb. 3-3 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums der männlichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	35
Abb. 3-4 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	35
Abb. 3-5 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	36
Abb. 3-6 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums der weiblichen Kontrollpersonen farbkodiert für das Alter in Monaten .....	36
Abb. 3-7 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	37
Abb. 3-8 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	38
Abb. 3-9 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	38
Abb. 3-10 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant).....	40
Abb. 3-11 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant).....	40
Abb. 3-12 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant).....	41
Abb. 3-13 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	42

Abb. 3-14	Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	42
Abb. 3-15	Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Lippen- oder Lippen-Kiefer-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	43
Abb. 3-16	Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant) .....	44
Abb. 3-17	Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant).....	45
Abb. 3-18	Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Lippen- und Lippen-Kieferspalte (*= signifikant).....	45
Abb. 3-19	Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	46
Abb. 3-20	Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	47
Abb. 3-21	Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	47
Abb. 3-22	Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	49
Abb. 3-23	Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	50
Abb. 3-24	Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	50
Abb. 3-25	Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	51
Abb. 3-26	Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	52
Abb. 3-27	Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	52

Abb. 3-28 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	54
Abb. 3-29 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	54
Abb. 3-30 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	55
Abb. 3-31 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	56
Abb. 3-32 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	56
Abb. 3-33 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	57
Abb. 3-34 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	59
Abb. 3-35 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	59
Abb. 3-36 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	60
Abb. 3-37 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	61
Abb. 3-38 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	61
Abb. 3-39 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte farbkodiert für das Alter in Monaten.....	62
Abb. 3-40 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	63
Abb. 3-41 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	64

Abb. 3-42 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (*= signifikant).....	64
Abb. 3-43 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	65
Abb. 3-44 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	66
Abb. 3-45 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	66
Abb. 3-46 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant) .....	67
Abb. 3-47 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant) .....	68
Abb. 3-48 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant) .....	68
Abb. 3-49 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	69
Abb. 3-50 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	70
Abb. 3-51 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte farbkodiert für das Alter in Monaten .....	70
Abb. 3-52 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant).....	71
Abb. 3-53 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant) .....	72
Abb. 3-54 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte (*= signifikant) .....	72
Abb. 3-55 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten .....	73
Abb. 3-56 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten .....	74
Abb. 3-57 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten.....	74
Abb. 3-58 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen	

Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	75
Abb. 3-59 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	76
Abb. 3-60 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei männlichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	76
Abb. 3-61 Frontale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten.....	77
Abb. 3-62 Sagittale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten .....	78
Abb. 3-63 Axiale Ansicht des Gesichtswachstums bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz farbkodiert für das Alter in Monaten.....	78
Abb. 3-64 Lage der Landmarken in transversaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	79
Abb. 3-65 Lage der Landmarken in sagittaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	80
Abb. 3-66 Lage der Landmarken in vertikaler Richtung unterhalb, innerhalb oder oberhalb des Normbereichs bei weiblichen Patienten mit Gaumenspalte im Rahmen einer Pierre-Robin-Sequenz (*= signifikant).....	80

## 7 Literaturverzeichnis

1. Neumann, H., *Ätiologie, Genese, Prävention und klinisches Bild der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten*. Andrä, A.: Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten. Ätiologie, Morphologie, Klinik, komplexe Rehabilitation. Leipzig, JA Barth, 1989: p. 15-71.
2. Ideberg, M., *Assessment of 392 cleft lip, alveolus and palates in newborn babies as to forms, seasons and distribution of associated malformations*. What is a cleft lip and palate, 1989: p. 40.
3. Kriens, O., *Incidence, number and sex distribution of the various forms of cleft lip, alveolus and/or palate*, 1989, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag. p. 44-48.
4. Markovic, M.D., *At the crossroads of oral facial genetics*. The European Journal of Orthodontics, 1992. **14**(6): p. 469-481.
5. Fogh-Andersen, P., *Genetic and non-genetic factors in the etiology of facial clefts*. Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery, 1967. **1**(1): p. 22-29.
6. Ehrenfeld, M.S., N.; Bacher, M., *Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten*. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde, Lehrbuchreihe zur Aus- und Weiterbildung: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, ed. N.E. Schwenzer, M. 2010: Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York.
7. Falconer, D.S., *The inheritance of liability to certain diseases, estimated from the incidence among relatives*. Annals of Human Genetics, 1965. **29**(1): p. 51-76.
8. Bixler, D., *Genetics and clefting*. Cleft Palate J, 1981. **18**(1): p. 10-18.
9. Fogh-Andersen, P. *Recent statistics of facial clefts frequency, heredity, mortality*. in *Internat. Symp. Huber, Bern*. 1964.
10. De Coninck, A., R. Vanwijck, and N. Calteux, *Etiological and genetics factors in cleft lip and palate*. What is a cleft lip and palate, 1989.
11. Schulze, C., *Über genetische Faktoren bei der Ätiologie von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten*. Fortschritte der Kieferorthopädie, 1986. **47**(5): p. 346-355.

12. Webster, J., *Transactions of the Fourth International Congress of Plastic and Reconstructive Surgery, Rome, October 1967*. Plastic and Reconstructive Surgery, 1970. **46**(3): p. 296.
13. Hotz, M., *Pre-and early postoperative growth-guidance in cleft lip and palate cases by maxillary orthopedics*. Cleft Palate J., 1969. **6**: p. 368-372.
14. Grayson, B.H.S., P. E.; Brecht, L. E.; Cutting, C. B., *Presurgical nasoalveolar molding in infants with cleft lip and palate*. The Cleft palate-craniofacial journal, 1999. **36**(6): p. 486-498.
15. Bergland, O.S., G., *Die Organisation einer Teamarbeit für die umfassende Rehabilitation von Spaltpatienten*. Fortschritte der Kieferorthopädie, 1986. **47**(6): p. 586-591.
16. Kriens, O., *Die Entwicklung der intravelaren Gaumensegelplastik an der Nordwestdeutschen Kieferklinik*. Dtsch Zahn-Mund-Kieferheilkunde, 1971. **57**: p. 393-400.
17. Tennison, C.W., *The repair of the unilateral cleft lip by the stencil method*. Plast Reconstr Surg (1946), 1952. **9**(2): p. 115-20.
18. Randall, P., *A triangular flap operation for the primary repair of unilateral clefts of the lip*. Plast Reconstr Surg Transplant Bull, 1959. **23**(4): p. 331-47.
19. Pfeifer, G., *Über ein entwicklungsgeschichtlich begründetes Verfahren des Verschlusses von Lippenspalten*. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk, 1970. **54**: p. 69.
20. Kirschner, R.E. and D. LaRossa, *Cleft lip and palate*. Otolaryngologic Clinics of North America, 2000. **33**(6): p. 1191-1215.
21. Boyne, P.J. and N.R. Sands, *Secondary bone grafting of residual alveolar and palatal clefts*. J Oral Surg, 1972. **30**(2): p. 87-92.
22. Robin, P., *La chute de la base de la langue considerée comme une nouvelle cause de gêne dans la respiration naso-pharyngienne*. Bull Acad Med Paris, 1923. **89**: p. 37-41.
23. Poswillo, D., *The aetiology and surgery of cleft palate with micrognathia*. Annals of the Royal College of Surgeons of England, 1968. **43**(2): p. 61.

24. Bush, P. and A. Williams, *Incidence of the Robin anomalad (Pierre Robin syndrome)*. British journal of plastic surgery, 1983. **36**(4): p. 434-437.
25. Printzlau, A.A., M., *Pierre Robin sequence in Denmark: a retrospective population-based epidemiological study*. 2009.
26. von Bodman, A.B., W.; Bacher, M.; Arand, J.; Urschitz, M. S.; Poets, C. F., *Die Tübinger Gaumenplatte—Ein innovatives Therapiekonzept bei Pierre-Robin-Sequenz*. Wiener Klinische Wochenschrift, 2003. **115**(24): p. 871-873.
27. Bressmann, T., et al., *Lebensqualitätsforschung bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten*. Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie, 1999. **3**(3): p. 134-139.
28. Sinko, K., et al., *Evaluation of esthetic, functional, and quality-of-life outcome in adult cleft lip and palate patients*. The Cleft palate-craniofacial journal, 2005. **42**(4): p. 355-361.
29. Farkas, L.G., *Examination*. Anthropometry of the head and face, 1994: p. 3-56.
30. Farkas, L.G. and W.K. Lindsay, *Morphology of the adult face following repair of bilateral cleft lip and palate in childhood*. Plast Reconstr Surg, 1971. **47**(1): p. 25-32.
31. Farkas, L.G. and W.K. Lindsay, *Morphology of adult face after repair of isolated cleft palate in childhood*. Cleft Palate J, 1972. **9**: p. 132-42.
32. Farkas, L.G. and W.K. Lindsay, *Morphology of the adult face following repair of unilateral cleft lip and palate in childhood*. Plast Reconstr Surg, 1973. **52**(6): p. 652-5.
33. Farkas, L.G. and W.K. Lindsay, *Morphology of the orbital region in adults following the cleft lip-palate repair in childhood*. Am J Phys Anthropol, 1972. **37**(1): p. 65-73.
34. Lindsay, W.K. and L.G. Farkas, *The use of anthropometry in assessing the cleft-lip nose*. Plast Reconstr Surg, 1972. **49**(3): p. 286-93.
35. Altobelli, D.E., *Computer-assisted acquisition of facial surface topography*. Farkas, LG. (ed.): Anthropometry of the head and face. Raven Press, New York, 1994: p. 219-234.

36. Ras, F., et al., *Longitudinal study on three-dimensional changes of facial asymmetry in children between 4 to 12 years of age with unilateral cleft lip and palate*. Cleft Palate Craniofac J, 1995. **32**(6): p. 463-8.
37. Sforza, C. and V.F. Ferrario, *Soft-tissue facial anthropometry in three dimensions: from anatomical landmarks to digital morphology in research, clinics and forensic anthropology*. J Anthropol Sci, 2006. **84**: p. 97-124.
38. Xia, J., et al., *Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D color facial model generation*. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2000. **29**(1): p. 2-10.
39. Naudi, K.B., et al., *The virtual human face: Superimposing the simultaneously captured 3D photorealistic skin surface of the face on the untextured skin image of the CBCT scan*. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2012.
40. Hajeer, M.Y., et al., *Applications of 3D imaging in orthodontics: part I*. J Orthod, 2004. **31**(1): p. 62-70.
41. Kawai, T., et al., *Three-dimensional analysis of facial morphology using moiré stripes: Part I. Method*. International journal of oral and maxillofacial surgery, 1990. **19**(6): p. 356-358.
42. Mischkowski, R., et al., *Holographic face models as planning tool in maxillofacial surgery*. International journal of computerized dentistry, 2004. **7**(4): p. 339.
43. Ferrario, V.F., et al., *Facial three-dimensional morphometry*. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 1996. **109**(1): p. 86-93.
44. Russell, K., S. Waldman, and J. Lee, *Video-imaging assessment of nasal morphology in individuals with complete unilateral cleft lip and palate*. The Cleft palate-craniofacial journal, 2000. **37**(6): p. 542-550.
45. Moss, J., et al., *A laser scanning system for the measurement of facial surface morphology*. Optics and Lasers in Engineering, 1989. **10**(3): p. 179-190.
46. Ayoub, A., et al., *Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system*. Cleft Palate Craniofac J, 2003. **40**(5): p. 523-9.

47. Foong, K., et al., *Surface laser scanning of the cleft palate deformity-- validation of the method*. Annals of the Academy of Medicine, Singapore, 1999. **28**(5): p. 642.
48. Duffy, S., et al., *Three-dimensional analysis of the child cleft face*. Cleft Palate Craniofac J, 2000. **37**(2): p. 137-44.
49. Wong, J.Y., et al., *Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images*. Cleft Palate Craniofac J, 2008. **45**(3): p. 232-9.
50. Schwenzler-Zimmerer, K., et al., *Quantitative 3D soft tissue analysis of symmetry prior to and after unilateral cleft lip repair compared with non-cleft persons (performed in Cambodia)*. J Craniomaxillofac Surg, 2008. **36**(8): p. 431-8.
51. Li, G., et al., *Three-dimensional facial anthropometry of unilateral cleft lip infants with a structured light scanning system*. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2013.
52. Hajeer, M.Y., et al., *Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method*. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, 2002. **17**(4): p. 318-30.
53. Metzler, P., et al., *Validity of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for cranio-maxillofacial anthropometric measurements*. Oral Maxillofac Surg, 2013.
54. Krimmel, M., et al., *[Assessment of precision and accuracy of digital surface photogrammetry with the DSP 400 system]*. Biomed Tech (Berl), 2005. **50**(3): p. 45-53.
55. Aldridge, K., et al., *Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images*. Am J Med Genet A, 2005. **138A**(3): p. 247-53.
56. de Menezes, M., et al., *Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system*. J Oral Maxillofac Surg, 2010. **68**(9): p. 2129-35.
57. Gornick, M.C., *Digital three-dimensional photogrammetry: accuracy and precision of facial measurements obtained from two commercially-available imaging systems*, 2011, University of Pittsburgh.

58. Othman, S.A., et al., *Reproducibility of facial soft tissue landmarks on facial images captured on a 3D camera*. Aust Orthod J, 2013. **29**(1): p. 58-65.
59. Baumrind, S. and R.C. Frantz, *The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification*. Am J Orthod, 1971. **60**(2): p. 111-27.
60. Al-Omari, I., D.T. Millett, and A.F. Ayoub, *Methods of assessment of cleft-related facial deformity: a review*. Cleft Palate Craniofac J, 2005. **42**(2): p. 145-56.
61. Yamada, T., et al., *Computer aided three-dimensional analysis of nostril forms: application in normal and operated cleft lip patients*. J Craniomaxillofac Surg, 1999. **27**(6): p. 345-53.
62. Mosmuller, D.G., et al., *Scoring systems of cleft-related facial deformities: a review of literature*. Cleft Palate Craniofac J, 2013. **50**(3): p. 286-96.
63. Krimmel, M.F., *3-dimensionale Analyse der Gesichtsentwicklung: eine stereophotogrammetrische Untersuchung an gesunden Kindern und Spaltkindern*, 2008.
64. Toma, A.M., et al., *The assessment of facial variation in 4747 British school children*. The European Journal of Orthodontics, 2012. **34**(6): p. 655-664.
65. Ras, F., et al., *Three-dimensional evaluation of facial asymmetry in cleft lip and palate*. Cleft Palate Craniofac J, 1994. **31**(2): p. 116-21.
66. Farkas, L.G. and G. Cheung, *Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study*. Angle Orthod, 1981. **51**(1): p. 70-7.
67. Bilwatsch, S., et al., *Nasolabial symmetry following Tennison-Randall lip repair: a three-dimensional approach in 10-year-old patients with unilateral clefts of lip, alveolus and palate*. J Craniomaxillofac Surg, 2006. **34**(5): p. 253-62.
68. Ras, F., et al., *Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry*. Angle Orthod, 1995. **65**(3): p. 233-9.
69. Hajnis, K., et al., *Racial and ethnic morphometric differences in the craniofacial complex*. Anthropometry of the Head and Face, 1994. **2**.

70. Yamada, T., et al., *Three-dimensional analysis of facial morphology in normal Japanese children as control data for cleft surgery*. Cleft Palate Craniofac J, 2002. **39**(5): p. 517-26.
71. Ferrario, V.F., et al., *Soft-tissue facial morphometry from 6 years to adulthood: a three-dimensional growth study using a new modeling*. Plast Reconstr Surg, 1999. **103**(3): p. 768-78.
72. Kau, C.H., et al., *The 3-dimensional construction of the average 11-year-old child face: a clinical evaluation and application*. J Oral Maxillofac Surg, 2006. **64**(7): p. 1086-92.
73. Nute, S.J. and J.P. Moss, *Three-dimensional facial growth studied by optical surface scanning*. J Orthod, 2000. **27**(1): p. 31-8.
74. Tan, S.P., et al., *Early Frontofacial Symmetry After Correction of Unilateral Coronal Synostosis: Frontoorbital Advancement vs Endoscopic Strip Craniectomy and Helmet Therapy*. J Craniofac Surg, 2013. **24**(4): p. 1190-4.
75. Krimmel, M., et al., *Three-dimensional assessment of facial development in children with unilateral cleft lip with and without alveolar cleft*. J Craniofac Surg, 2013. **24**(1): p. 313-6.
76. Ayoub, A., et al., *3D Assessment of Lip Scarring and Residual Dysmorphology Following Surgical Repair of Cleft Lip and Palate: A Preliminary Study*. Cleft Palate Craniofac J, 2011. **48**(4): p. 379-87.
77. Tanikawa, C., et al., *Objective three-dimensional assessment of lip form in patients with repaired cleft lip*. Cleft Palate Craniofac J, 2010. **47**(6): p. 611-22.
78. Bugaighis, I., et al., *3D comparison of average faces in subjects with oral clefts*. Eur J Orthod, 2012.
79. Bell, A., et al., *Three-Dimensional Assessment of Facial Appearance Following Surgical Repair of Unilateral Cleft Lip and Palate*. Cleft Palate Craniofac J, 2013.
80. Hood, C.A., et al., *Facial asymmetry--3D assessment of infants with cleft lip & palate*. Int J Paediatr Dent, 2003. **13**(6): p. 404-10.
81. Zreaqat, M., R. Hassan, and A.S. Halim, *Facial dimensions of Malay children with repaired unilateral cleft lip and palate: a three dimensional analysis*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2012. **41**(6): p. 783-8.

82. Bugaighis, I., et al., *Three-dimensional geometric morphometrics applied to the study of children with cleft lip and/or palate from the North East of England*. Eur J Orthod, 2010. **32**(5): p. 514-21.
83. Nakamura, N., et al., *A longitudinal study on influence of primary facial deformities on maxillofacial growth in patients with cleft lip and palate*. Cleft Palate Craniofac J, 2005. **42**(6): p. 633-40.
84. Hood, C.A., et al., *Facial characterization of infants with cleft lip and palate using a three-dimensional capture technique*. Cleft Palate Craniofac J, 2004. **41**(1): p. 27-35.
85. Farkas, L.G., K. Hajnis, and J.C. Posnick, *Anthropometric and anthroposcopic findings of the nasal and facial region in cleft patients before and after primary lip and palate repair*. Cleft Palate Craniofac J, 1993. **30**(1): p. 1-12.
86. Bugaighis, I., et al., *3D Facial Morphometry in Children with Oral Clefts*. Cleft Palate Craniofac J, 2013.
87. Dahl, E., et al., *Comparison of craniofacial morphology in infants with incomplete cleft lip and infants with isolated cleft palate*. Cleft Palate J, 1982. **19**(4): p. 258-66.
88. Hermann, N.V., et al., *Early craniofacial morphology and growth in children with nonsyndromic Robin Sequence*. Cleft Palate Craniofac J, 2003. **40**(2): p. 131-43.
89. Eriksen, J., et al., *Early postnatal development of the mandible in children with isolated cleft palate and children with nonsyndromic Robin sequence*. Cleft Palate Craniofac J, 2006. **43**(2): p. 160-7.
90. Daskalogiannakis, J., R.B. Ross, and B.D. Tompson, *The mandibular catch-up growth controversy in Pierre Robin sequence*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2001. **120**(3): p. 280-5.
91. Ozawa, T.O., et al., *Facial profile evaluation of isolated pierre robin sequence*. Cleft Palate Craniofac J, 2012. **49**(5): p. 546-52.
92. Figueroa, A.A., et al., *Mandible, tongue, and airway in Pierre Robin sequence: a longitudinal cephalometric study*. Cleft Palate Craniofac J, 1991. **28**(4): p. 425-34.

93. Pruzansky, S. and J.B. Richmond, *Growth of mandible in infants with micrognathia: clinical implications*. AMA American journal of diseases of children, 1954. **88**(1): p. 29-42.
94. Krimmel, M., et al., *Three-dimensional assessment of facial development in children with Pierre Robin sequence*. J Craniofac Surg, 2009. **20**(6): p. 2055-60.
95. Shen, Y.F., et al., *Facial skeletal morphology in growing children with pierre robin sequence*. Cleft Palate Craniofac J, 2012. **49**(5): p. 553-60.

## **8 Erklärung zum Eigenanteil**

Frau Schugg hat die Gesichter der Spaltpatienten gescannt und die Informationen zu den einzelnen Patienten (Geburtsdatum, Operationszeitpunkt) eingeholt. Sie hat die Landmarken auf den Scans der Gesunden und der Spaltpatienten gesetzt. Sie war an der Konzeption der Studie beteiligt und hat das Manuskript selbstständig verfasst.

Herr Prof. Dr. Dr. Krimmel war an der Konzeption der Studie beteiligt und hat die Arbeit betreut.

Herr Dipl. Phys. Schaupp und Frau Prof. Dr. Berneburg haben die Daten der gesunden Kinder zur Verfügung gestellt.

Herr Breidt hat die Einzelscans der Gesunden zu einem Bild zusammengesetzt, die Scans zueinander ausgerichtet und die Spiegelung der einseitigen Spaltbildungen durchgeführt.

Herr Prof. Dietz hat die statistische Auswertung übernommen und einen Teil des Kapitels "statistische Auswertung" verfasst.

## **9 Danksagung**

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. Krimmel für die freundliche Überlassung des sehr interessanten und umfangreichen Themas und für die überaus kooperative und kompetente Betreuung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Breidt für die Unterstützung bei den 3D-Aufnahmen und die Hilfe bei allen aufgetretenen Schwierigkeiten.

Zudem bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dietz für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Bei Herrn Dipl. Phys. Edgar Schaupp und Frau Prof. Dr. Berneburg bedanke ich mich für die Überlassung der 3D-Aufnahmen der gesunden Kinder.

Schließlich danke ich meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Freund für ihre Motivation und Unterstützung.

## 10 Anhang

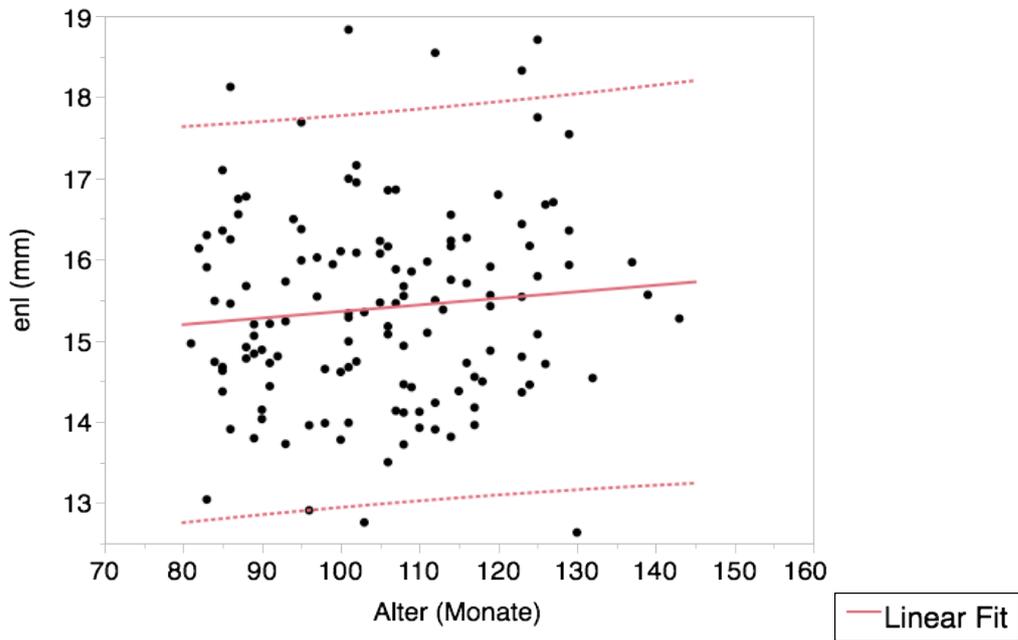


Abb. 10-1 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

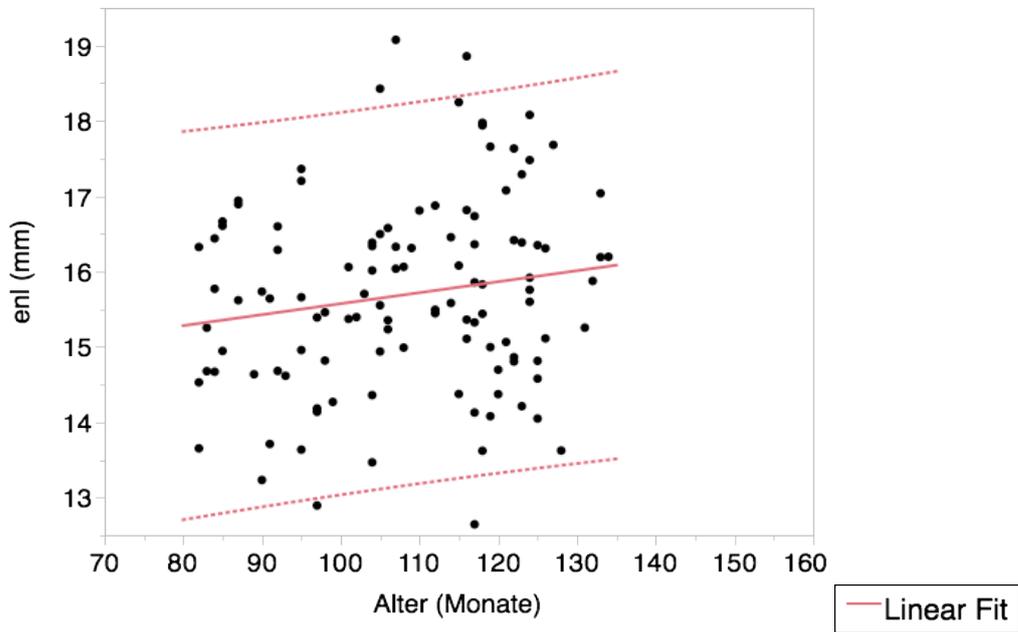


Abb. 10-2 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

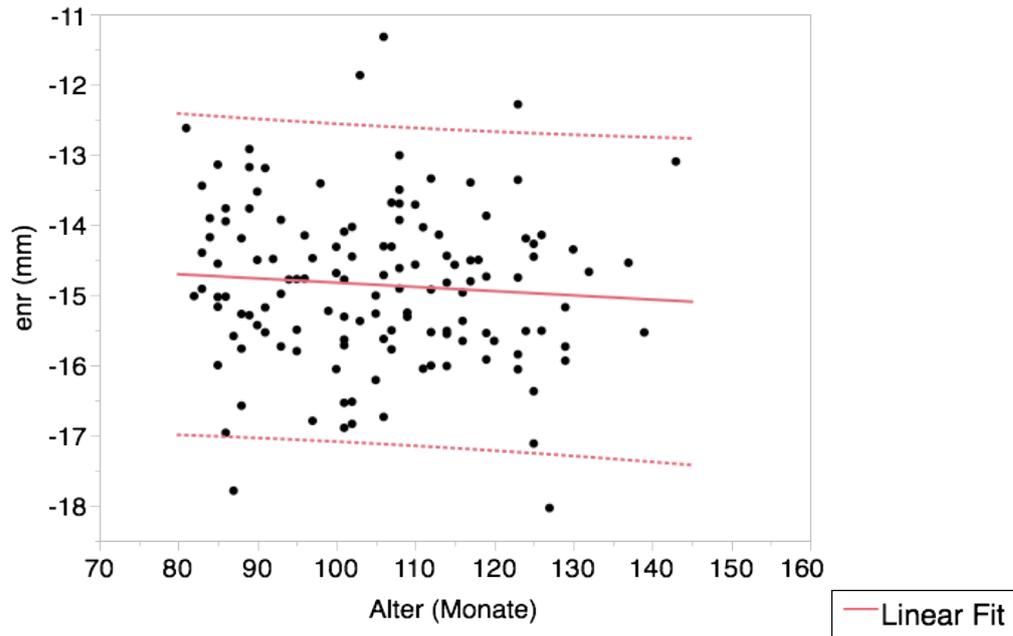


Abb. 10-3 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

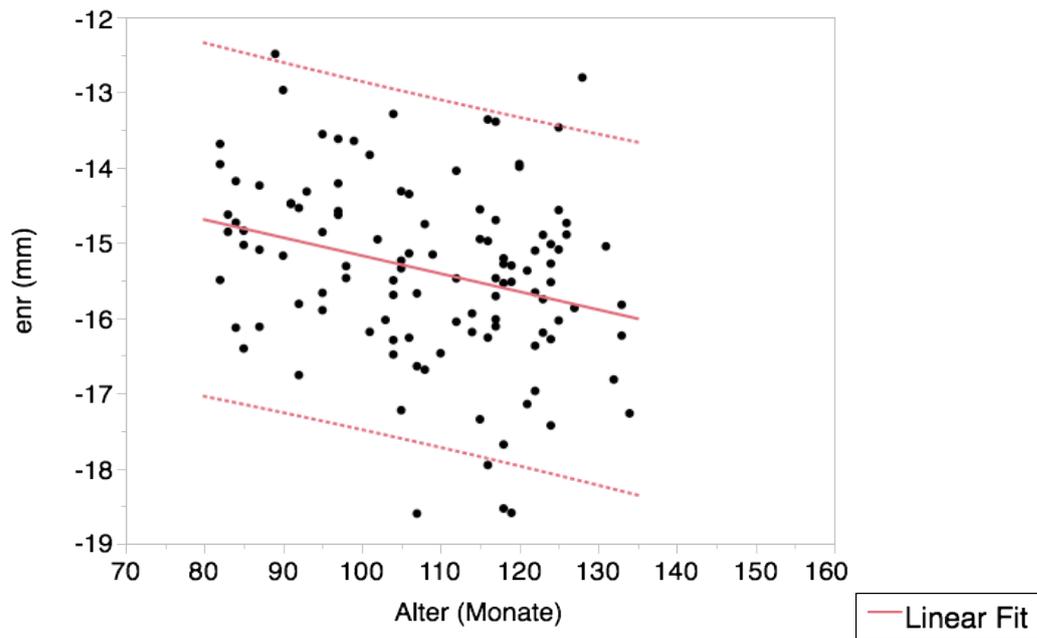


Abb. 10-4 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

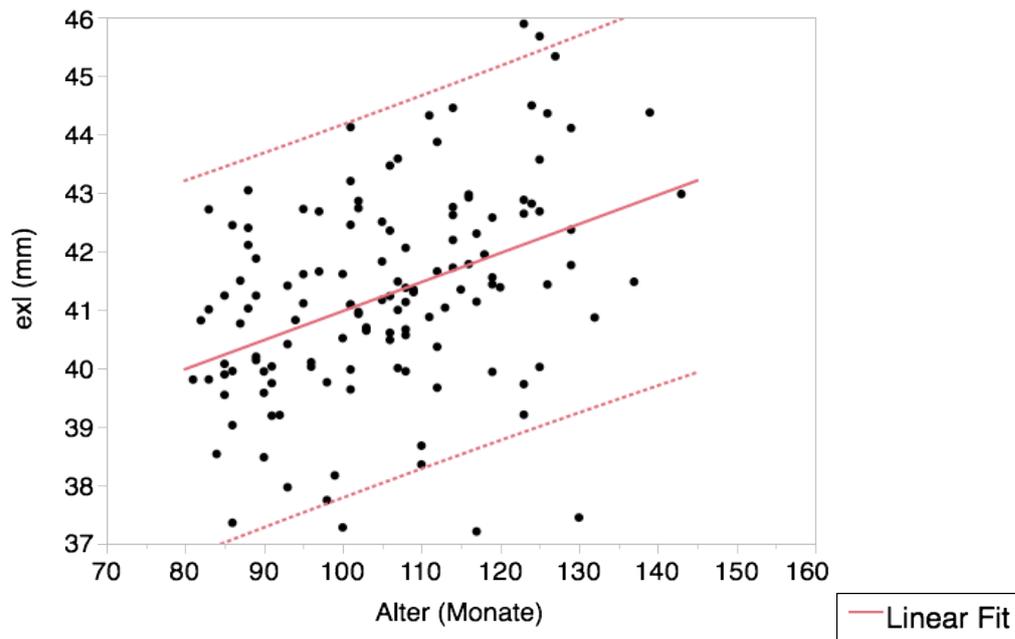


Abb. 10-5 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

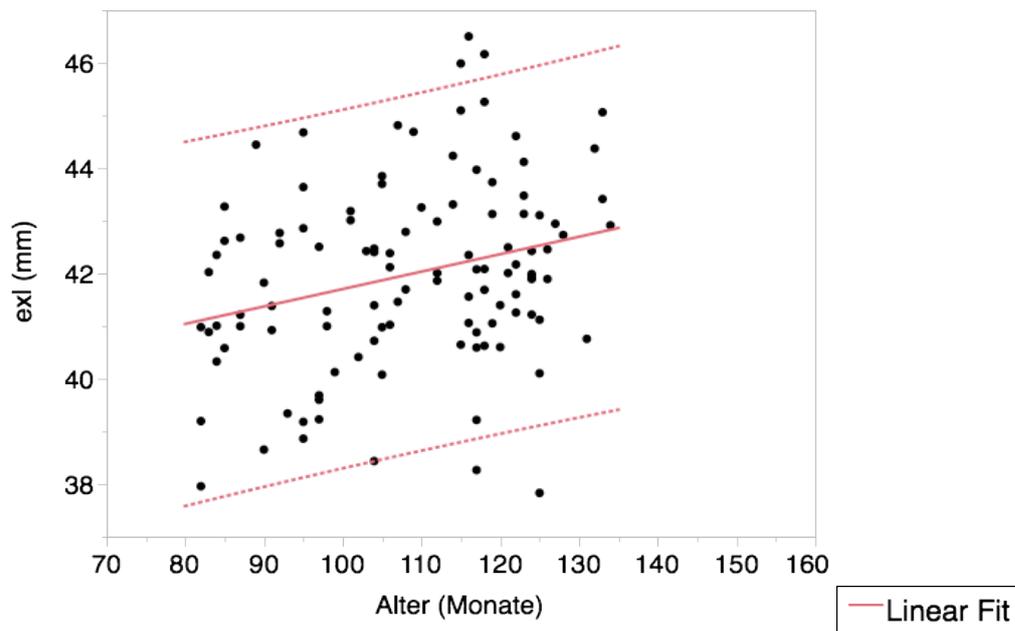


Abb. 10-6 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

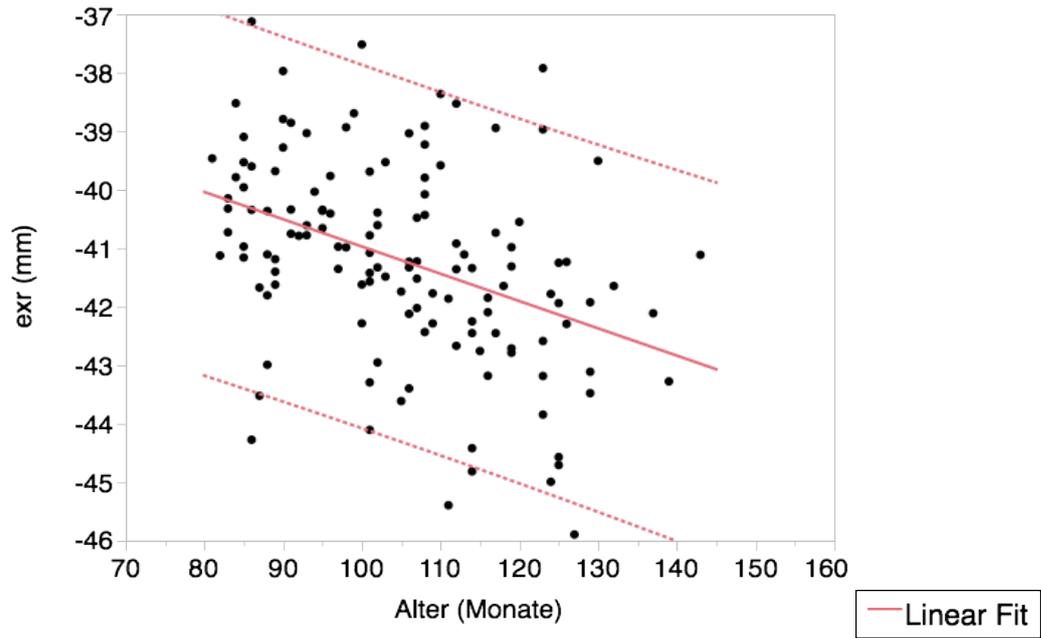


Abb. 10-7 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

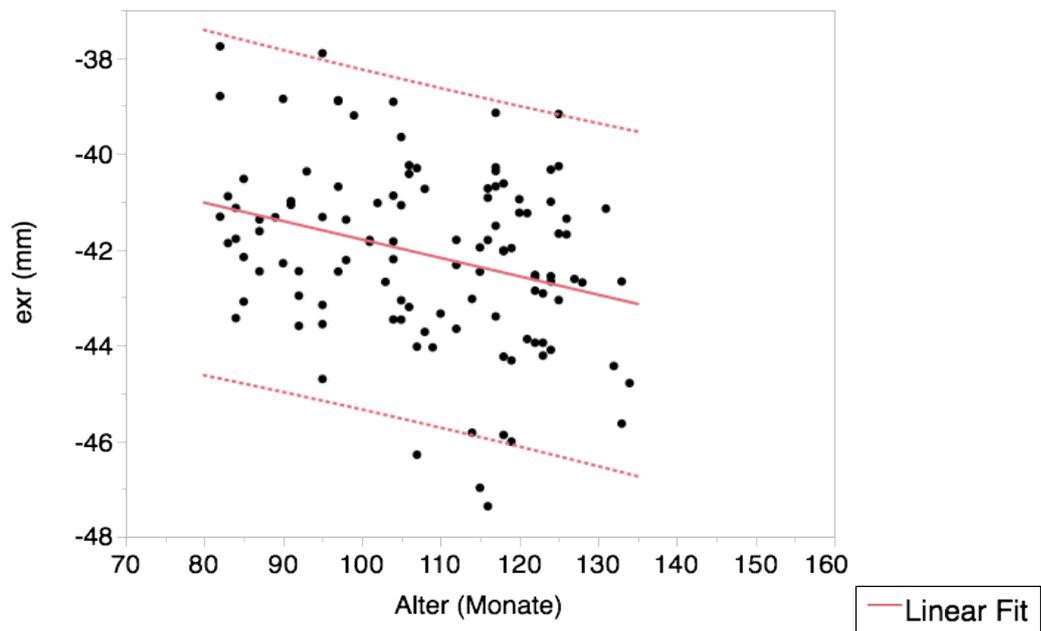


Abb. 10-8 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

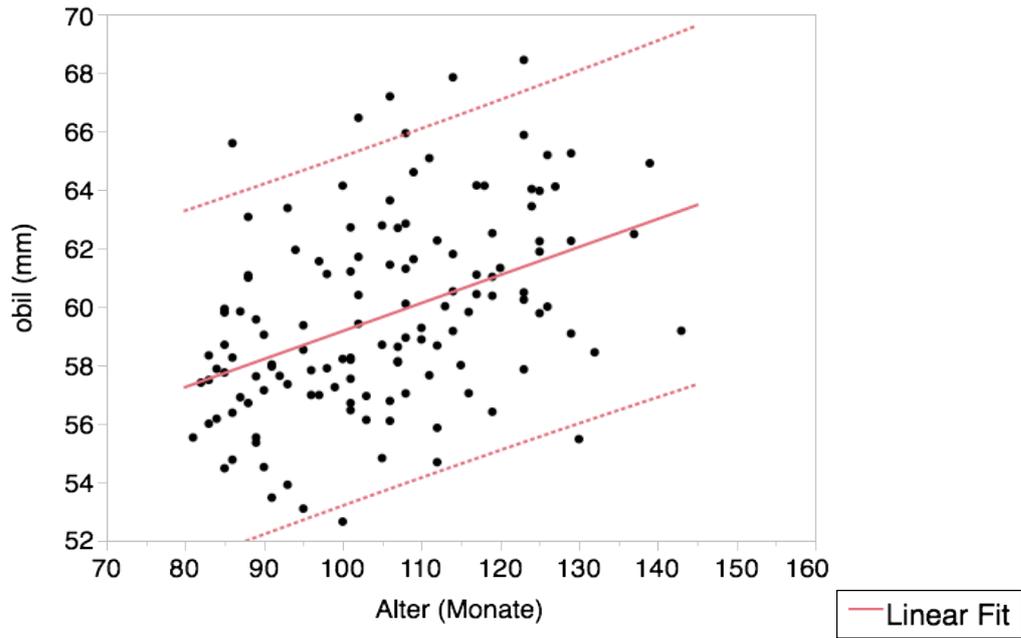


Abb. 10-9 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

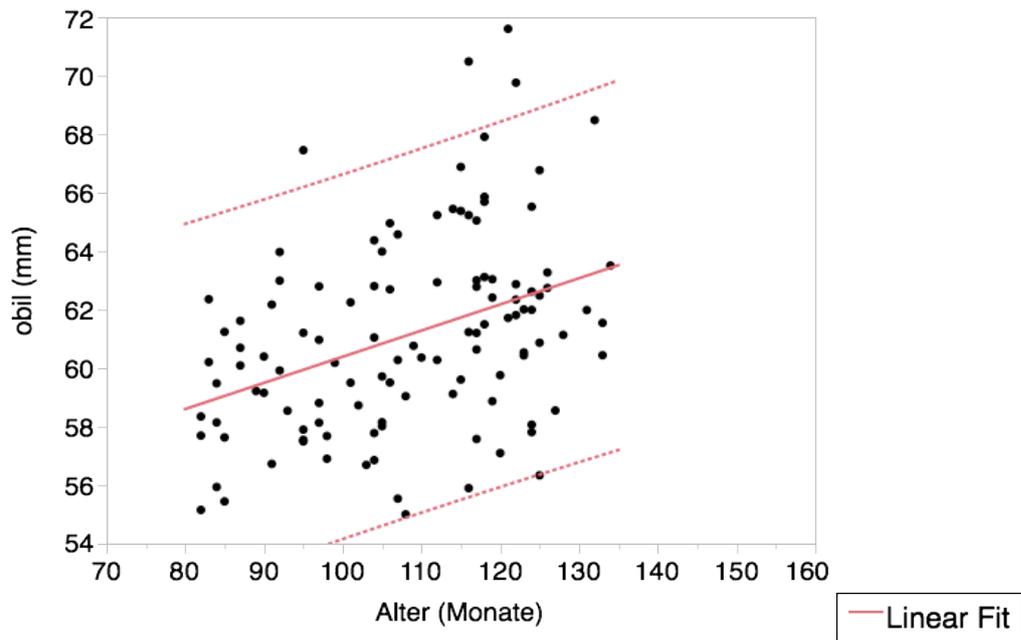


Abb. 10-10 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

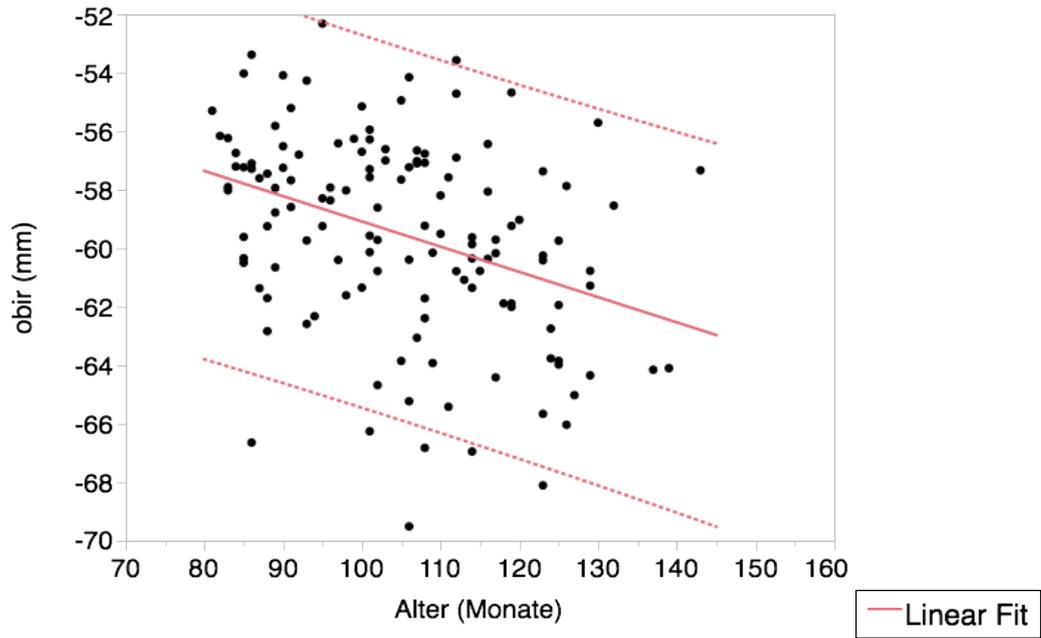


Abb. 10-11 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

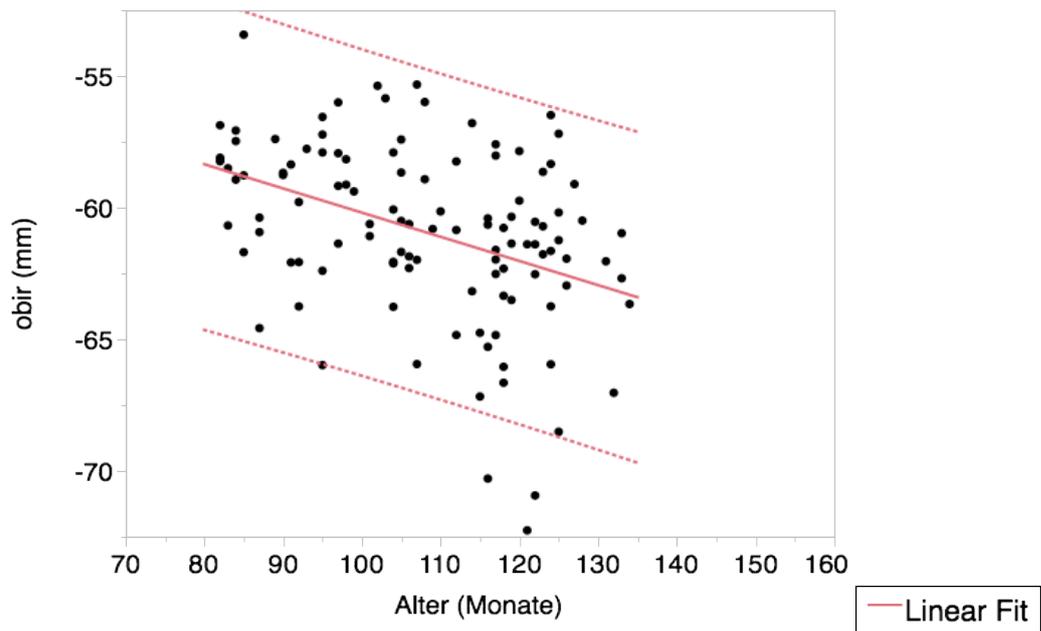


Abb. 10-12 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

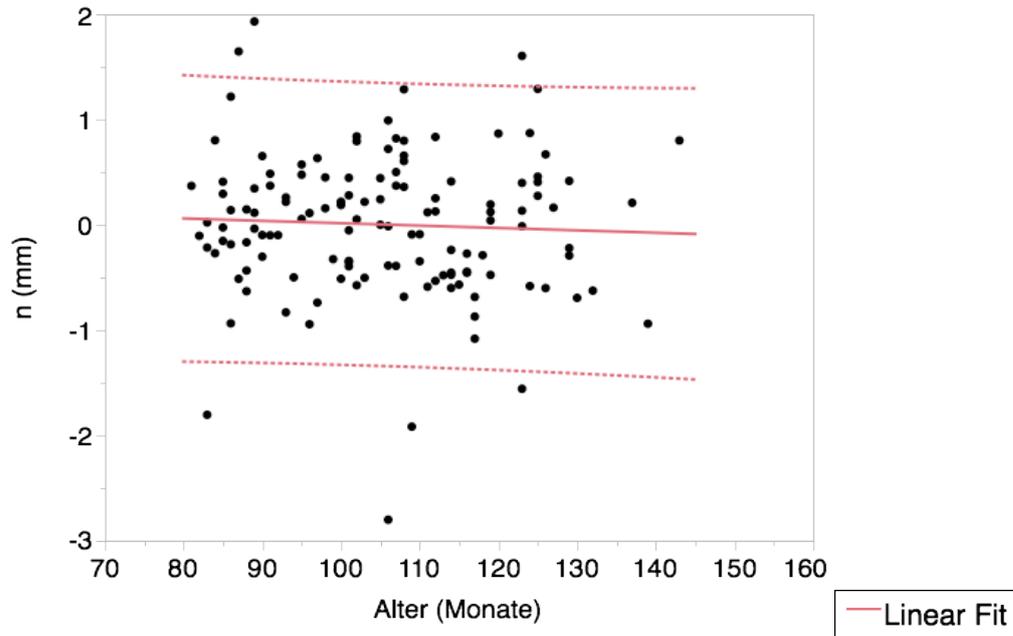


Abb. 10-13 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

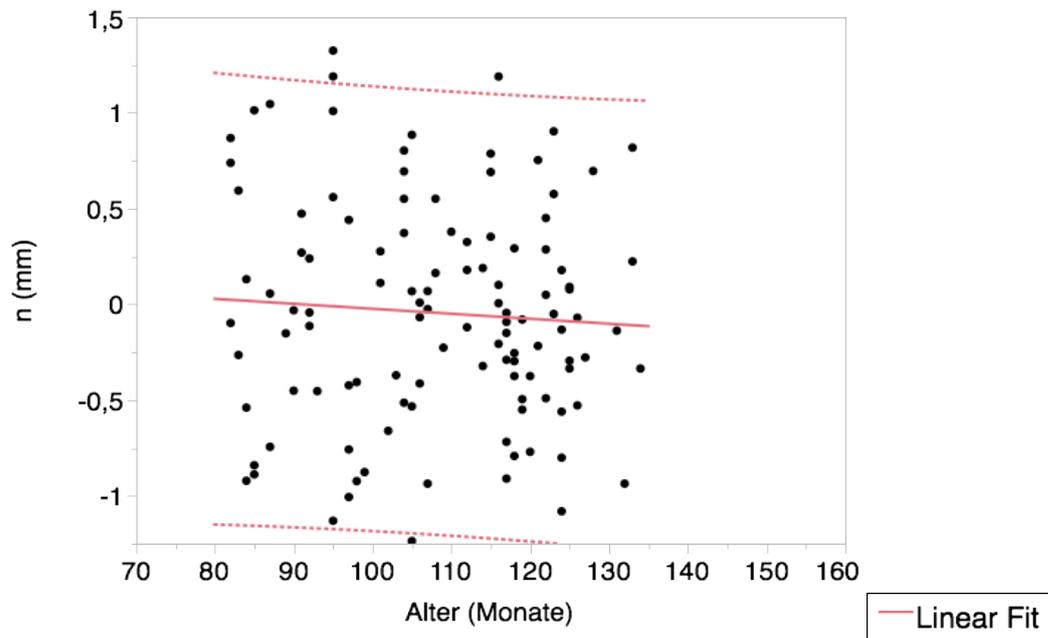


Abb. 10-14 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

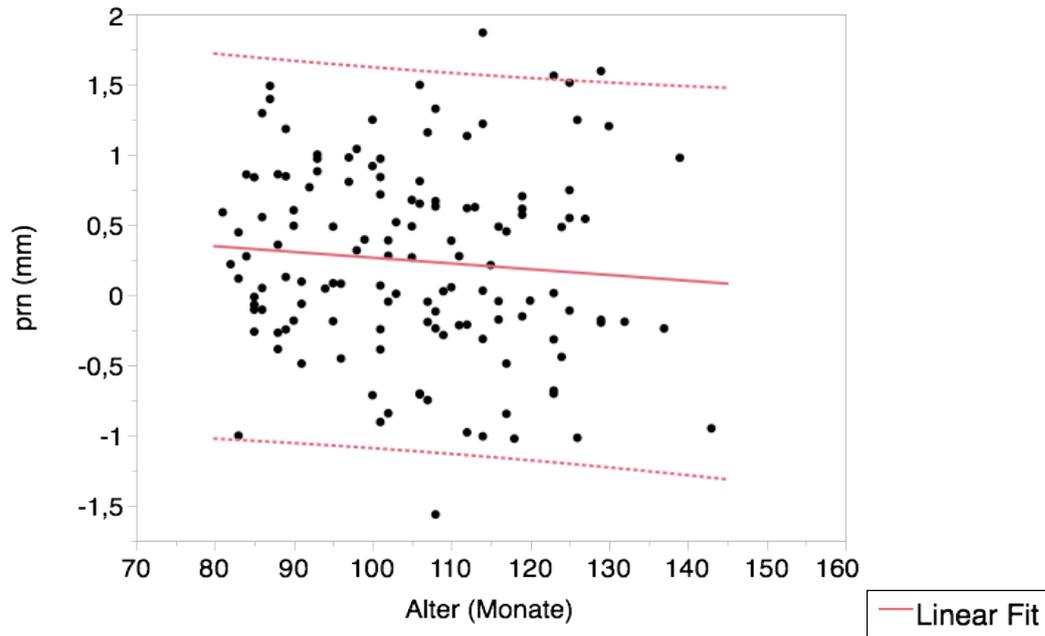


Abb. 10-15 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

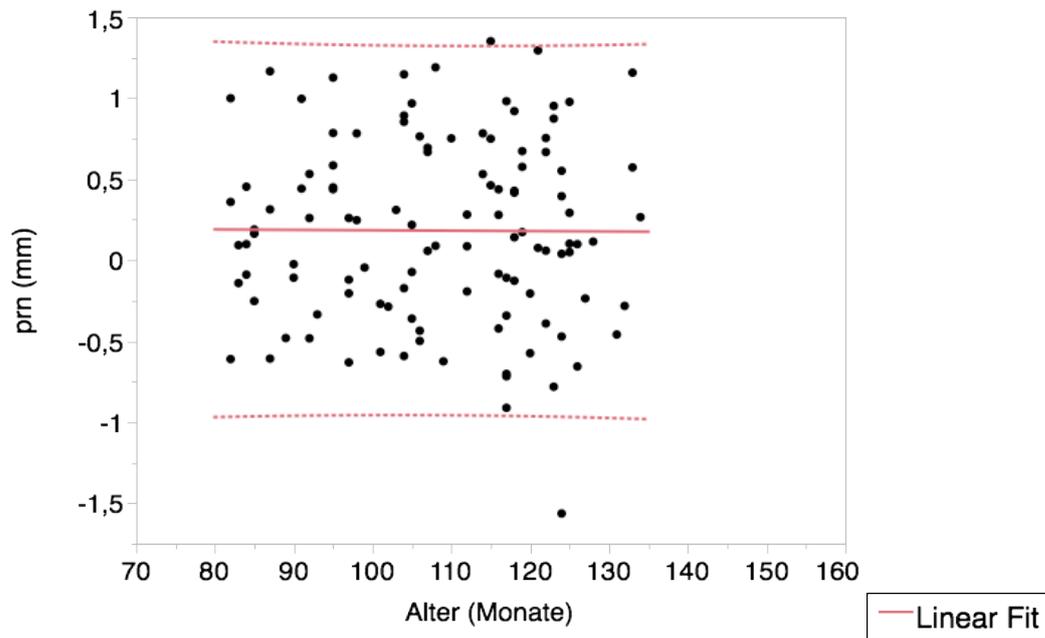


Abb. 10-16 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

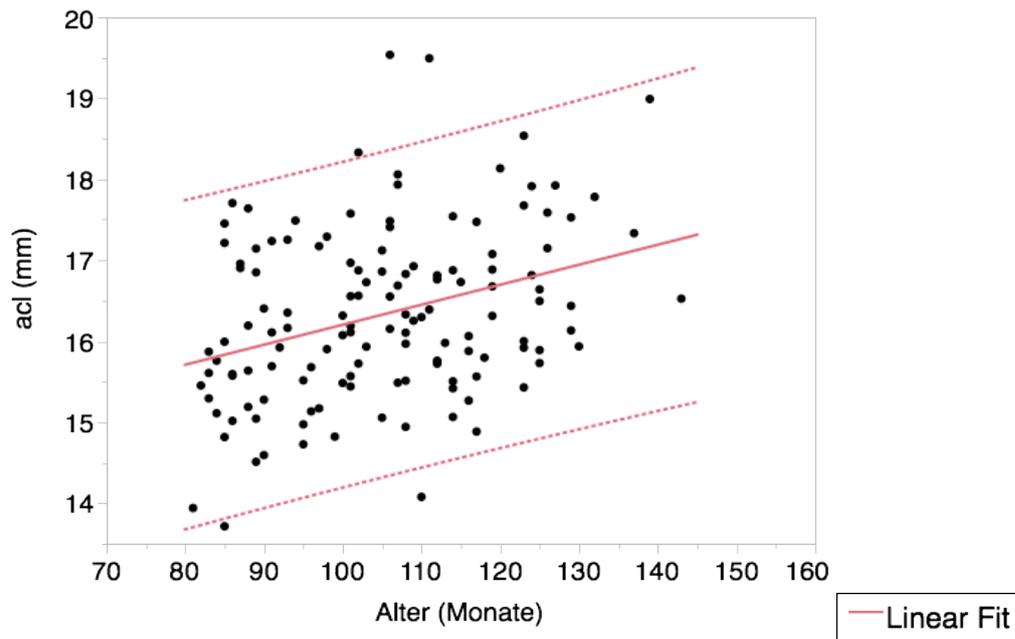


Abb. 10-17 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

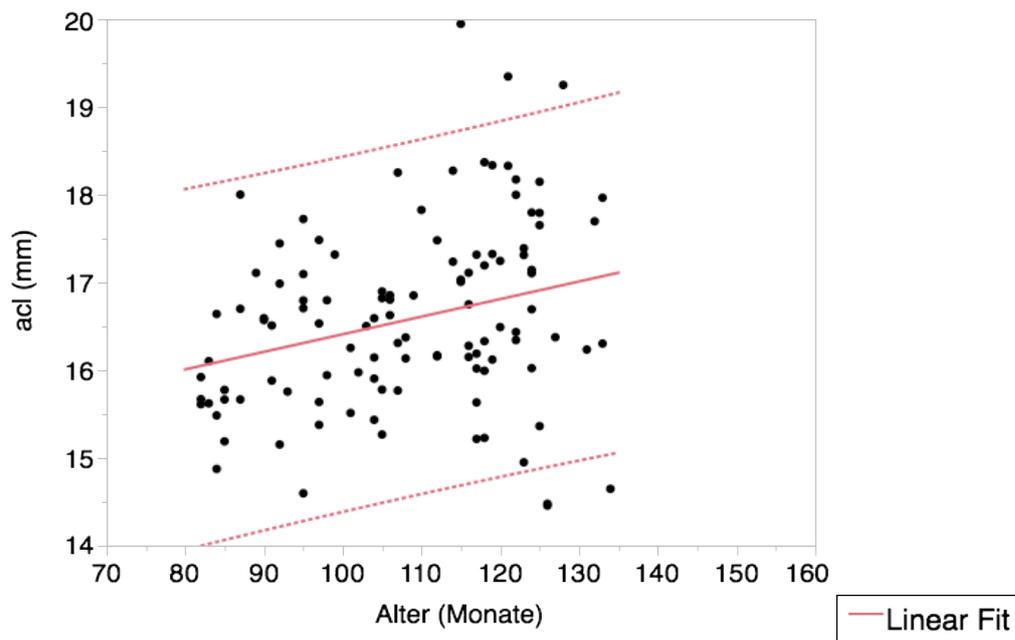


Abb. 10-18 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

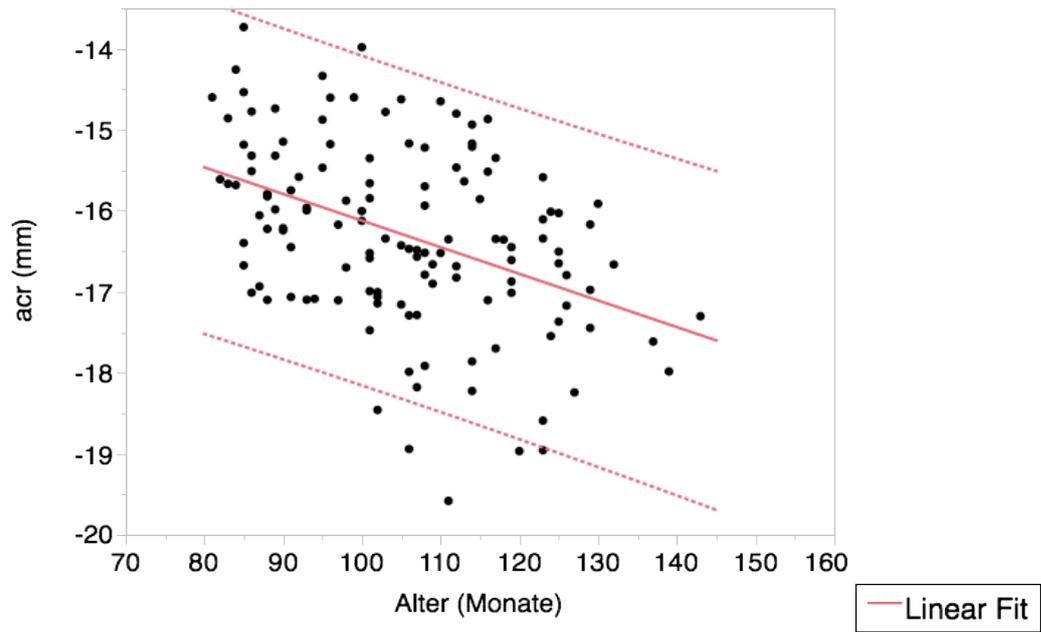


Abb. 10-19 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

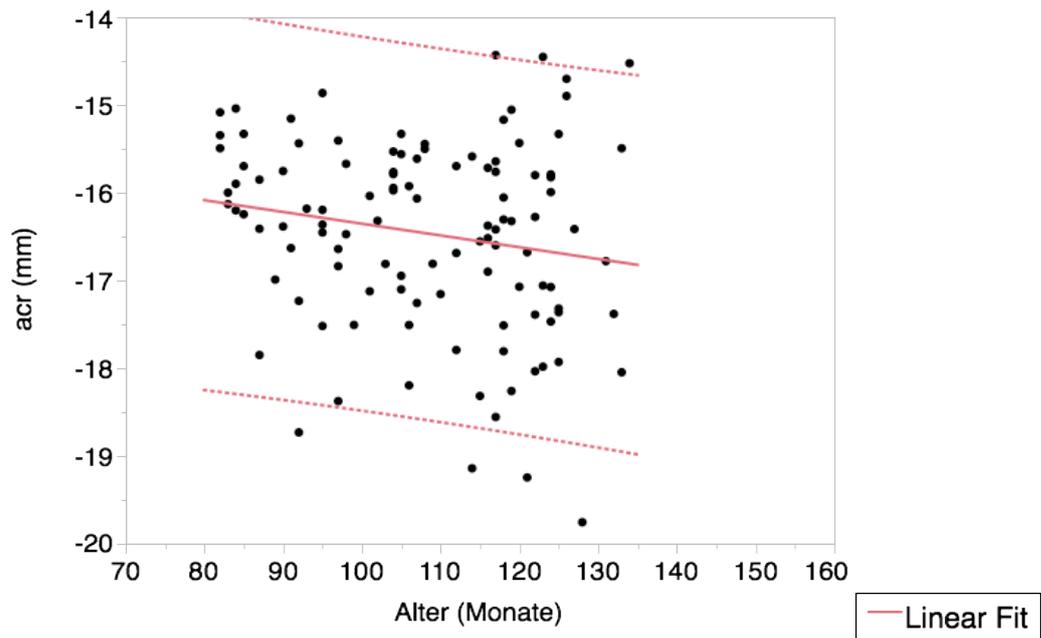


Abb. 10-20 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

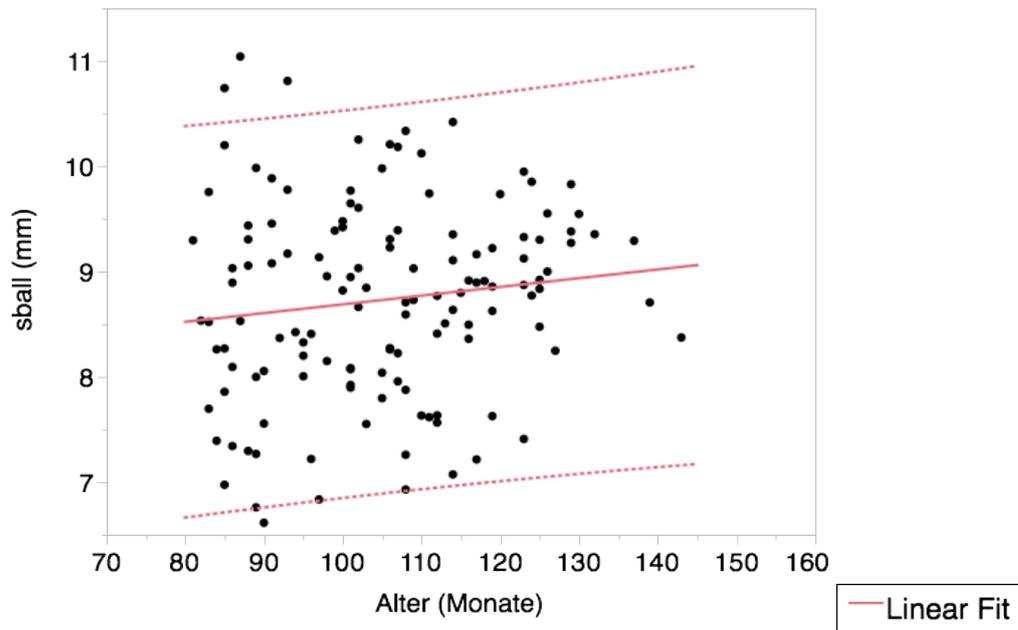


Abb. 10-21 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

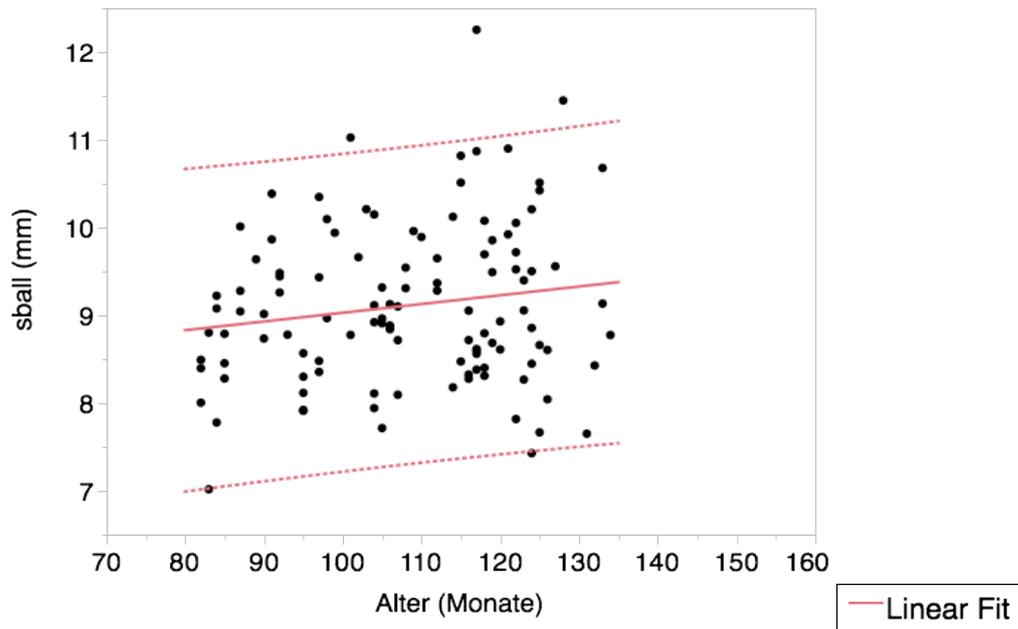


Abb. 10-22 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

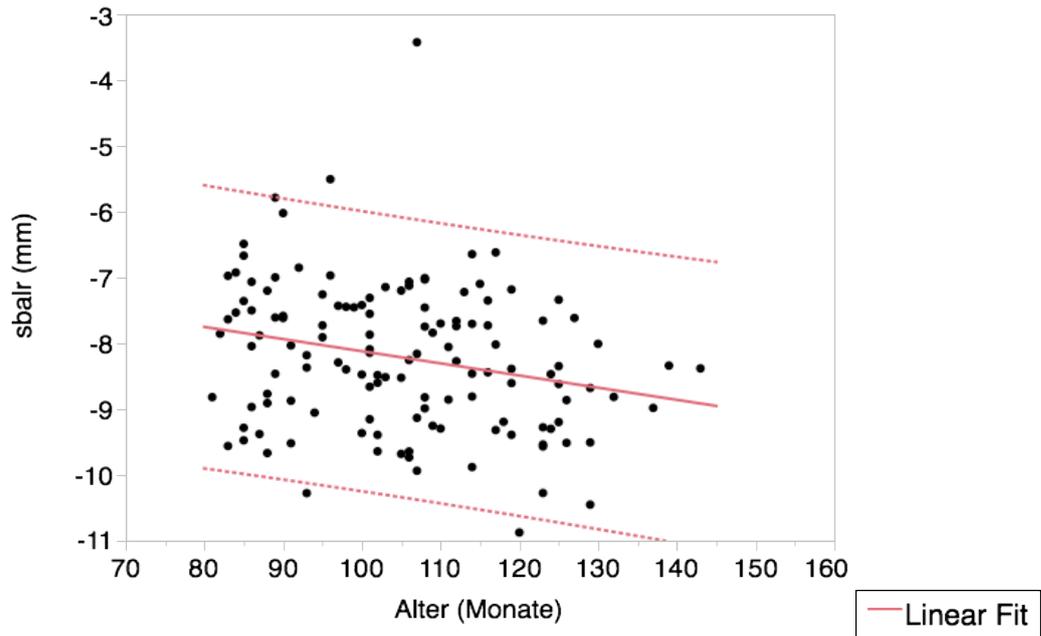


Abb. 10-23 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

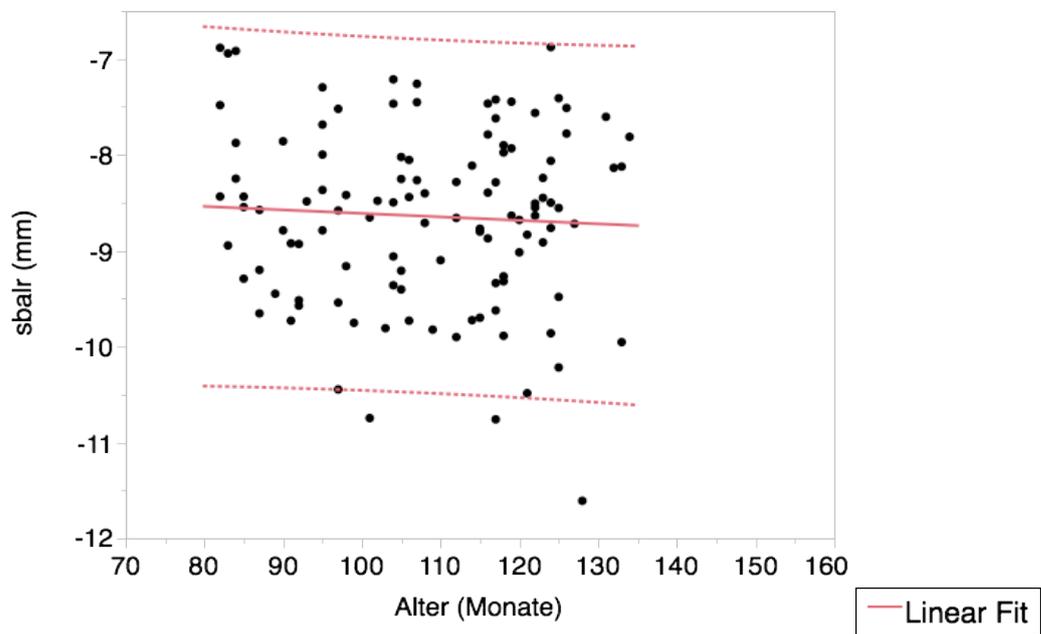


Abb. 10-24 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

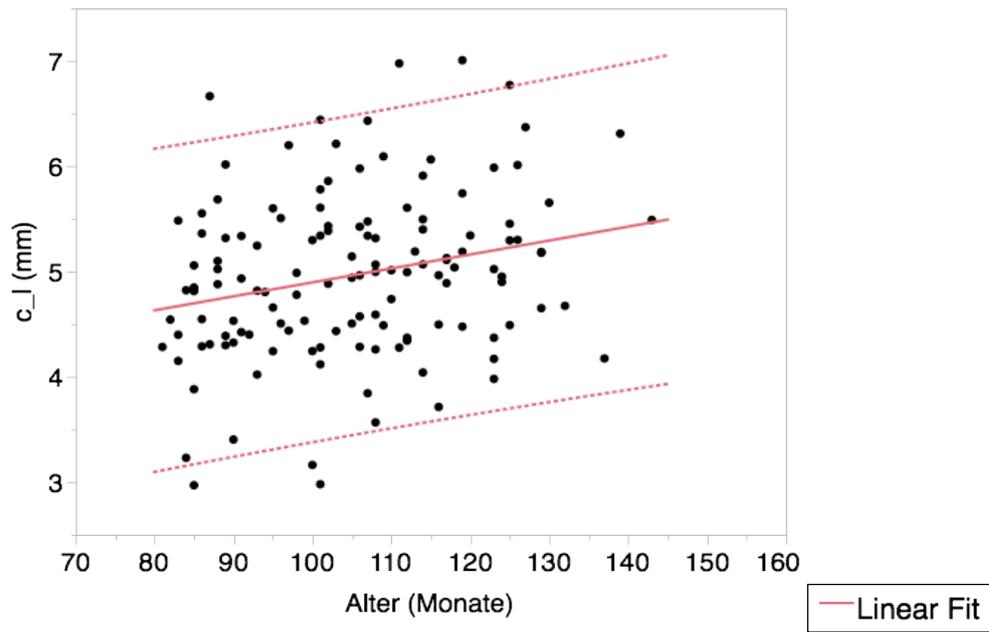


Abb. 10-25 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

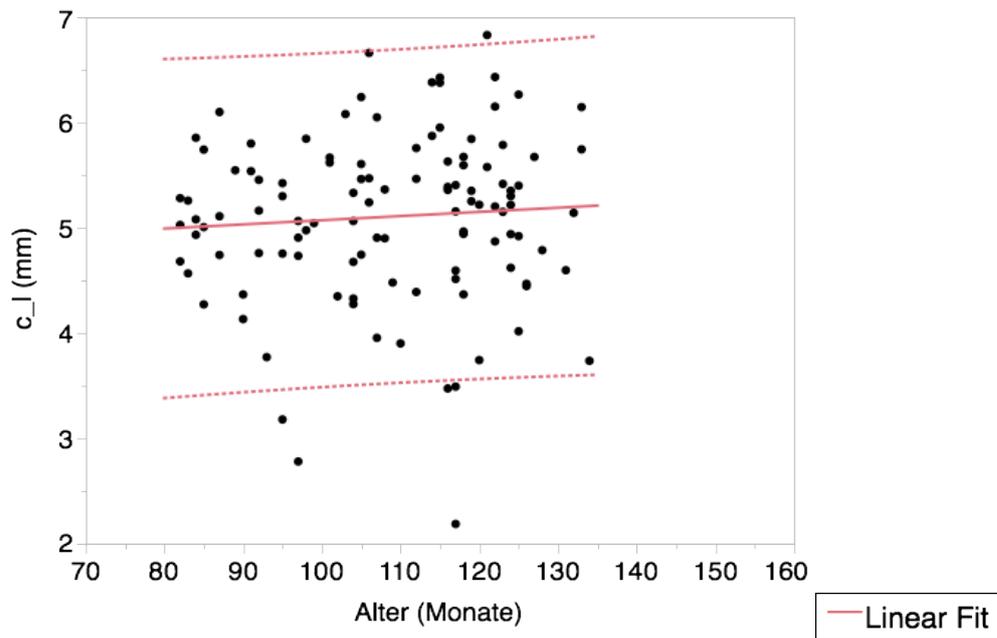


Abb. 10-26 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

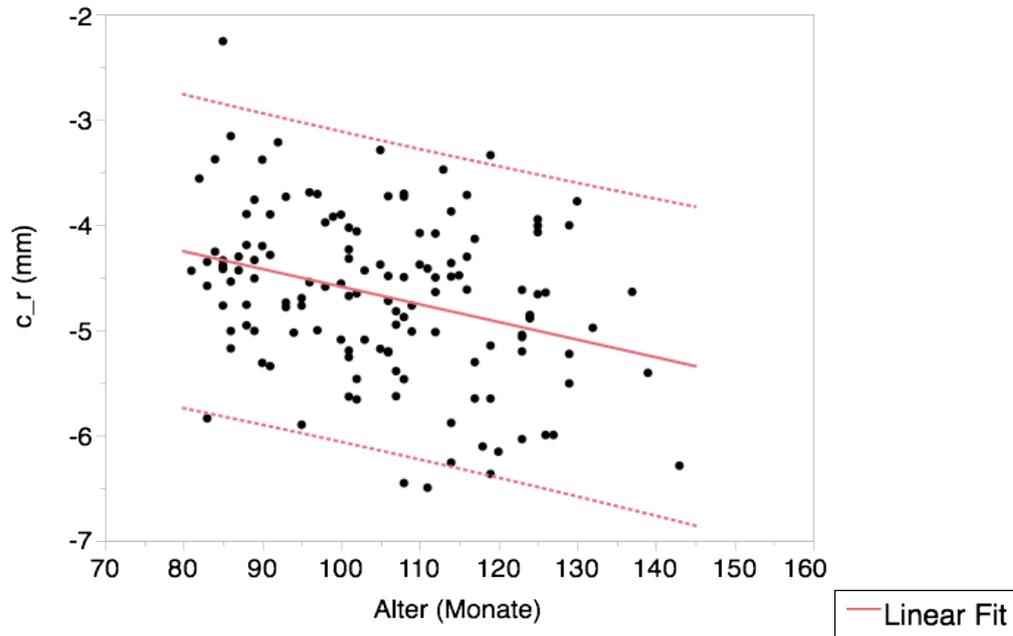


Abb. 10-27 Messwerte für den Punkt Columella rechts ( $c_r$ ) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

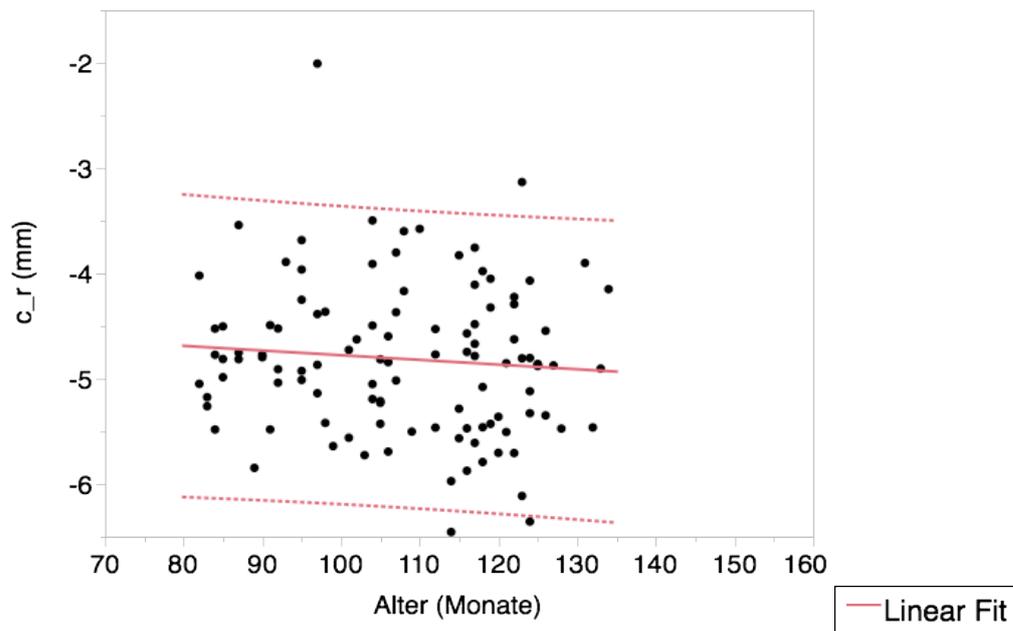


Abb. 10-28 Messwerte für den Punkt Columella rechts ( $c_r$ ) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

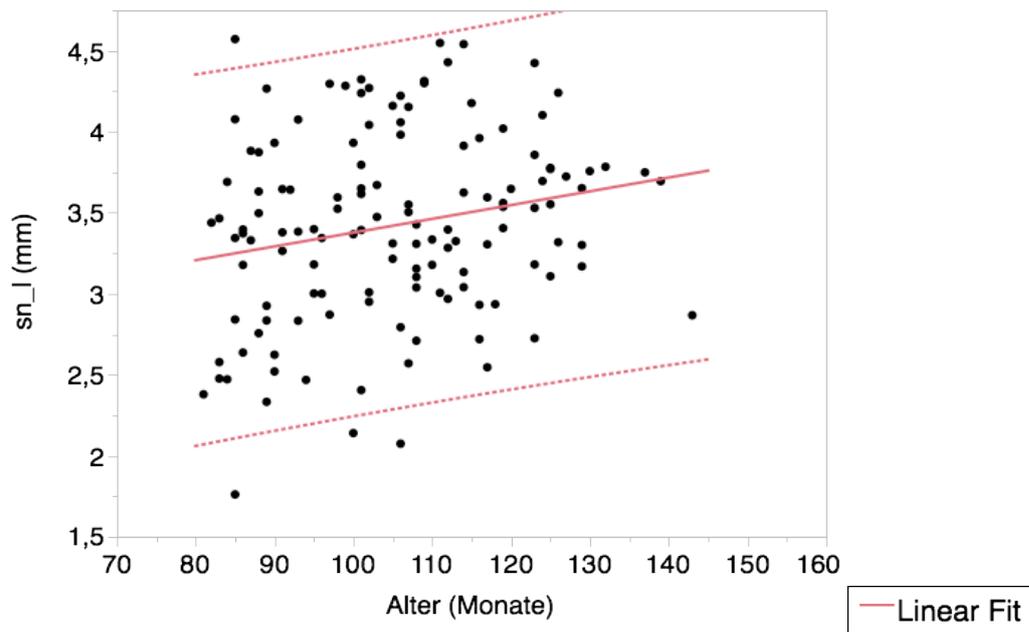


Abb. 10-29 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

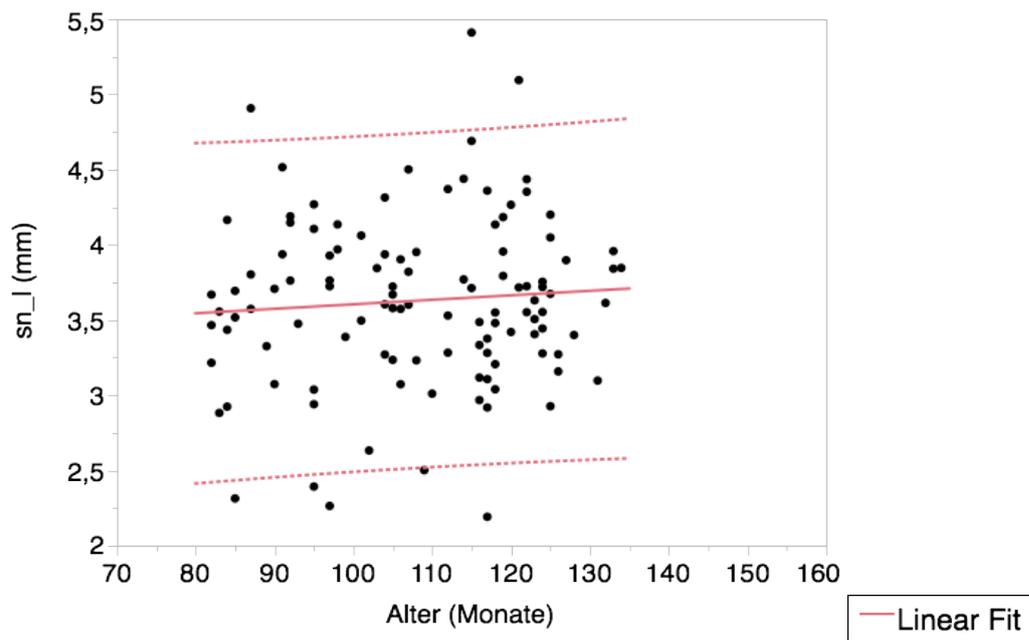


Abb. 10-30 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

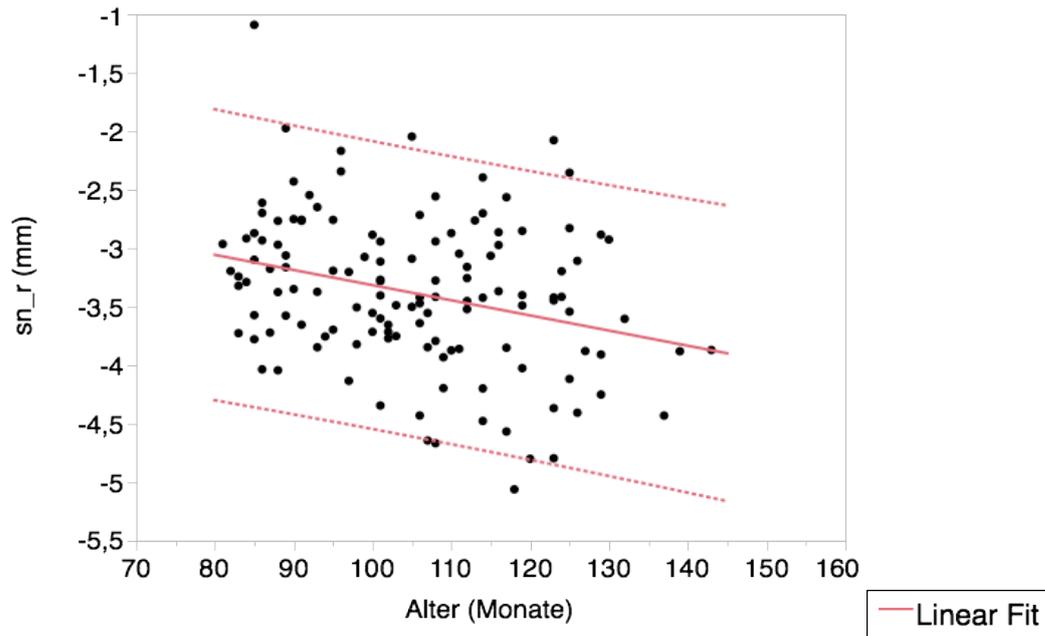


Abb. 10-31 Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

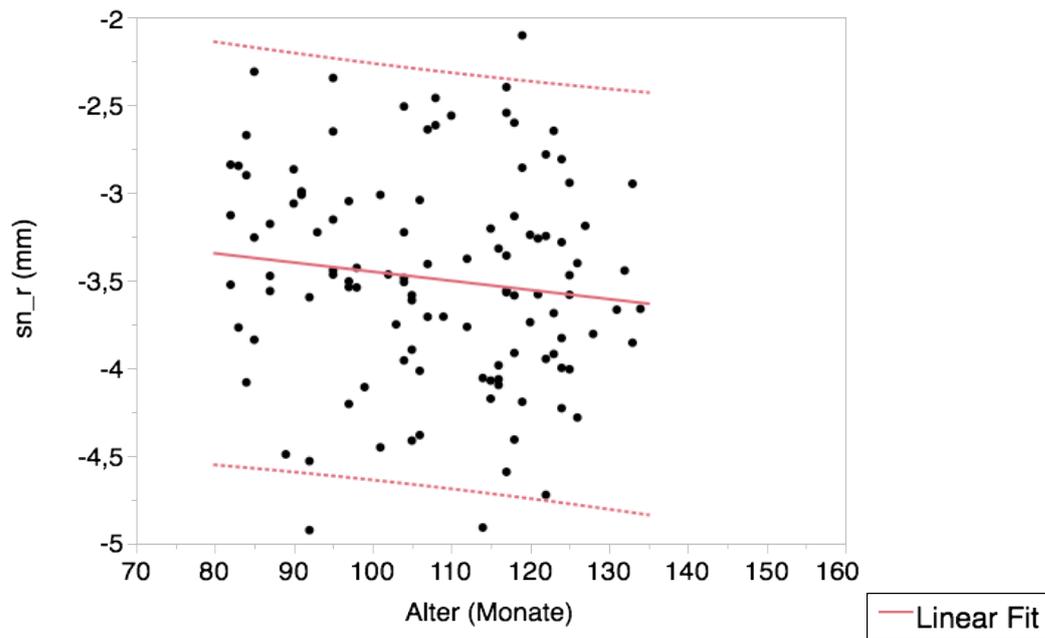


Abb. 10-32 Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

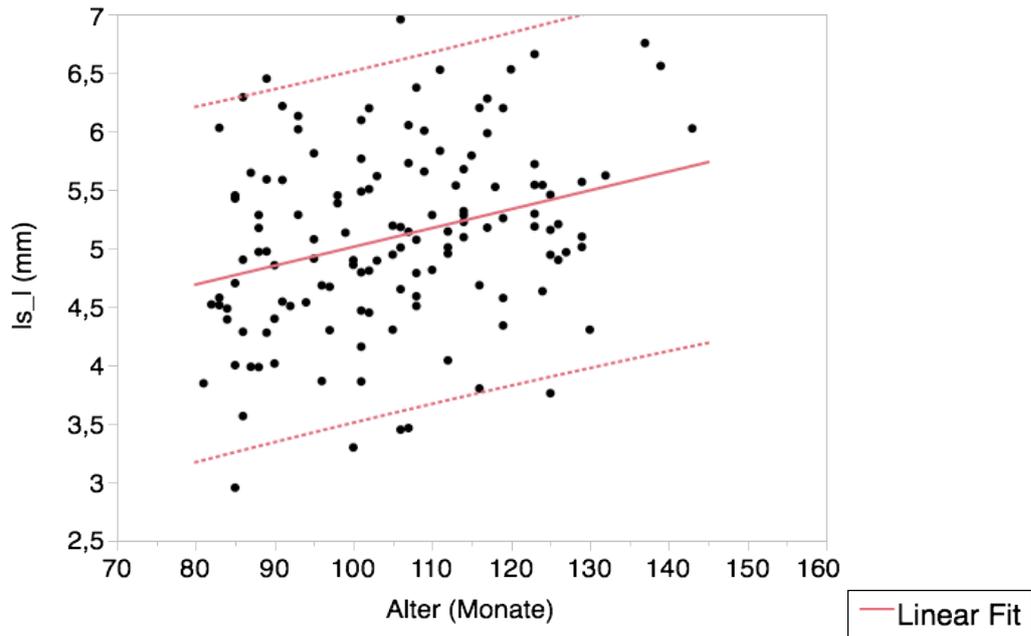


Abb. 10-33 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

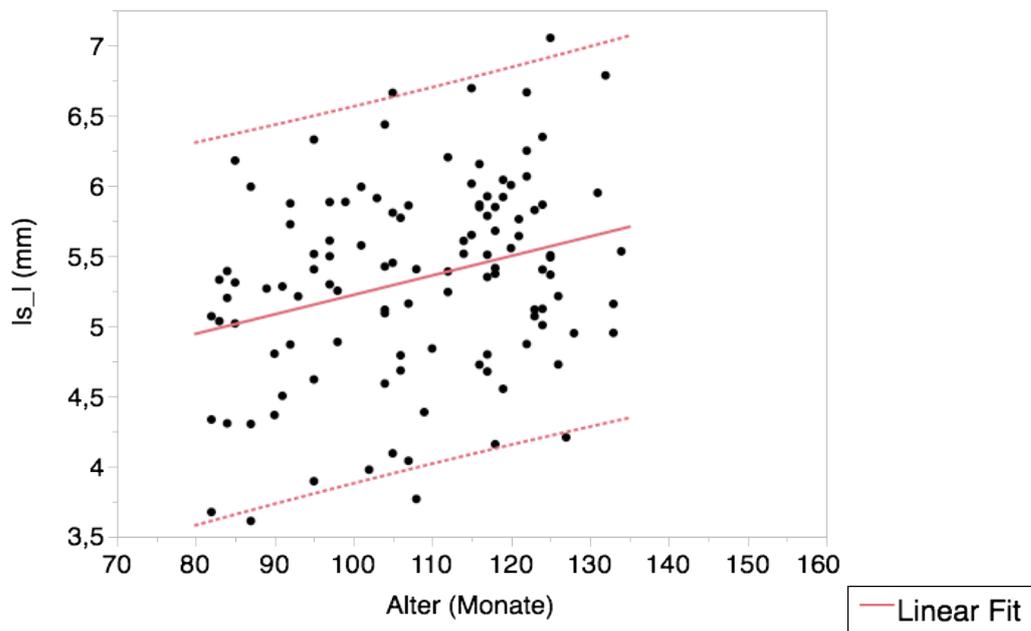


Abb. 10-34 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

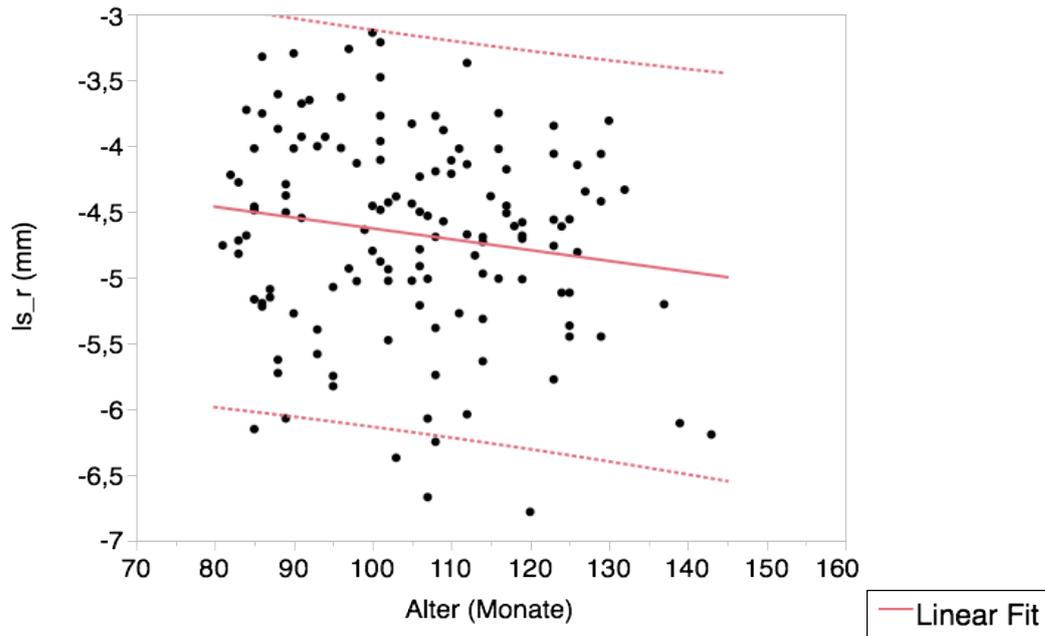


Abb. 10-35 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts (Is\_r) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

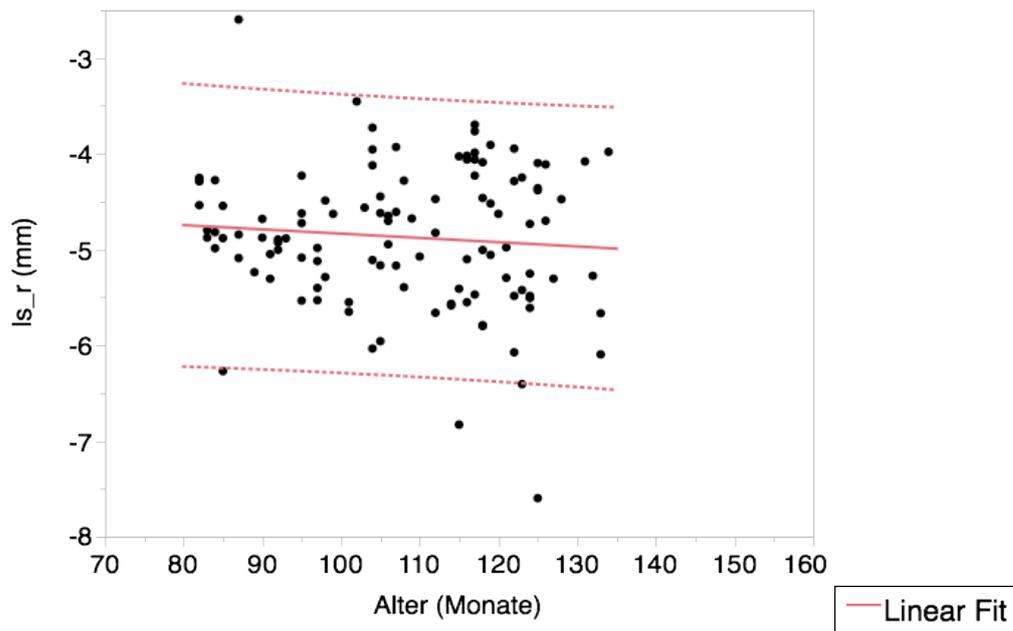


Abb. 10-36 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts (Is\_r) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

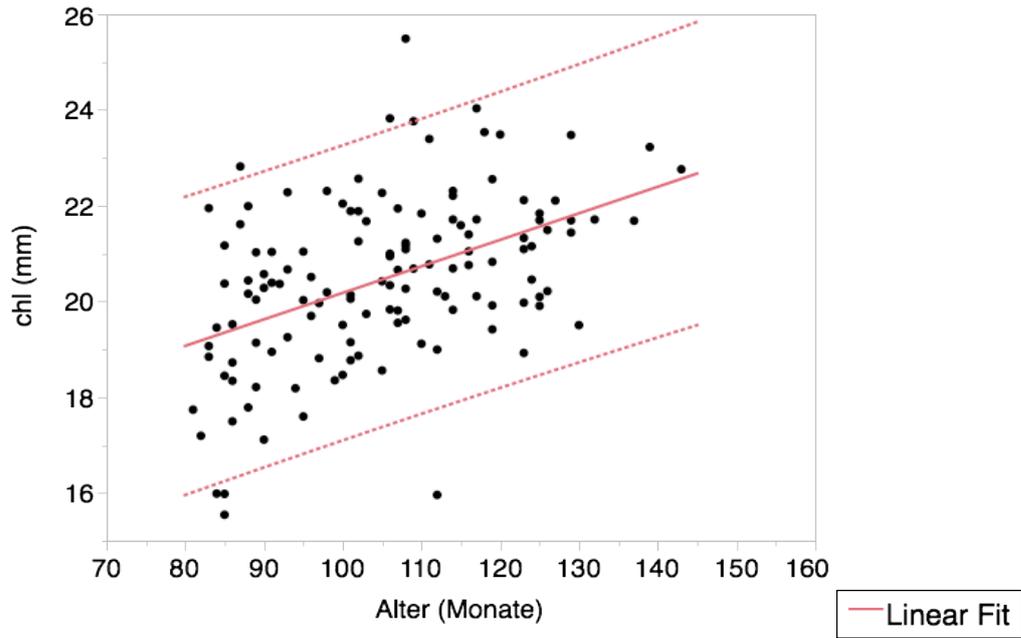


Abb. 10-37 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

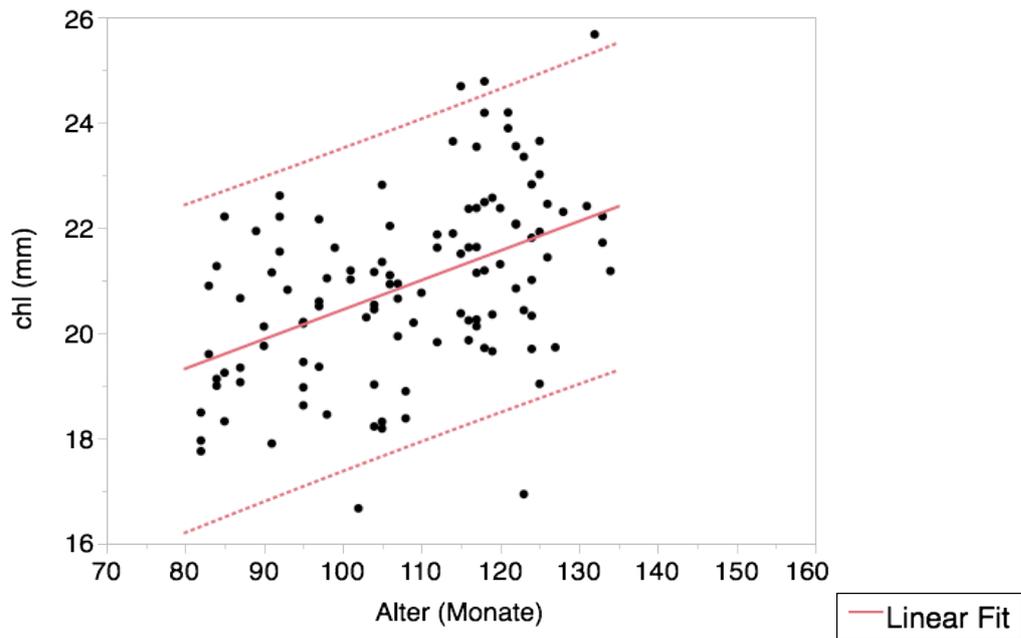


Abb. 10-38 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

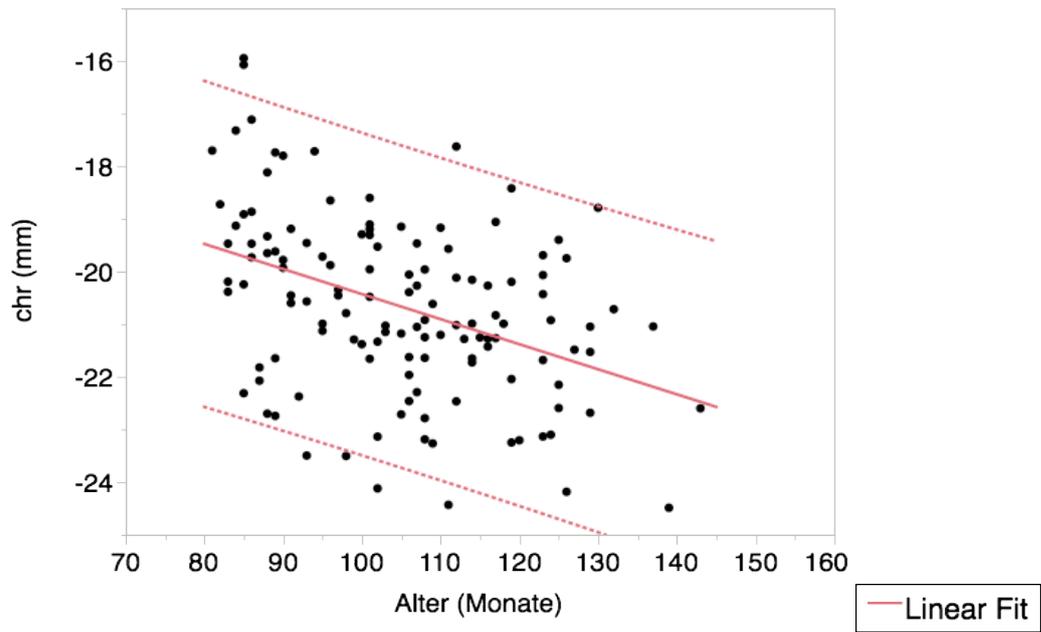


Abb. 10-39 Messwerte für den Punkt Cheilion rechts (chr) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

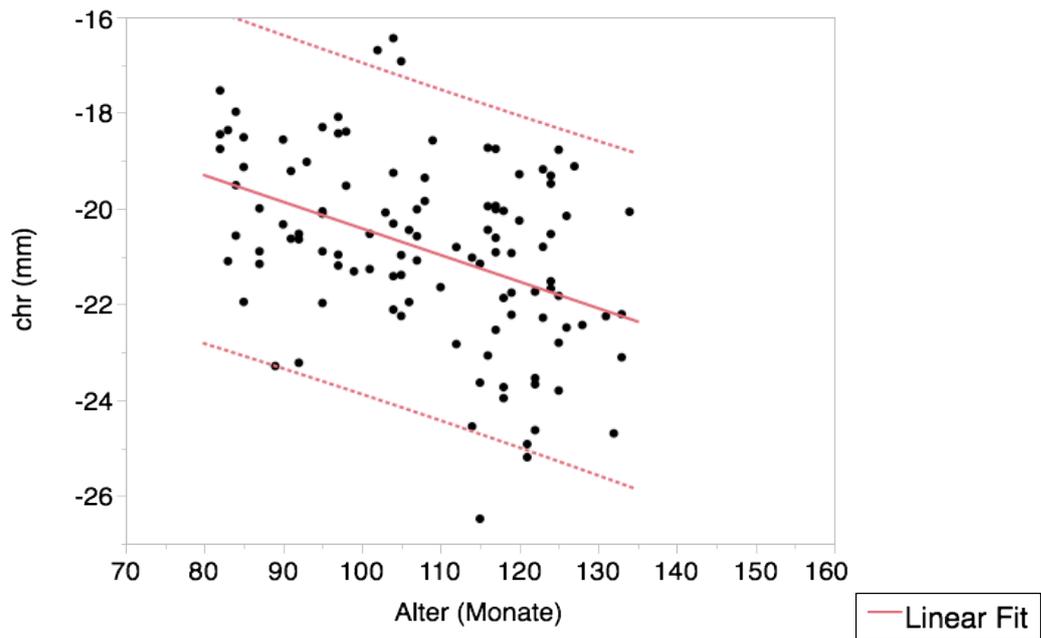


Abb. 10-40 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

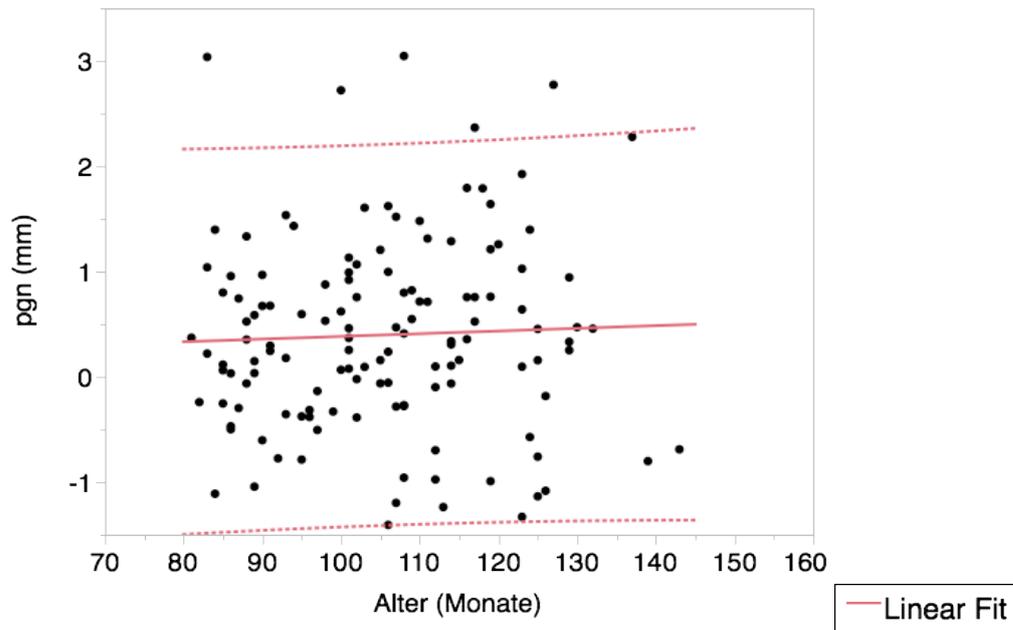


Abb. 10-41 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Mädchen in transversaler Richtung

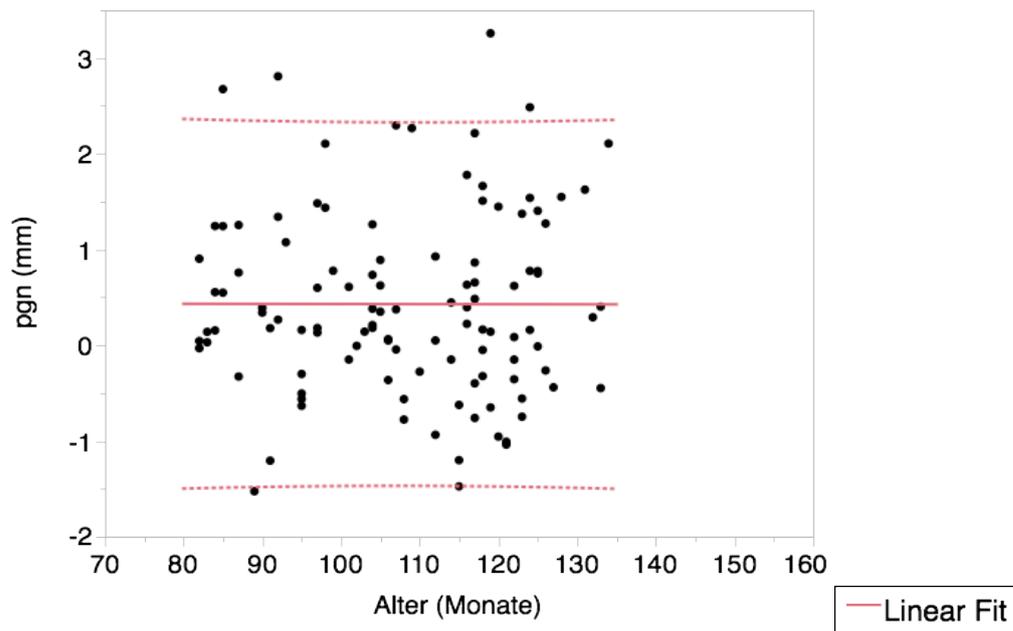


Abb. 10-42 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Jungen in transversaler Richtung

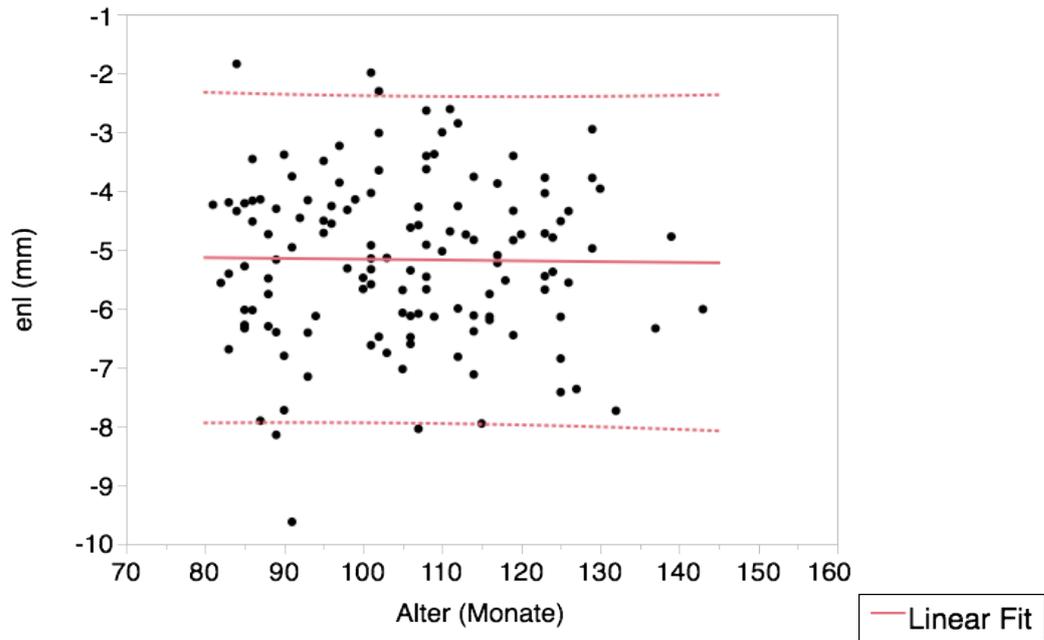


Abb. 10-43 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

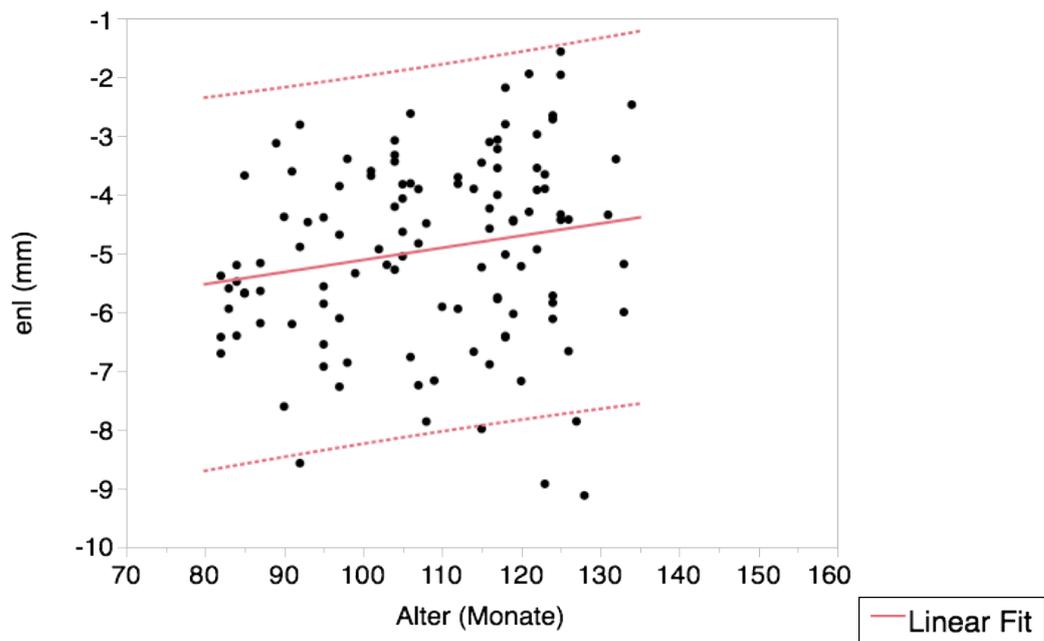


Abb. 10-44 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

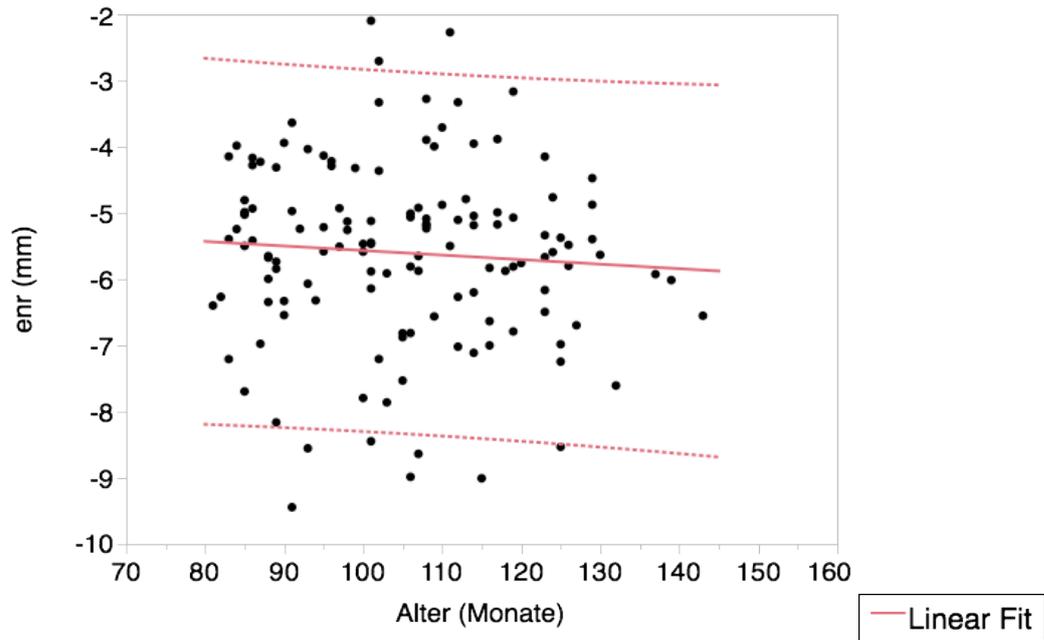


Abb. 10-45 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

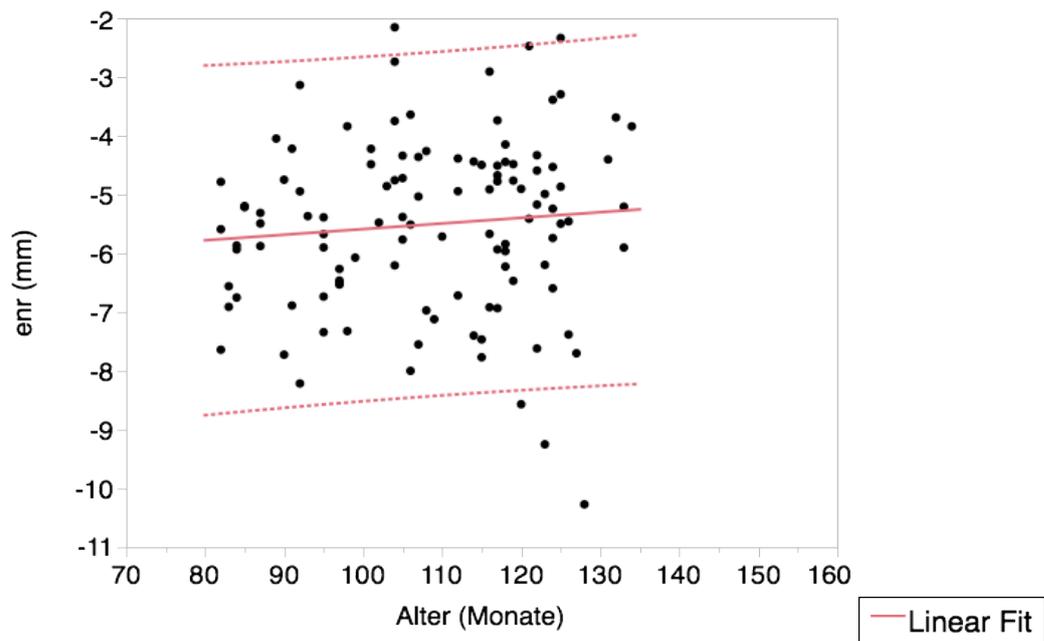


Abb. 10-46 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

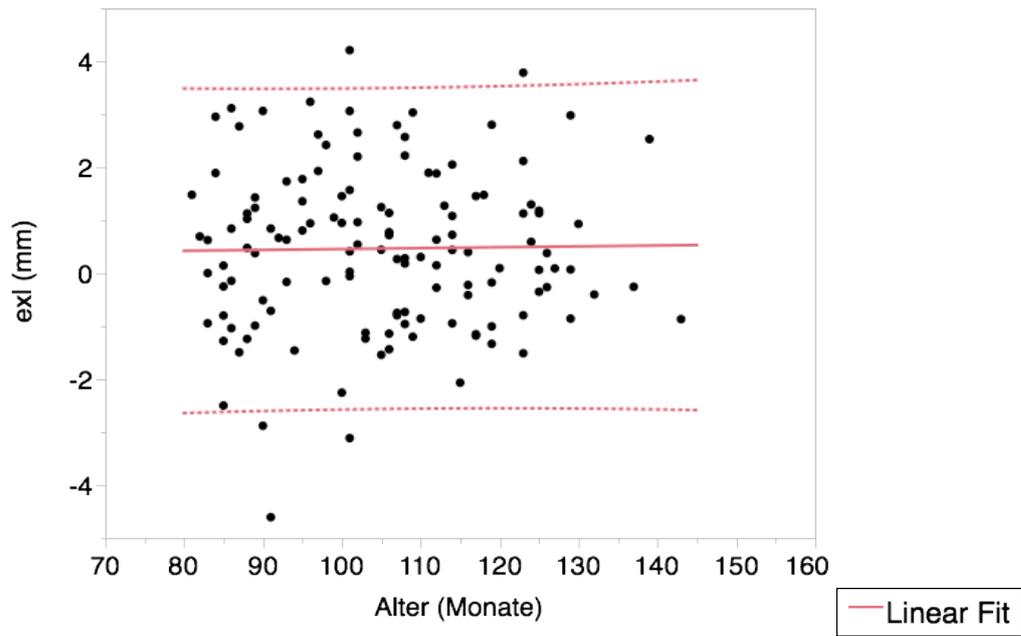


Abb. 10-47 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

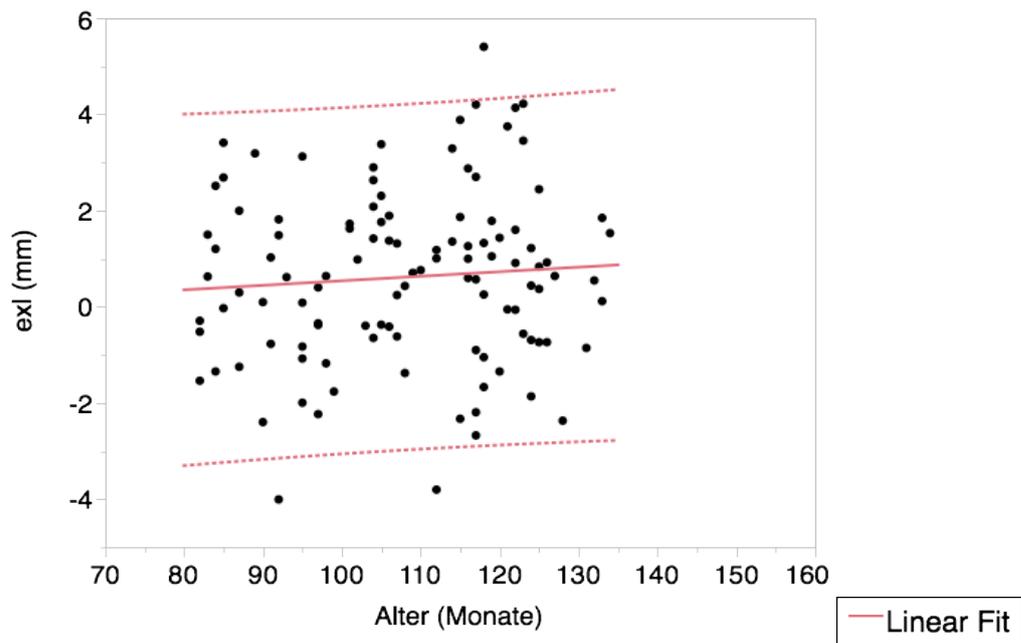


Abb. 10-48 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

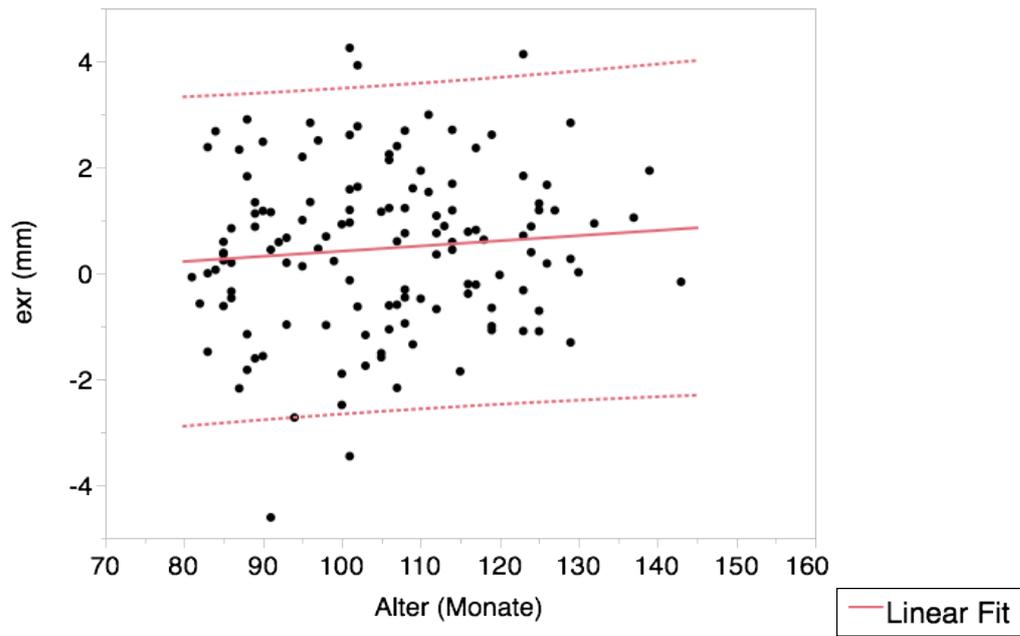


Abb. 10-49 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

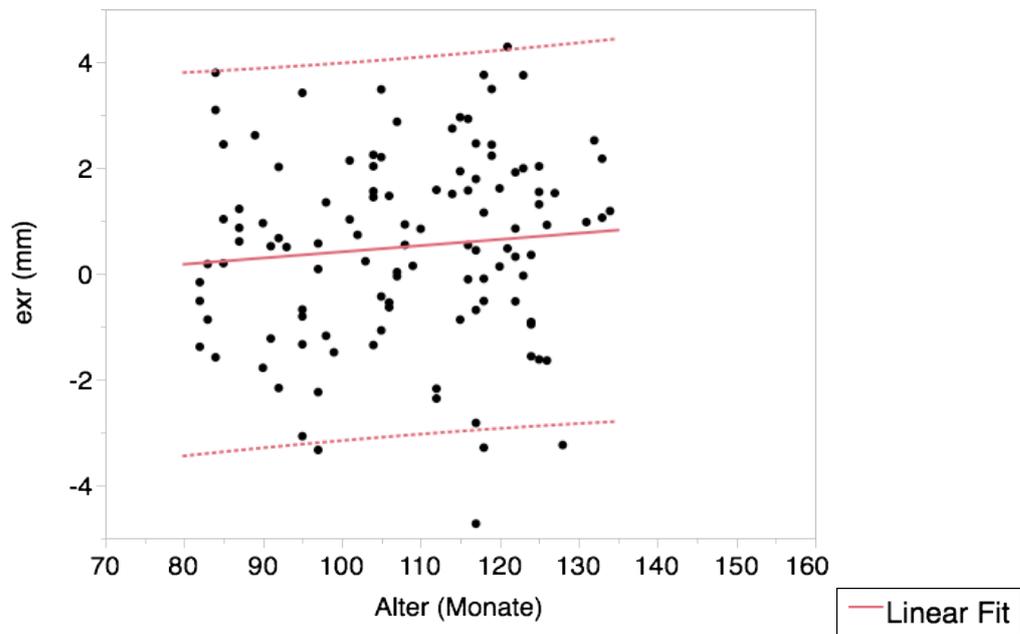
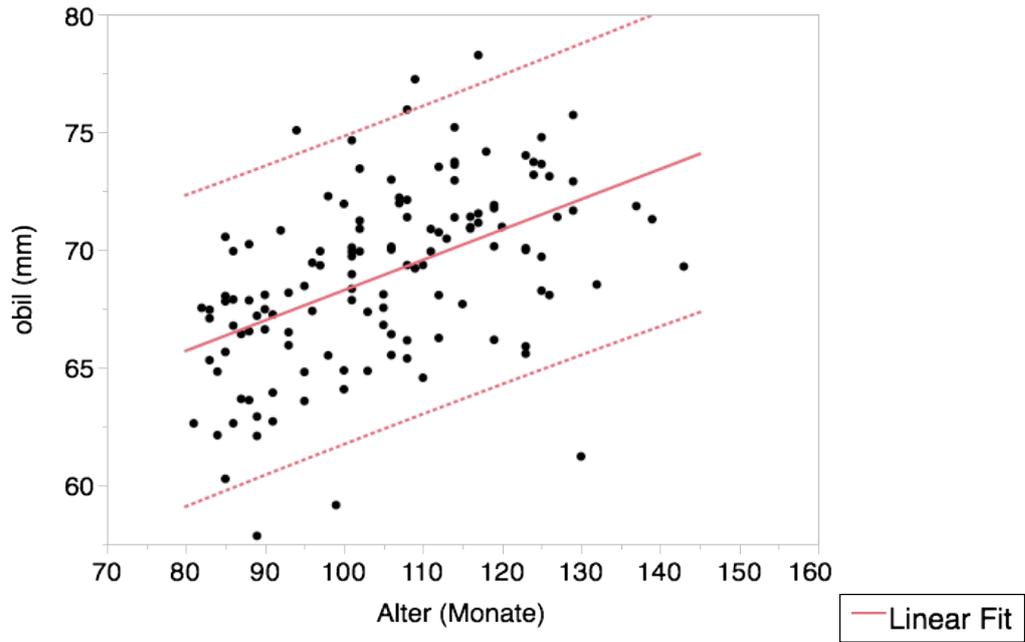
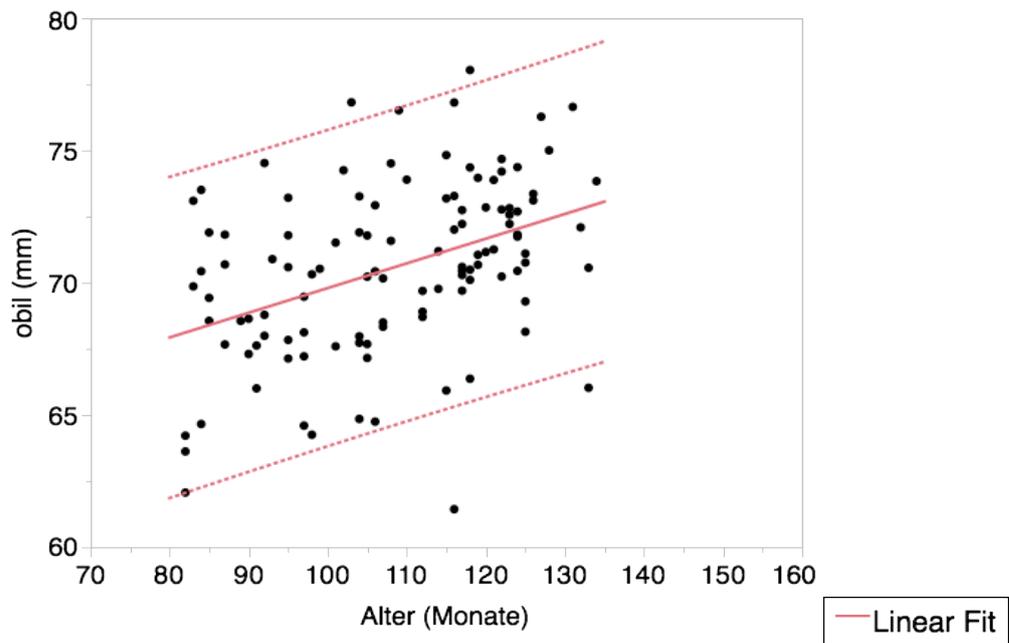


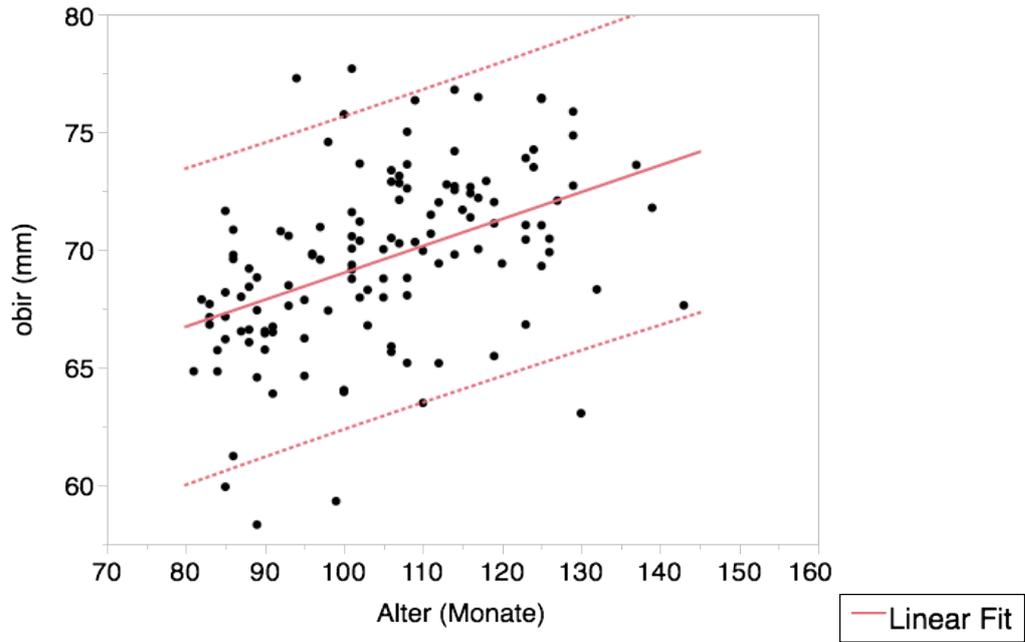
Abb. 10-50 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung



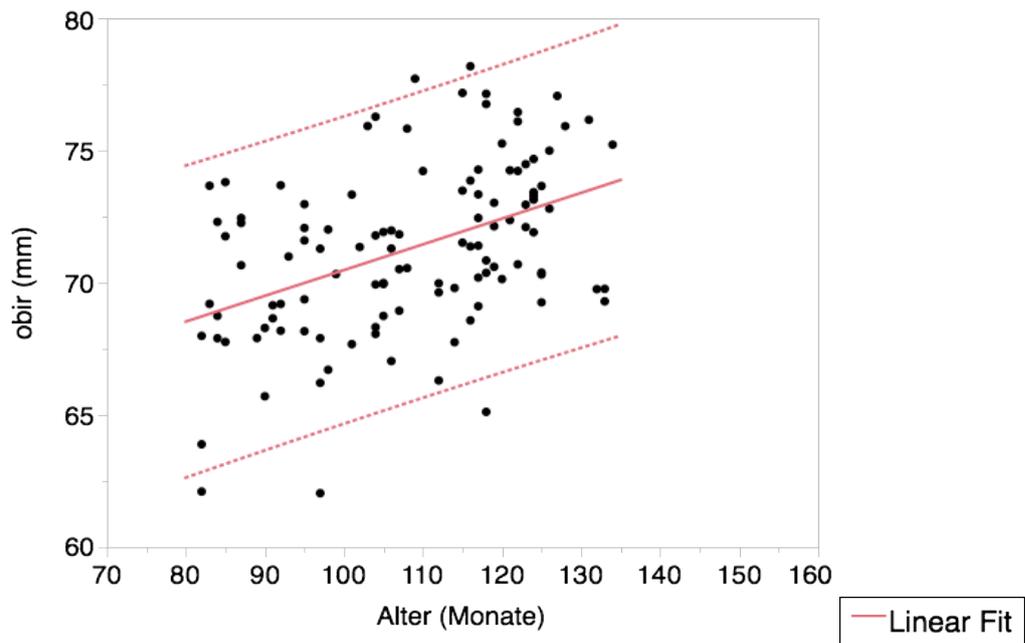
**Abb. 10-51** Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung



**Abb. 10-52** Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung



**Abb. 10-53** Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung



**Abb. 10-54** Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

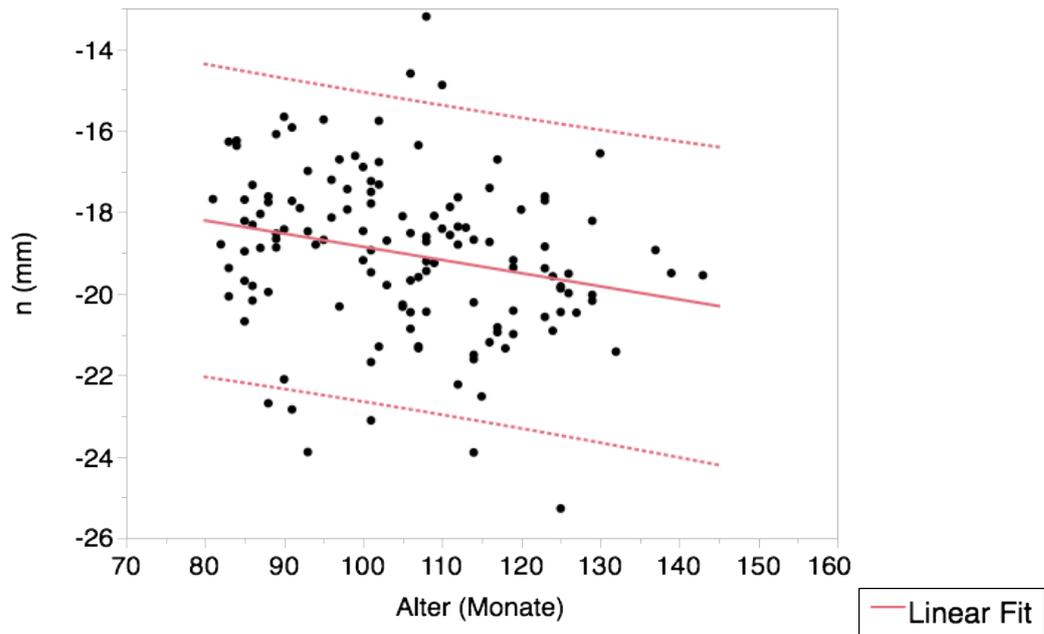


Abb. 10-55 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

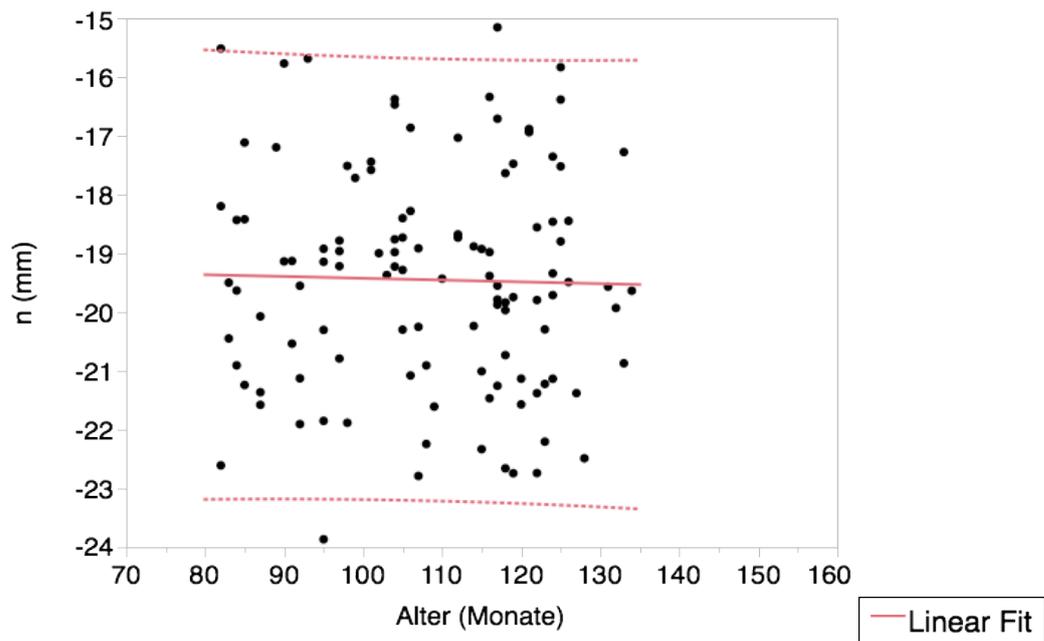


Abb. 10-56 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

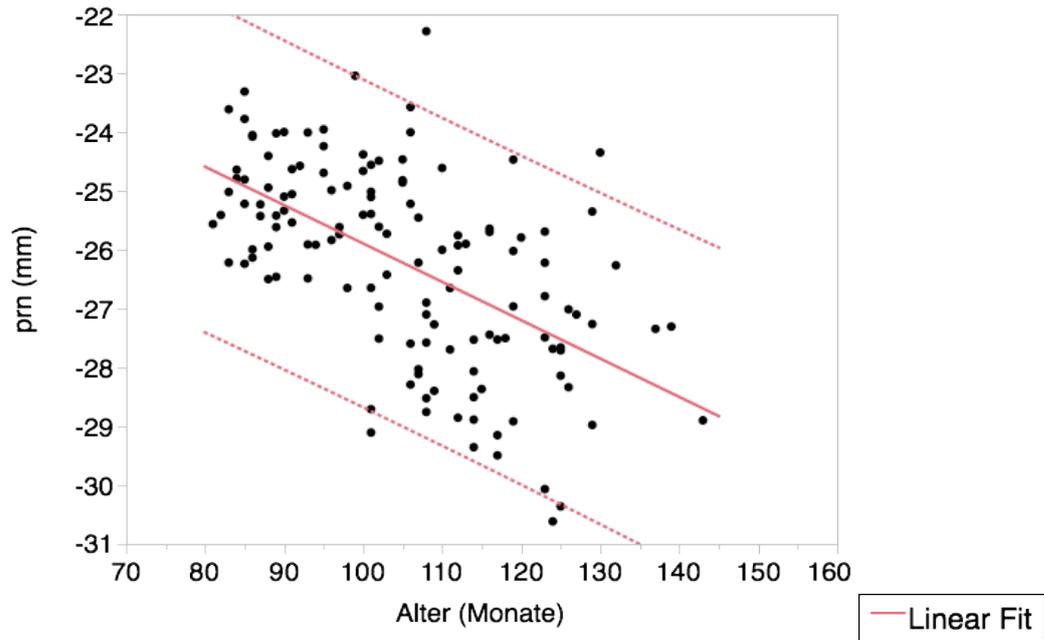


Abb. 10-57 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

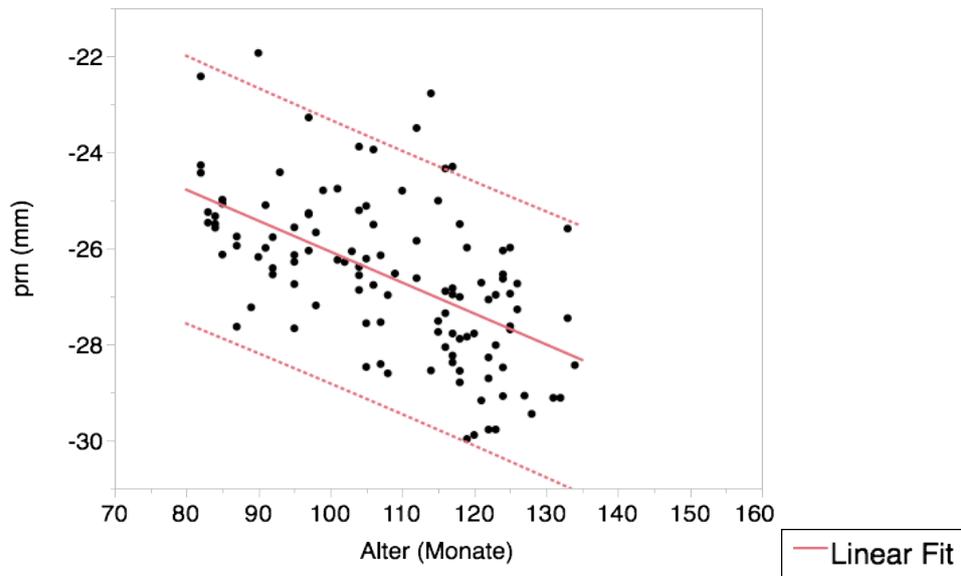


Abb. 10-58 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

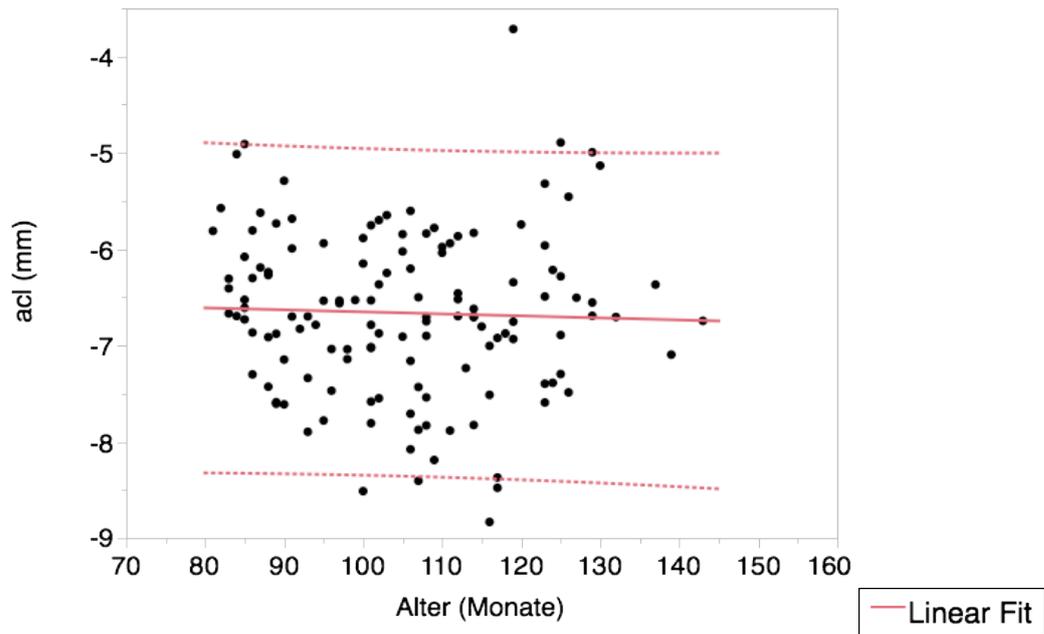


Abb. 10-59 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

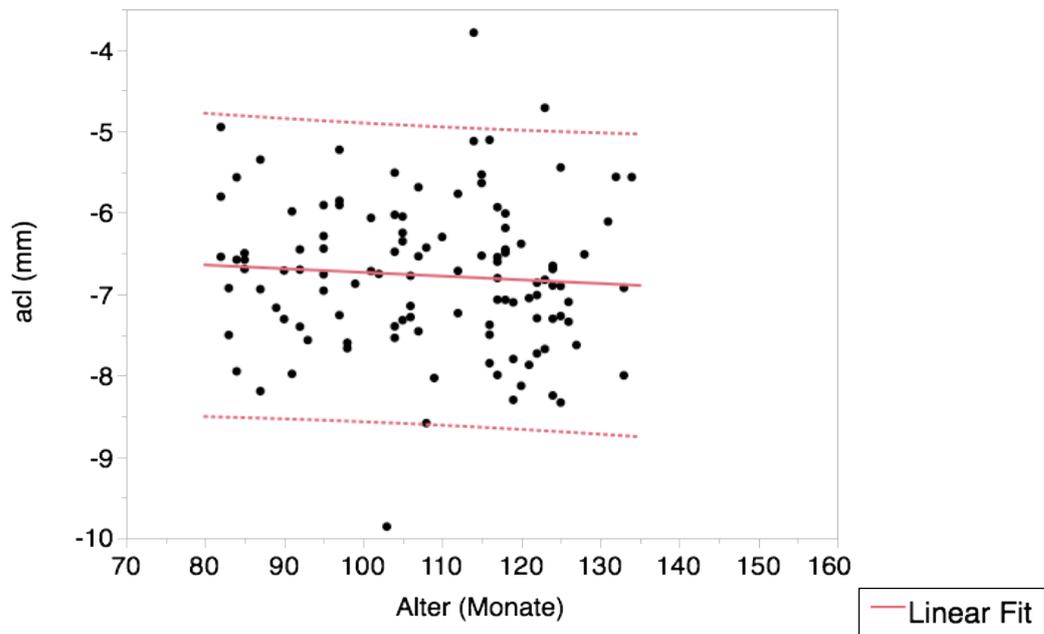


Abb. 10-60 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

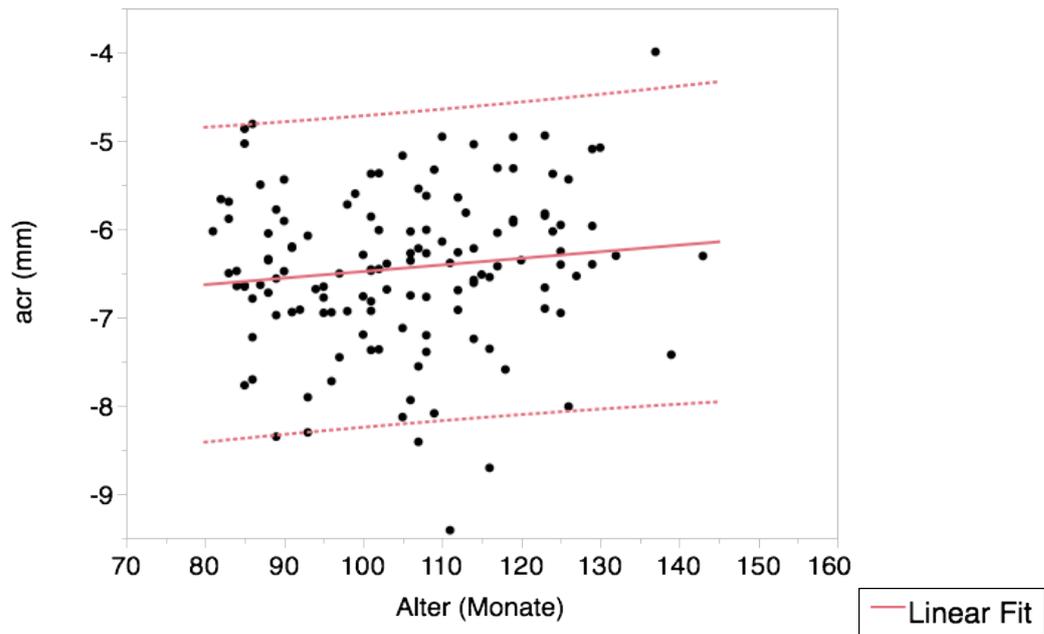


Abb. 10-61 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

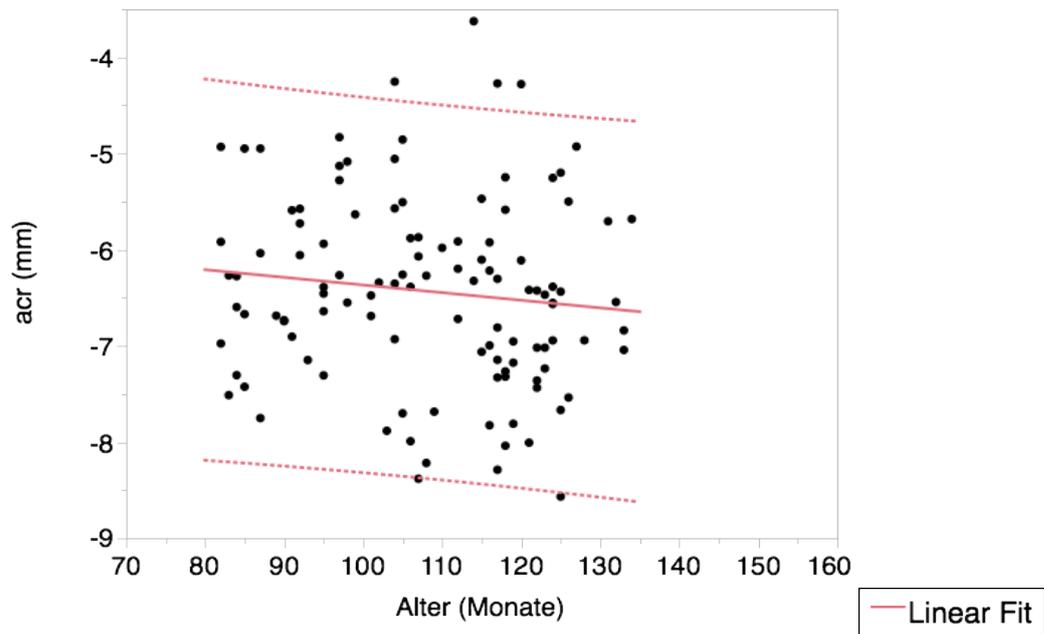


Abb. 10-62 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

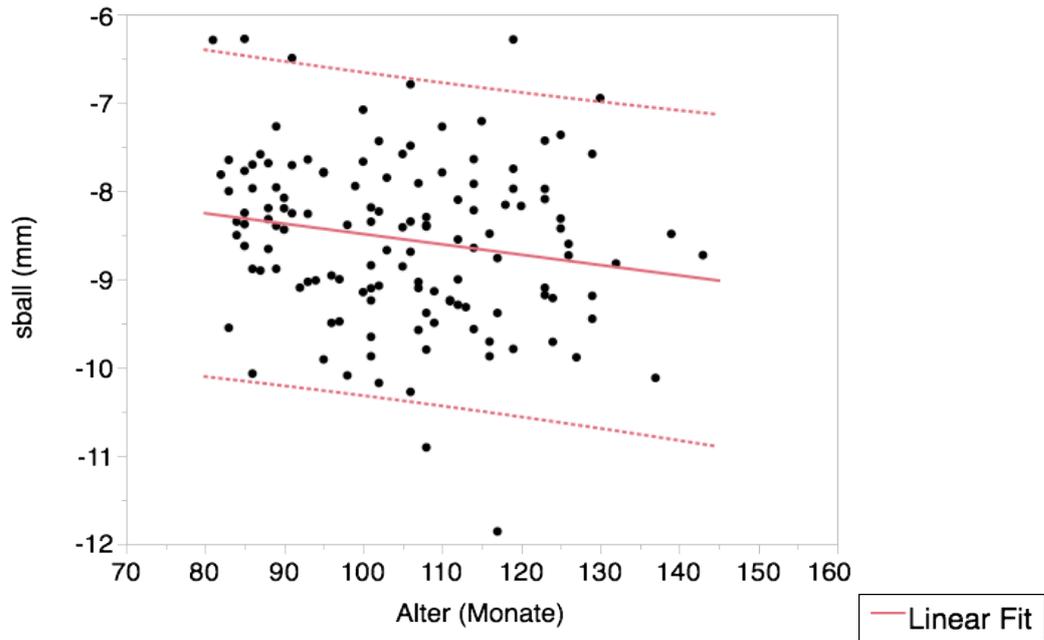


Abb. 10-63 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

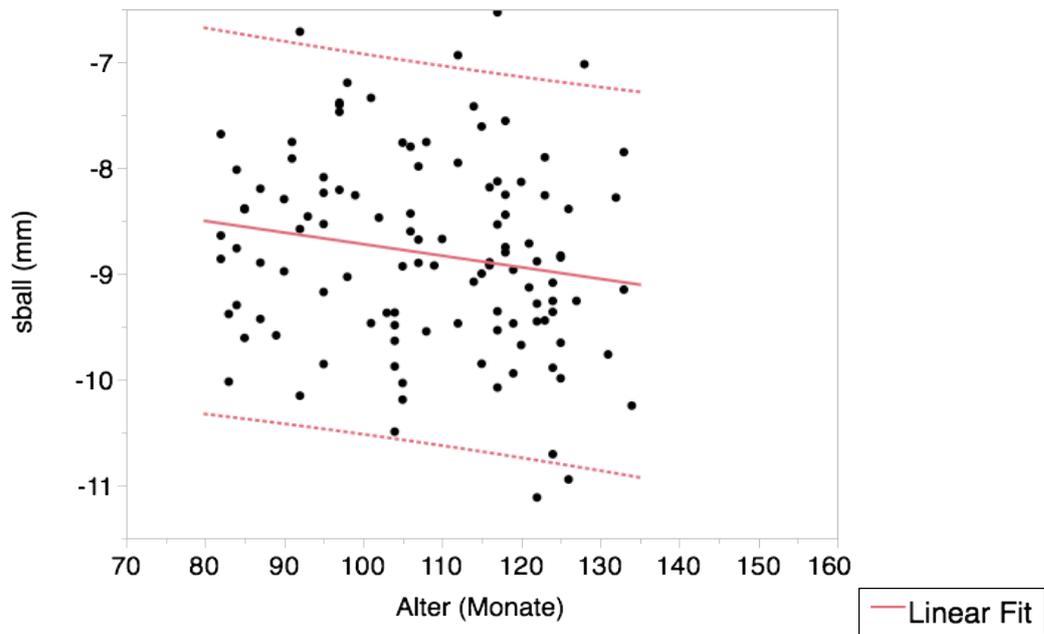


Abb. 10-64 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

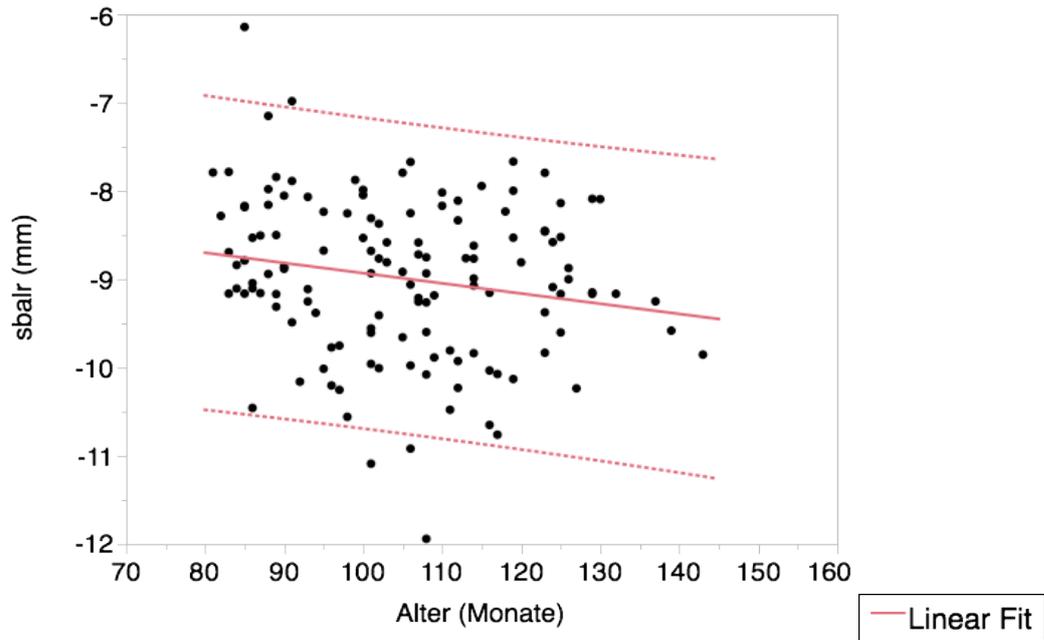


Abb. 10-65 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

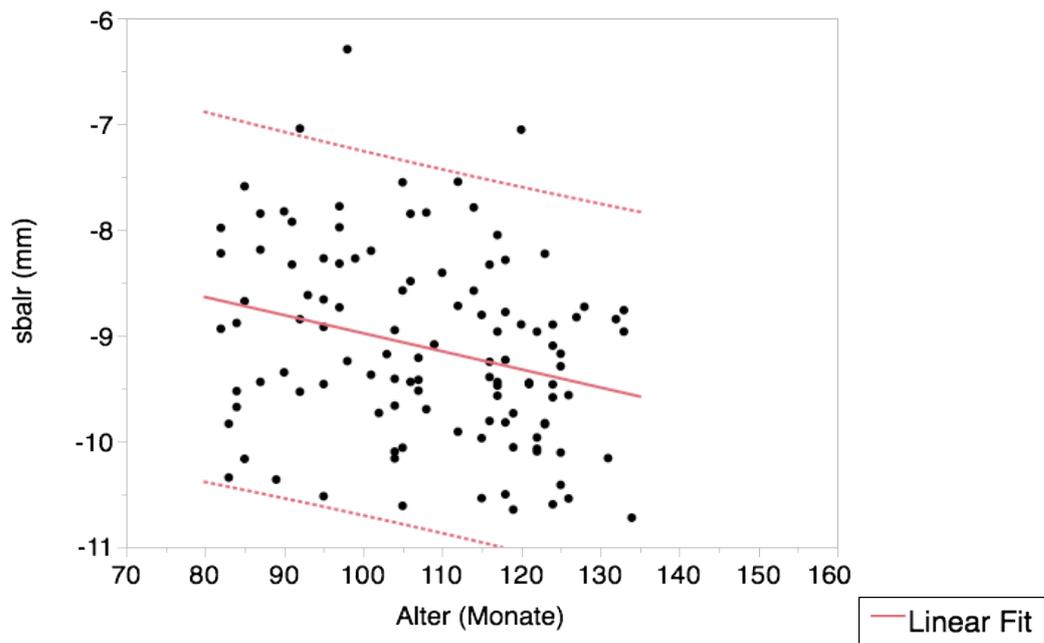


Abb. 10-66 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

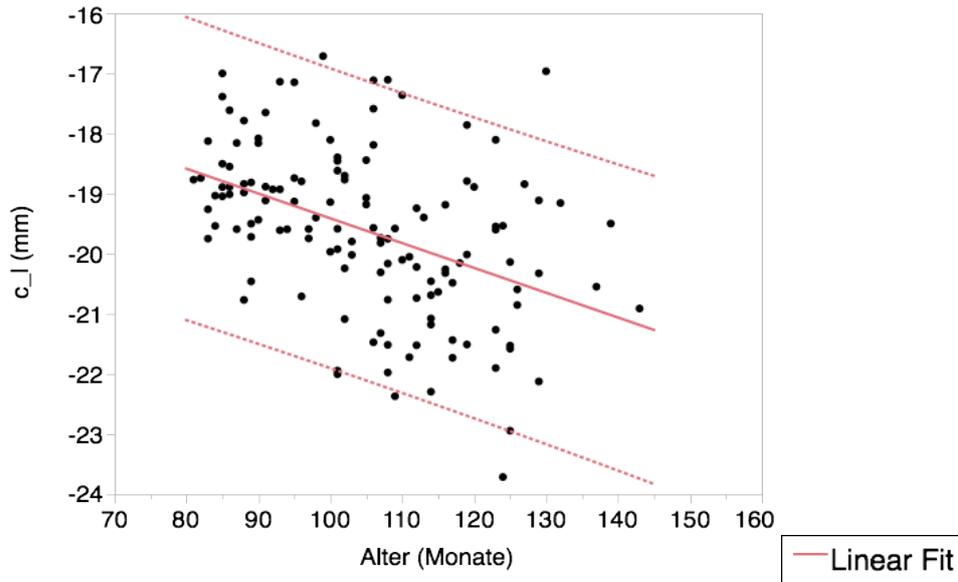


Abb. 10-67 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

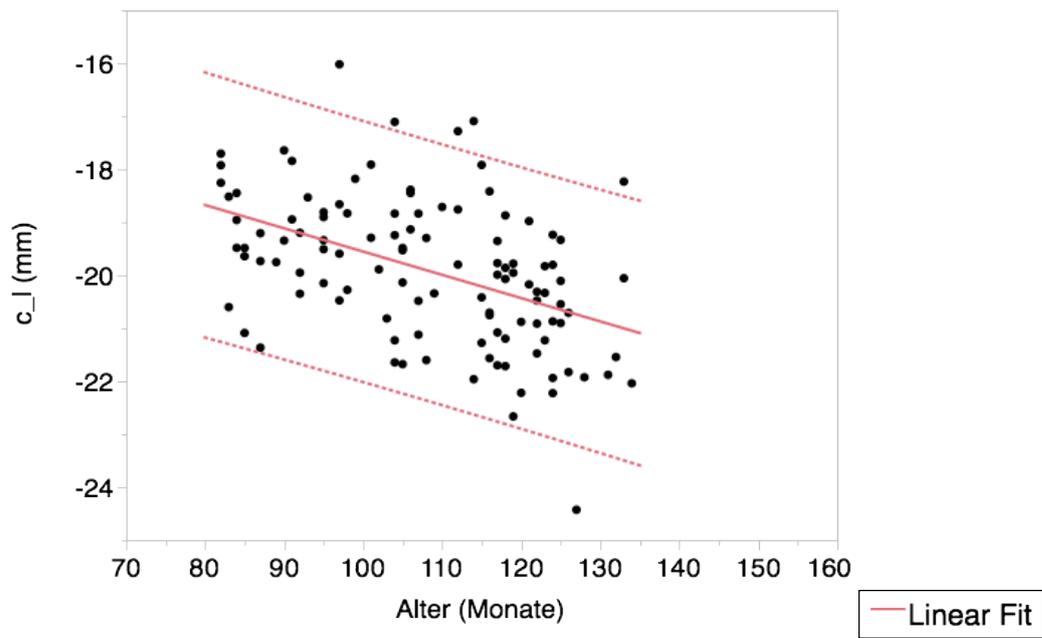


Abb. 10-68 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

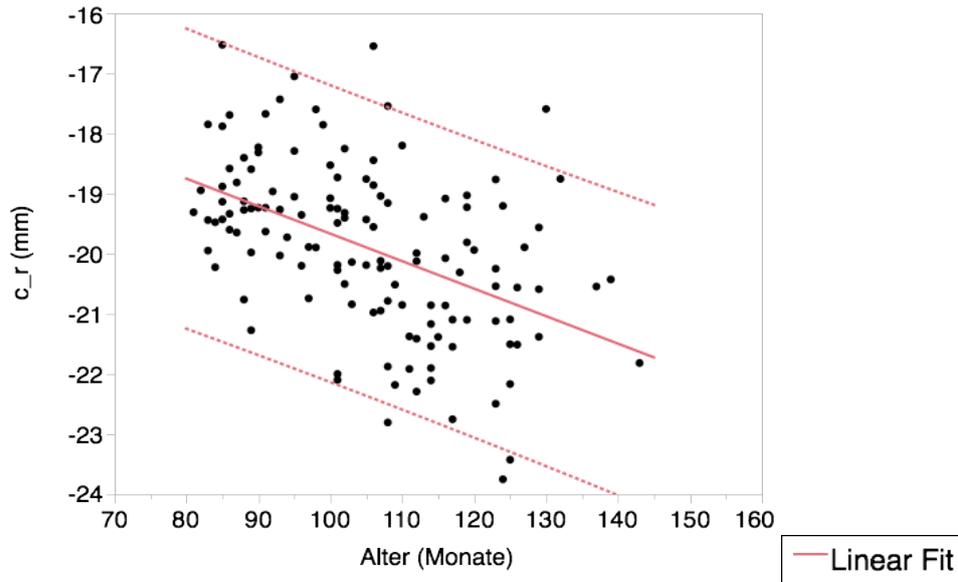


Abb. 10-69 Messwerte für den Punkt Columella rechts (c\_r) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

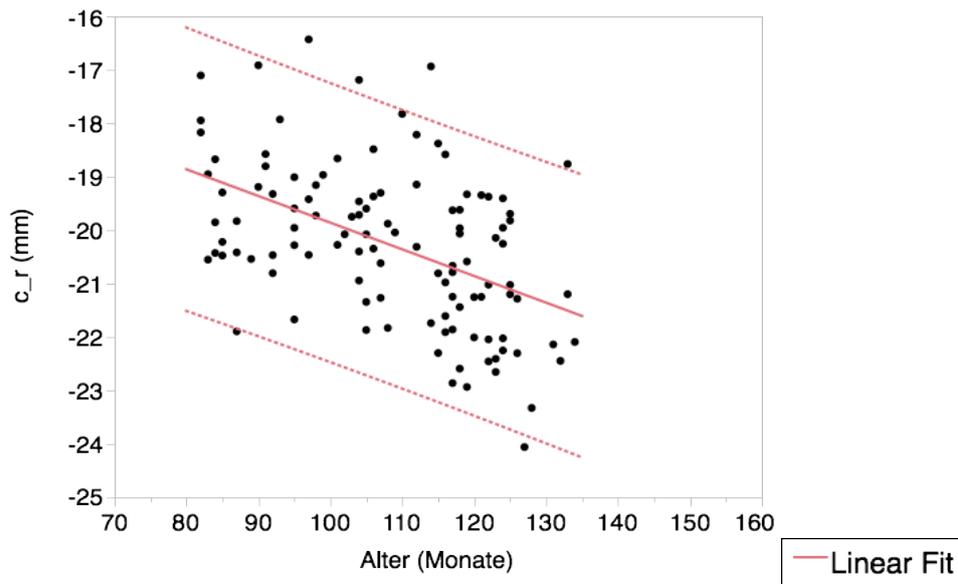


Abb. 10-70 Messwerte für den Punkt Columella rechts (c\_r) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

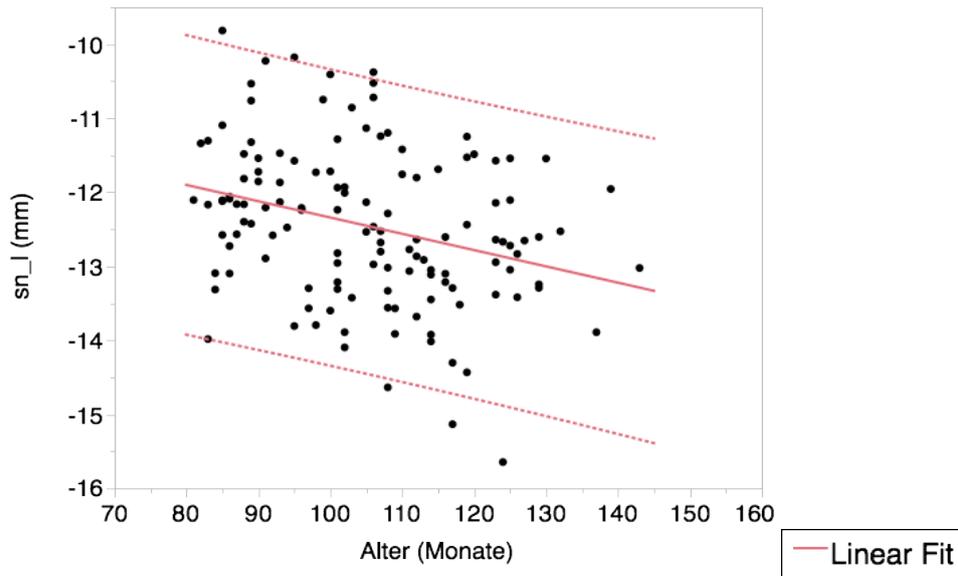


Abb. 10-71 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

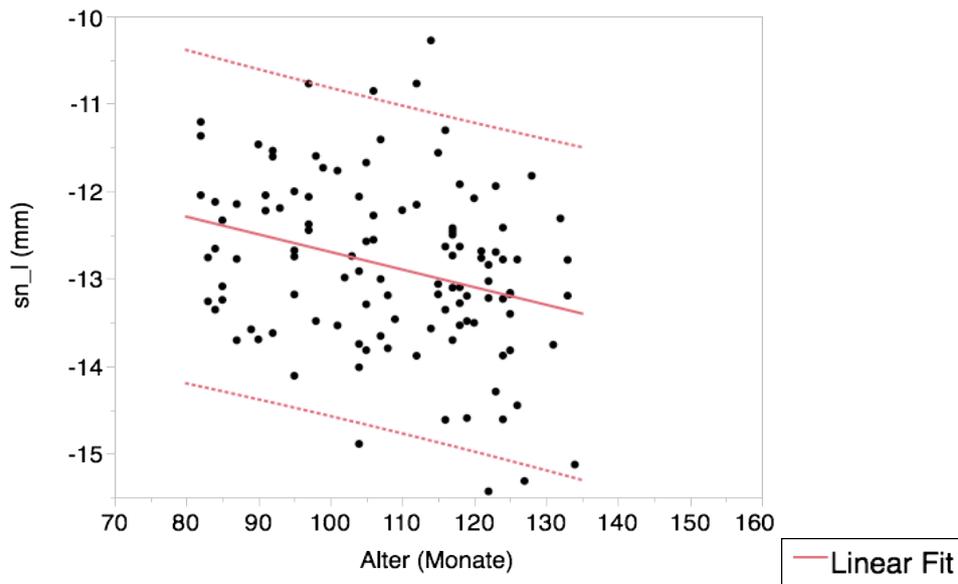
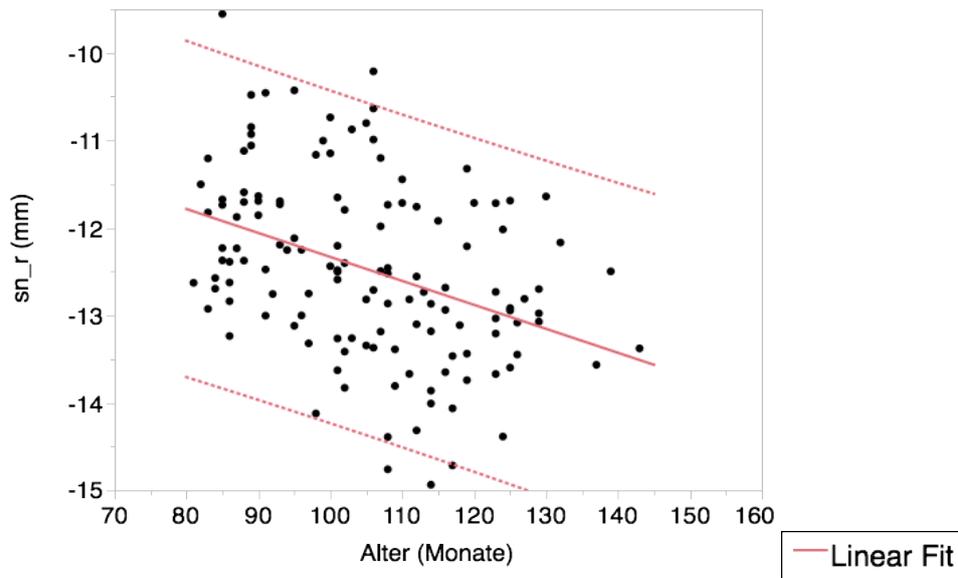
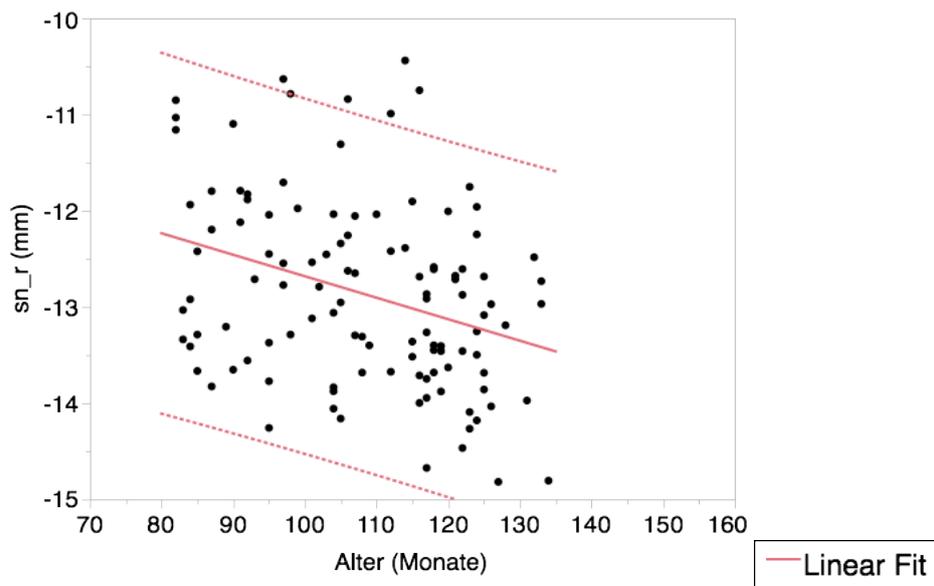


Abb. 10-72 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung



**Abb. 10-73** Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung



**Abb. 10-74** Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

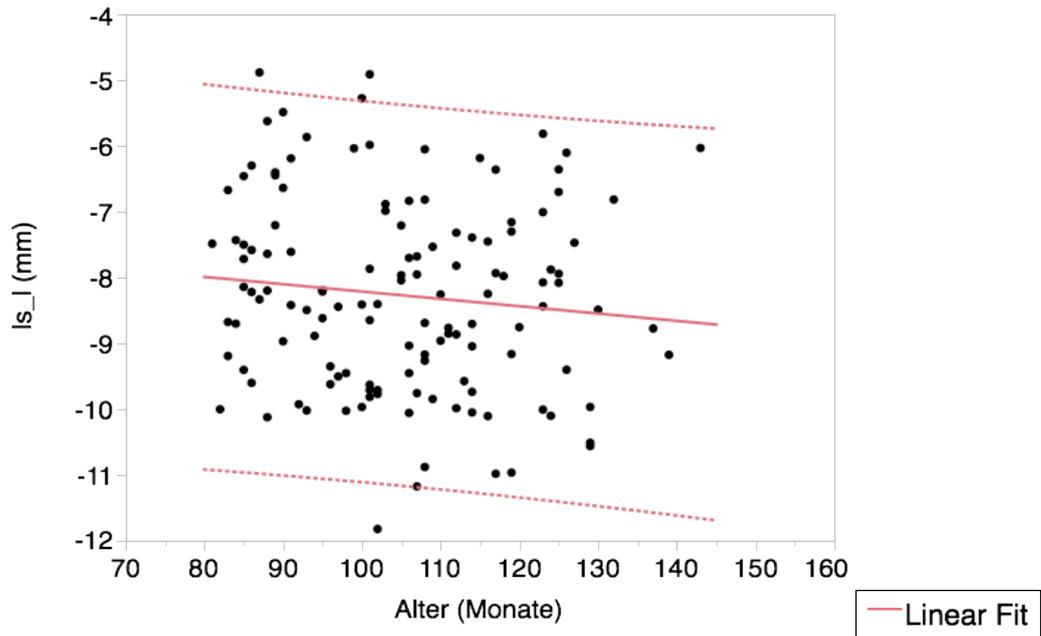


Abb. 10-75 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

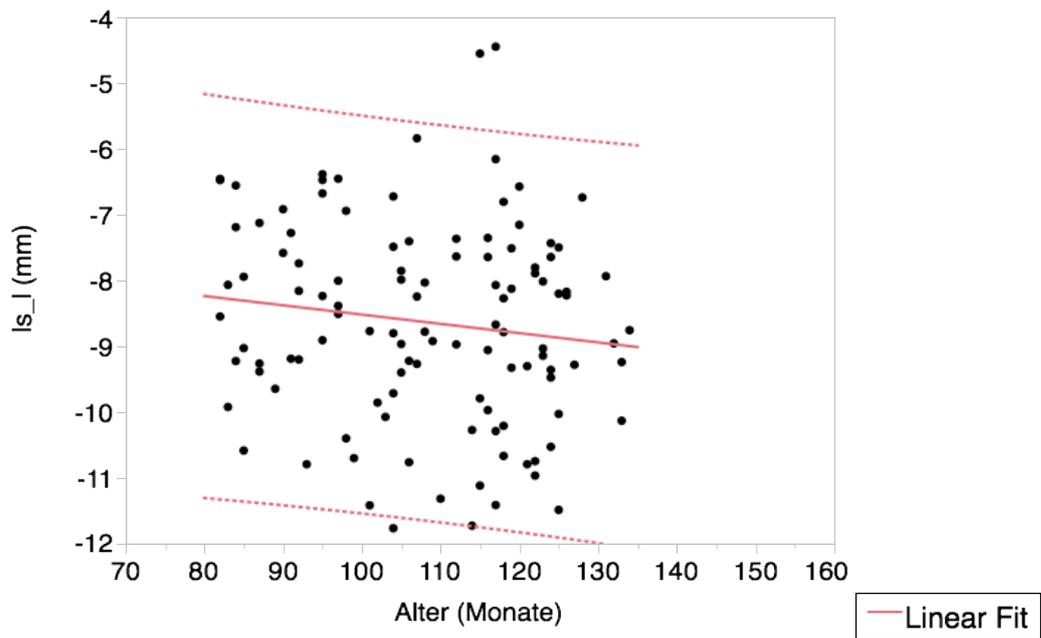


Abb. 10-76 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

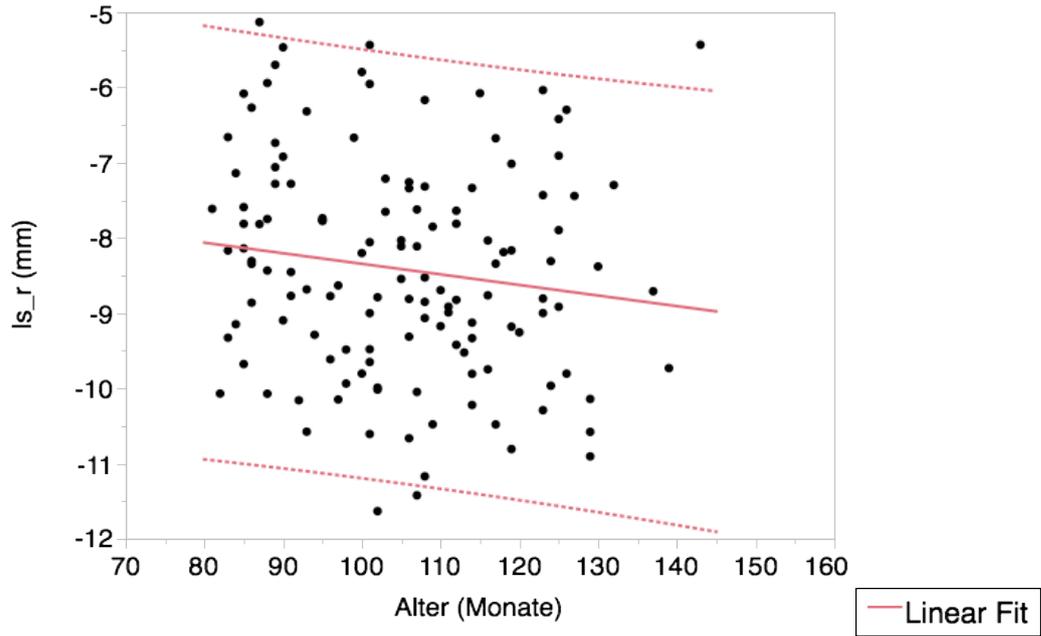


Abb. 10-77 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts ( $Is_r$ ) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

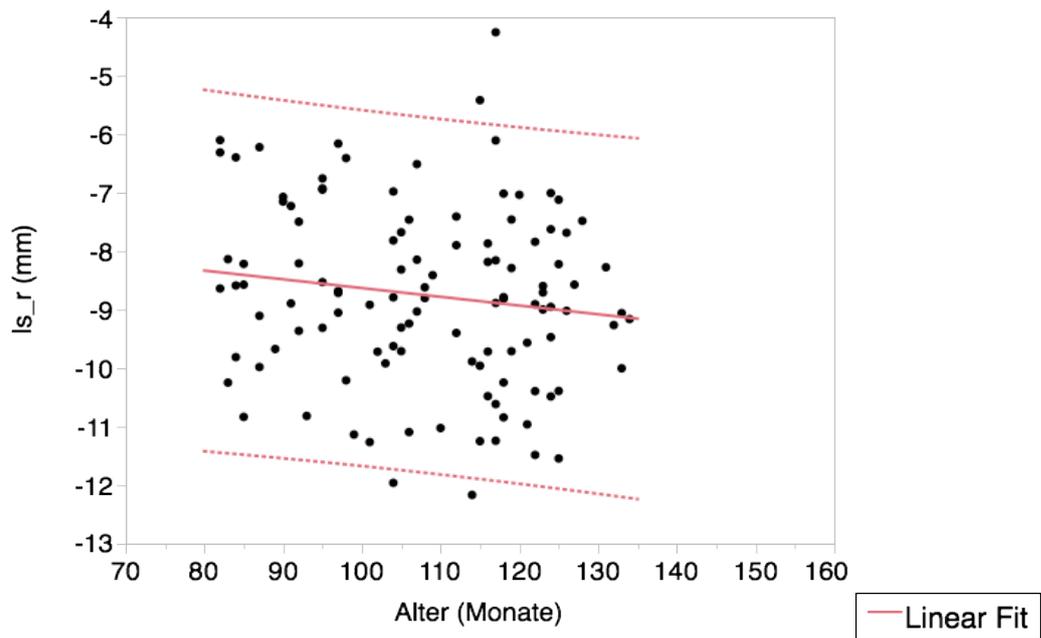


Abb. 10-78 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts ( $Is_r$ ) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

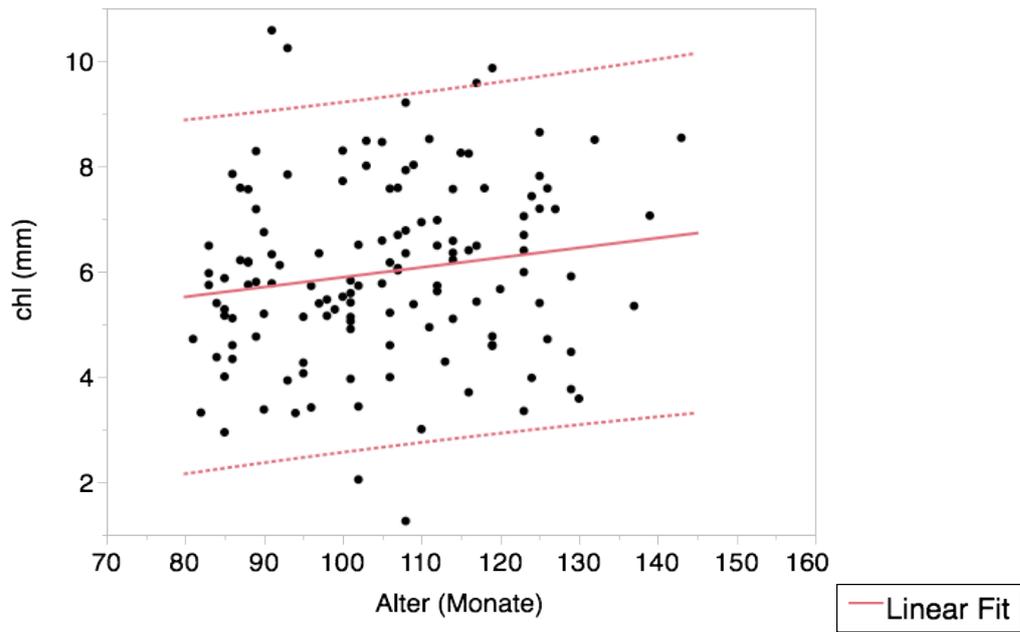


Abb. 10-79 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

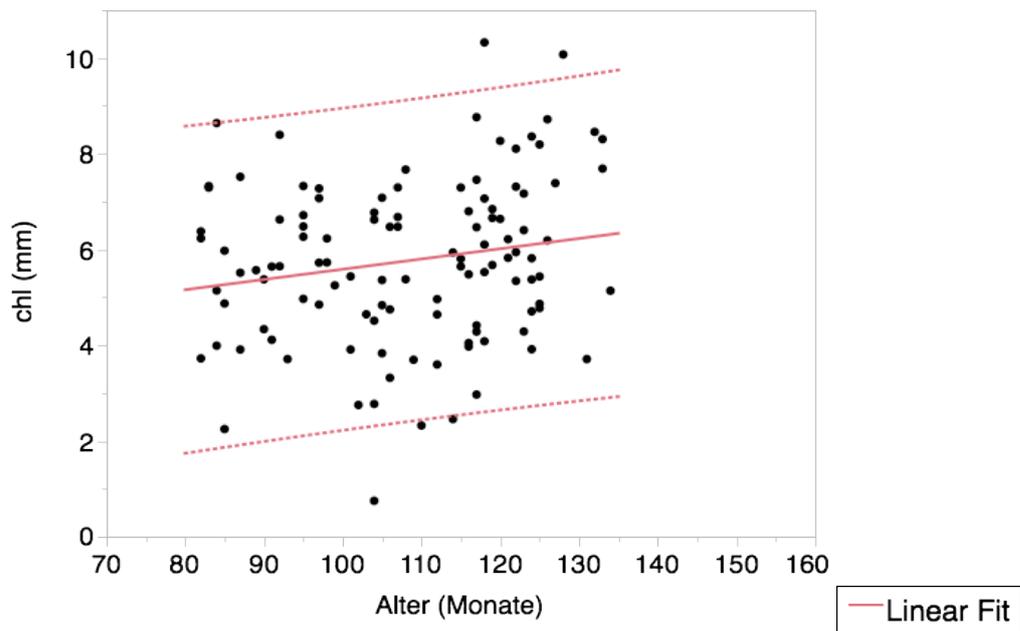


Abb. 10-80 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

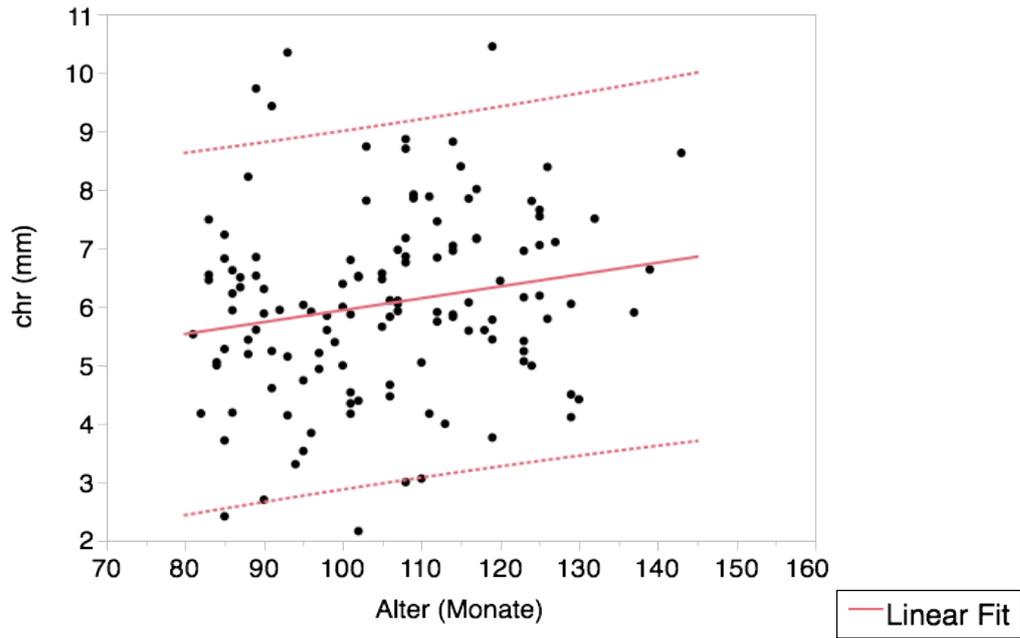


Abb. 10-81 Messwerte für den Punkt Cheilion rechts (chr) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

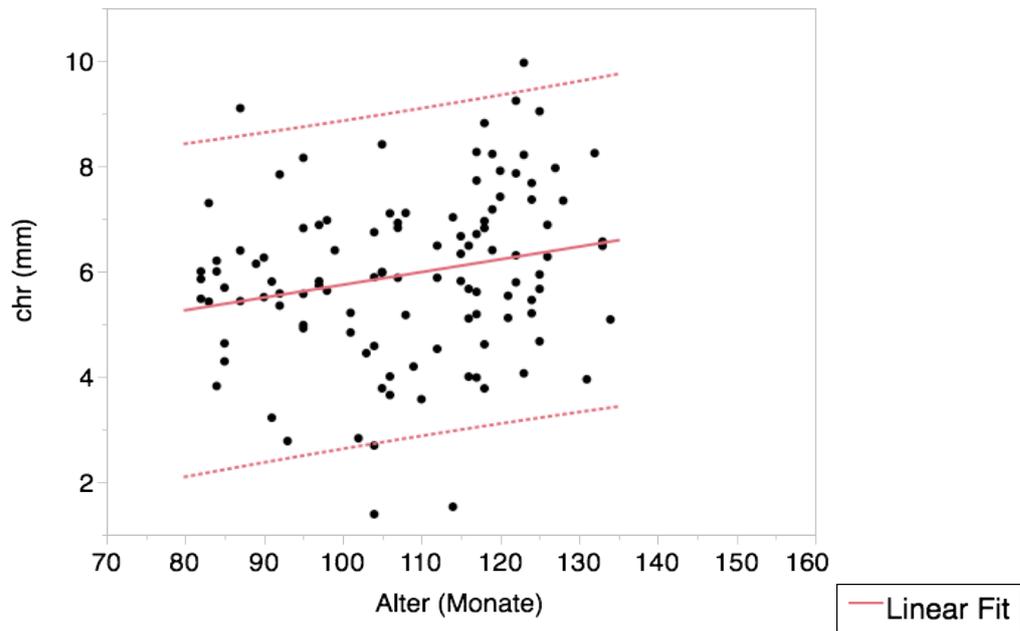


Abb. 10-82 Messwerte für den Punkt Cheilion rechts (chr) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

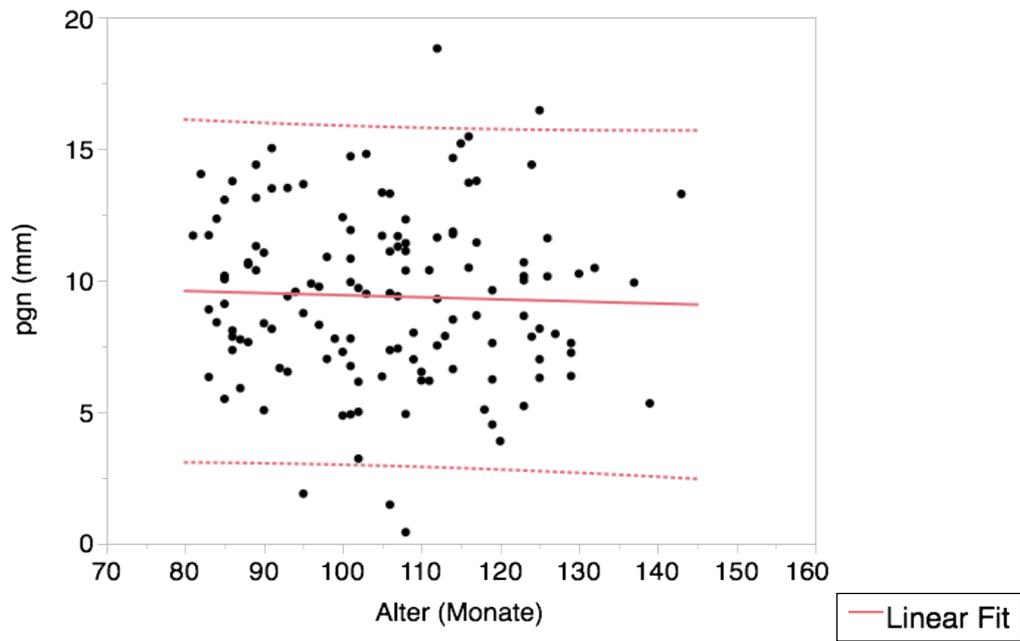


Abb. 10-83 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Mädchen in sagittaler Richtung

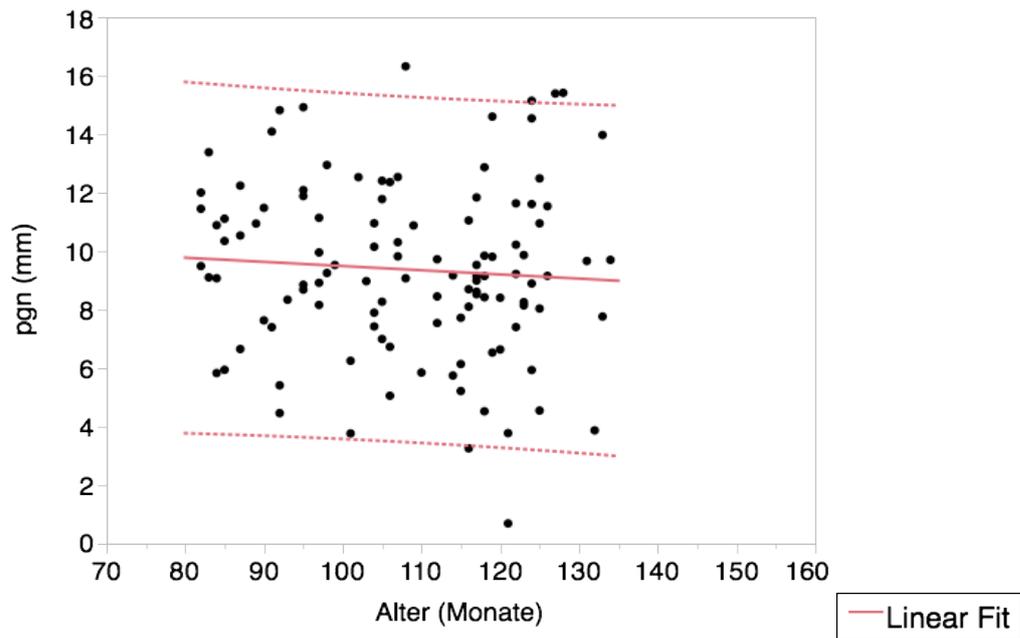


Abb. 10-84 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Jungen in sagittaler Richtung

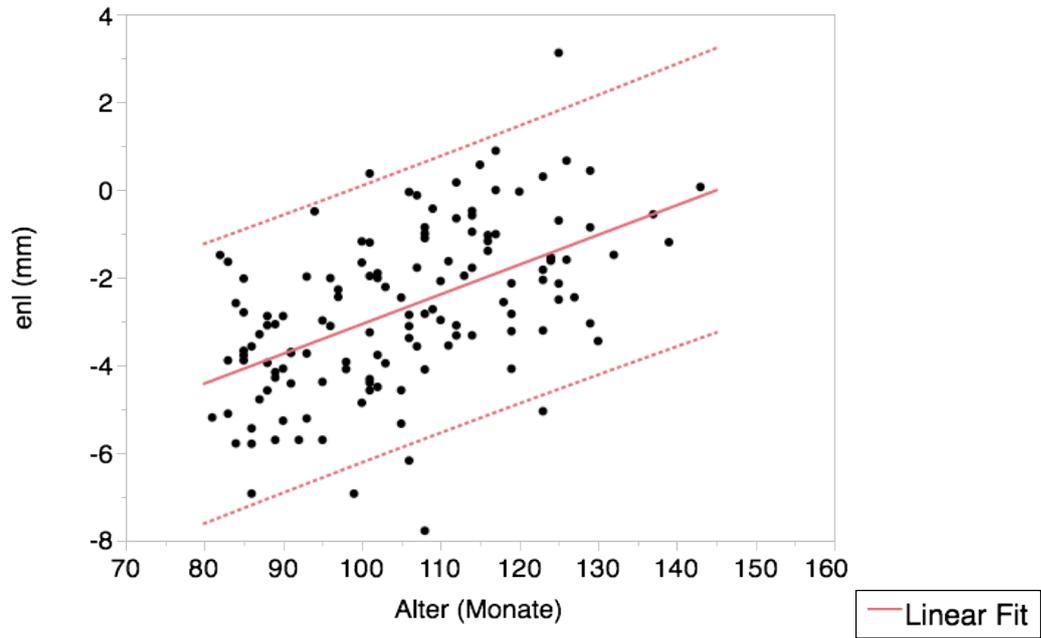


Abb. 10-85 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

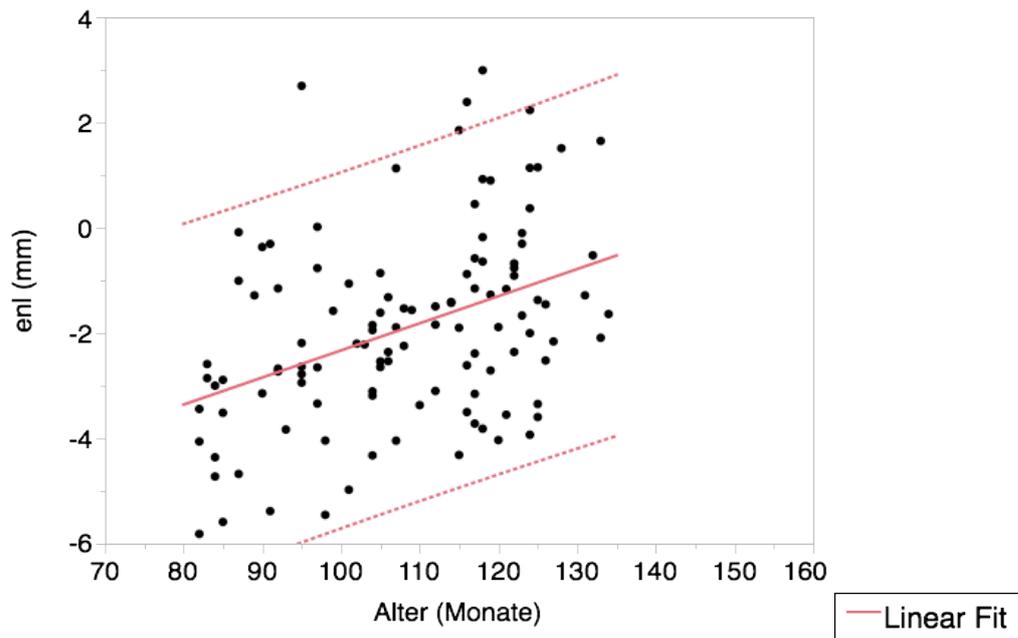


Abb. 10-86 Messwerte für den Punkt Endocanthion links (enl) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

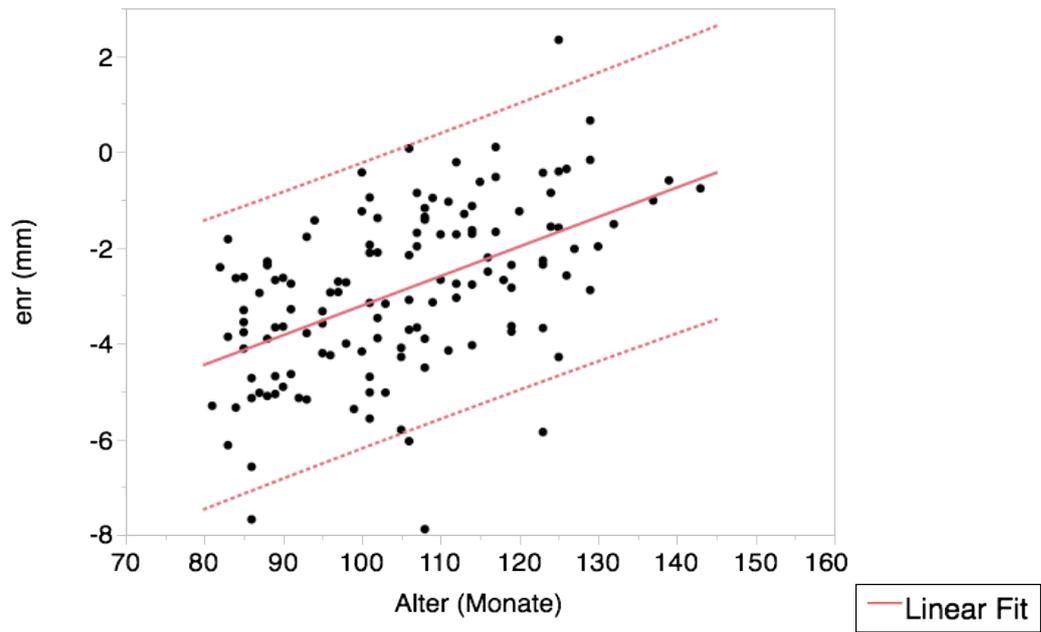


Abb. 10-87 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

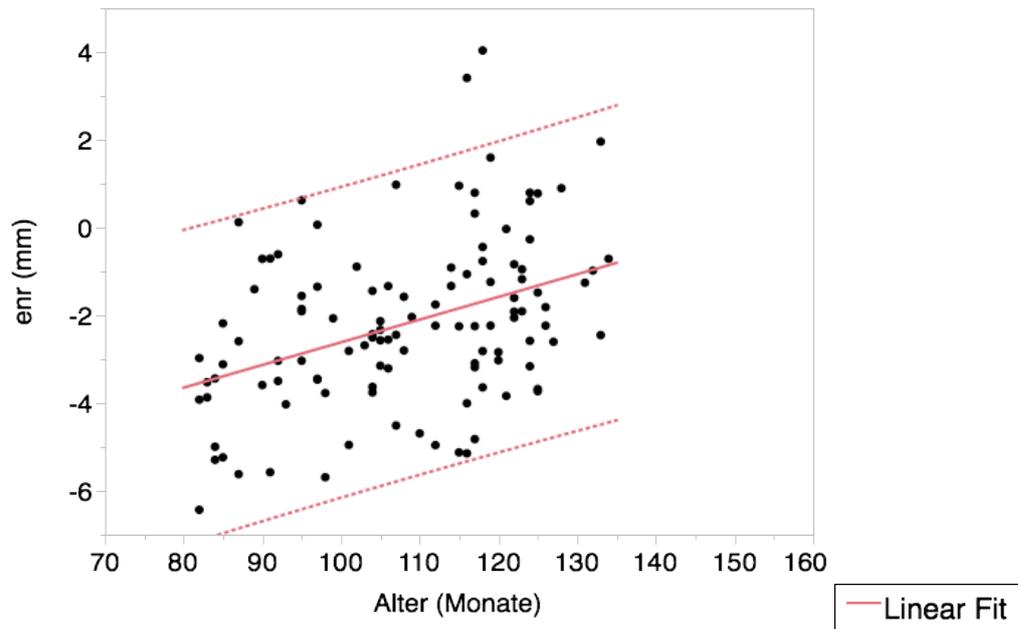


Abb. 10-88 Messwerte für den Punkt Endocanthion rechts (enr) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

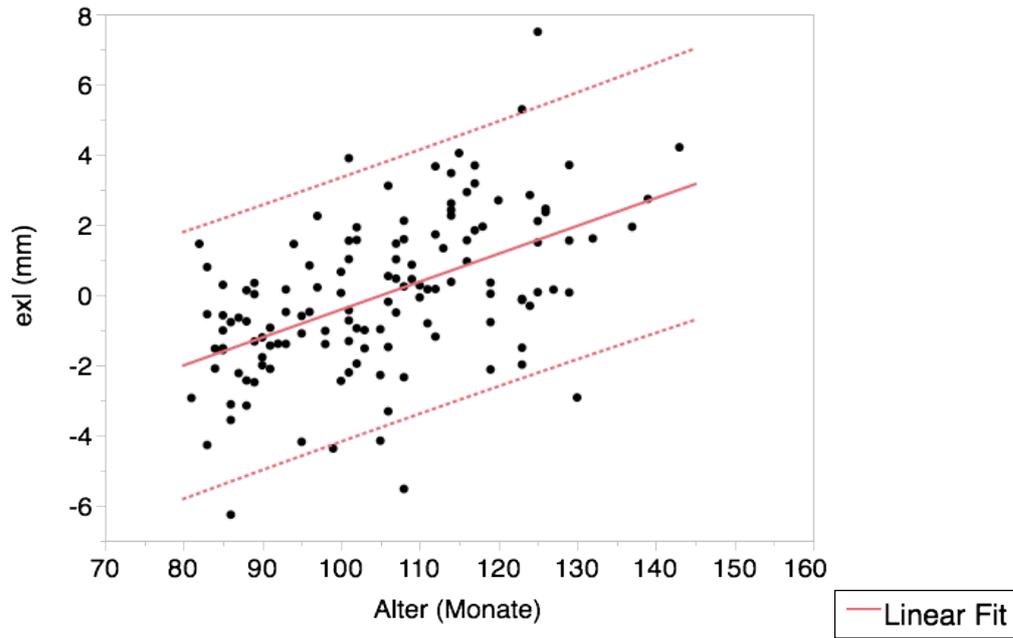


Abb. 10-89 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

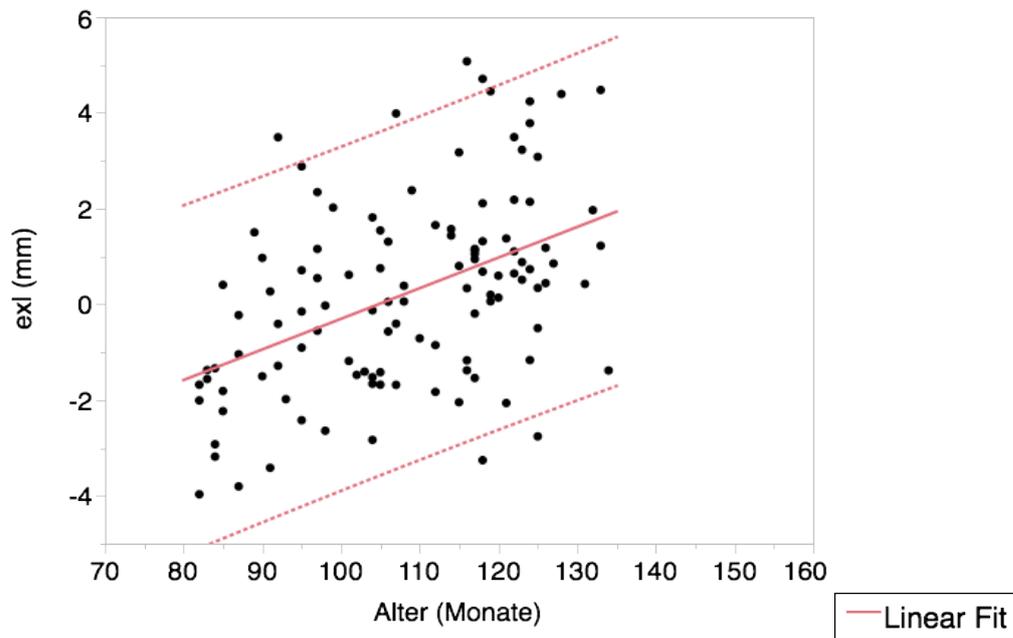


Abb. 10-90 Messwerte für den Punkt Exocanthion links (exl) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

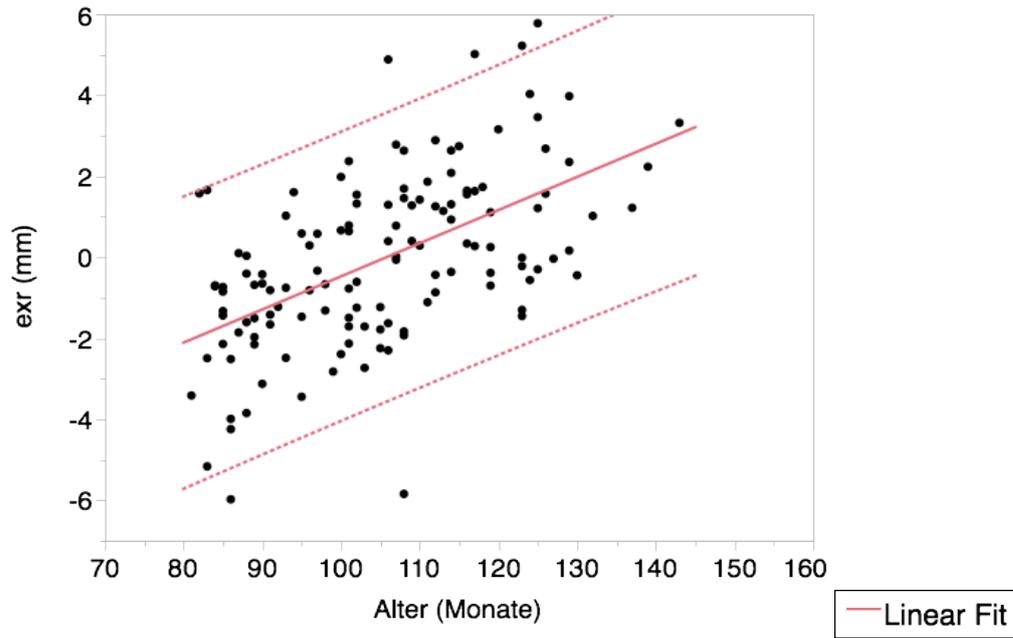


Abb. 10-91 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

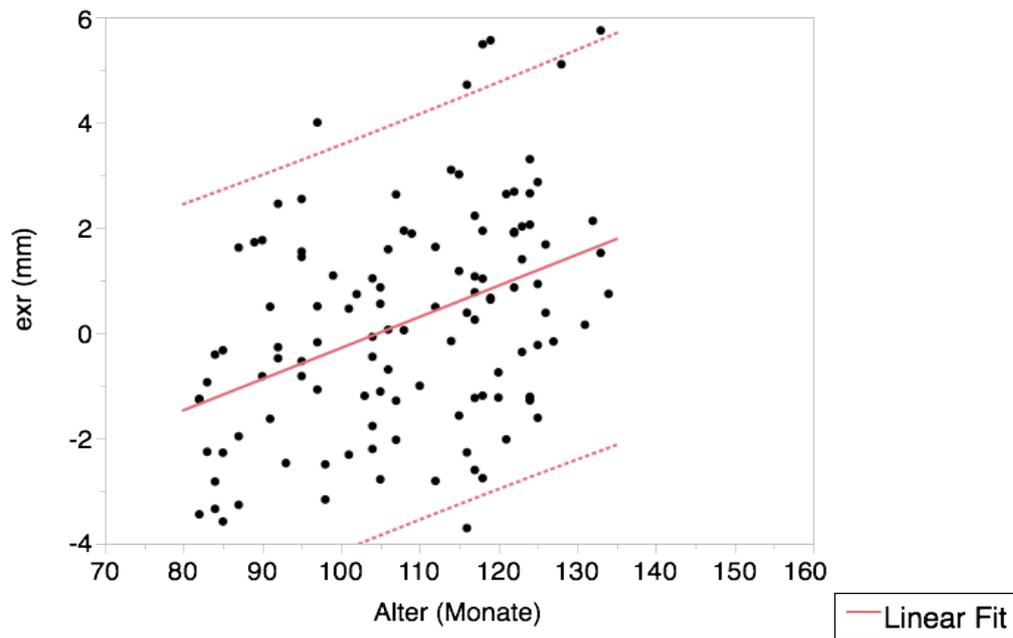


Abb. 10-92 Messwerte für den Punkt Exocanthion rechts (exr) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

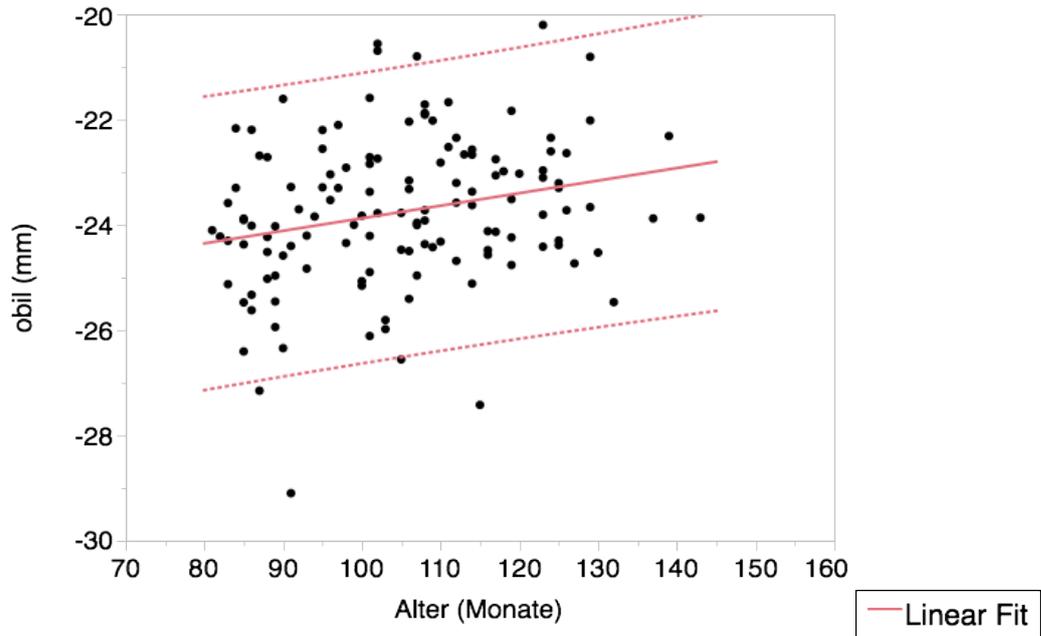


Abb. 10-93 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

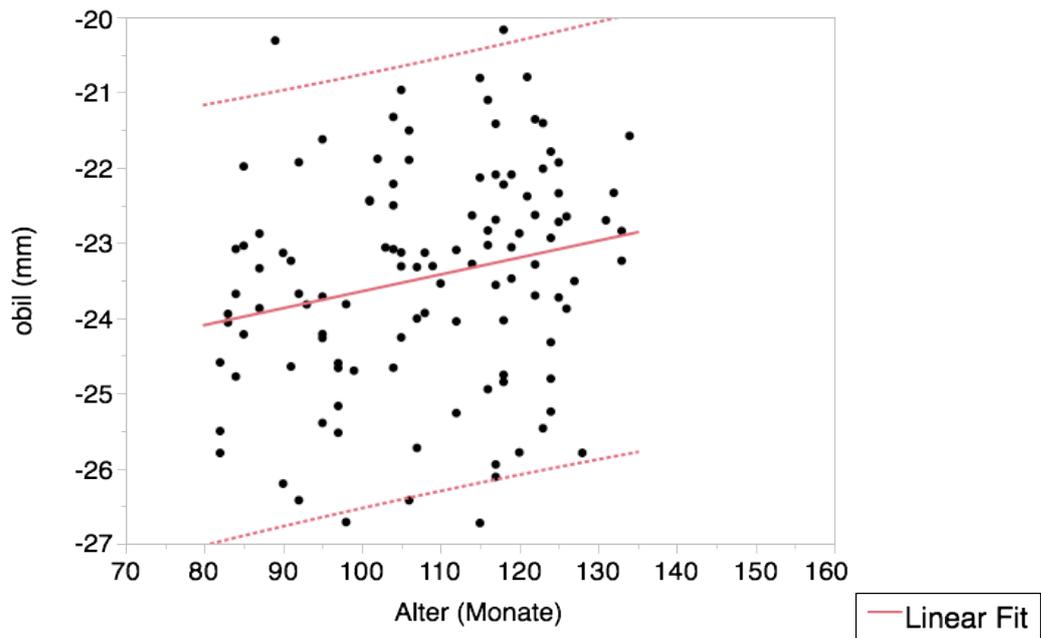


Abb. 10-94 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius links (obil) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

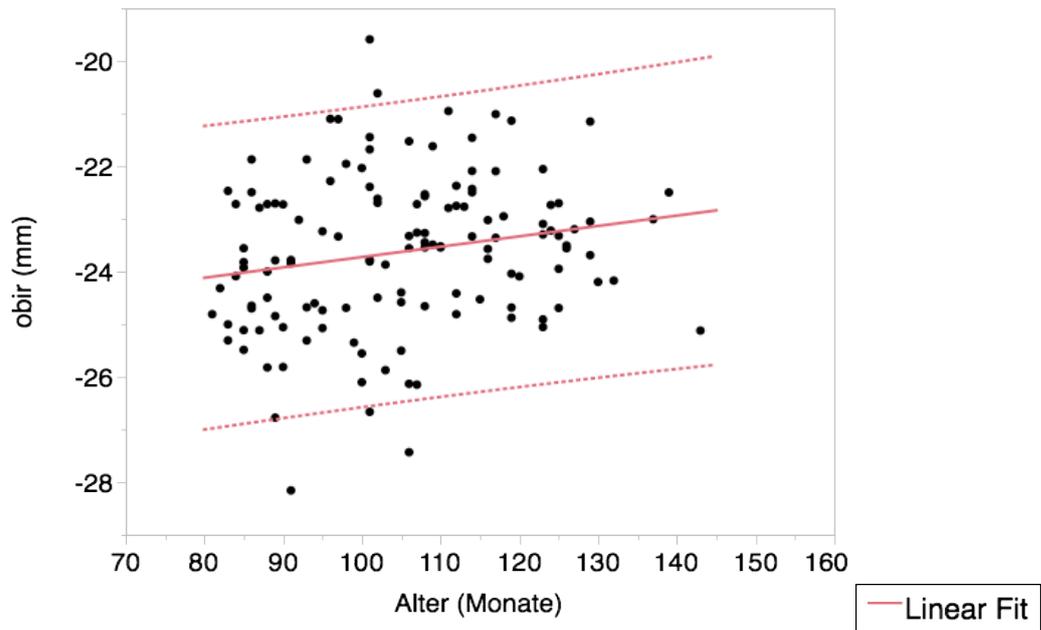


Abb. 10-95 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

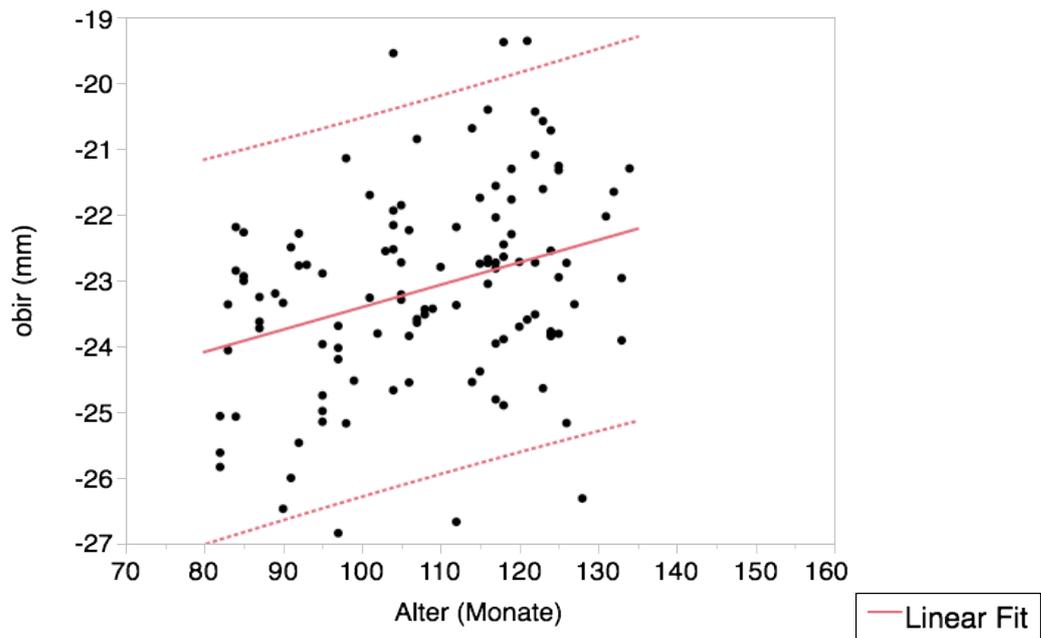


Abb. 10-96 Messwerte für den Punkt Otobasion inferius rechts (obir) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

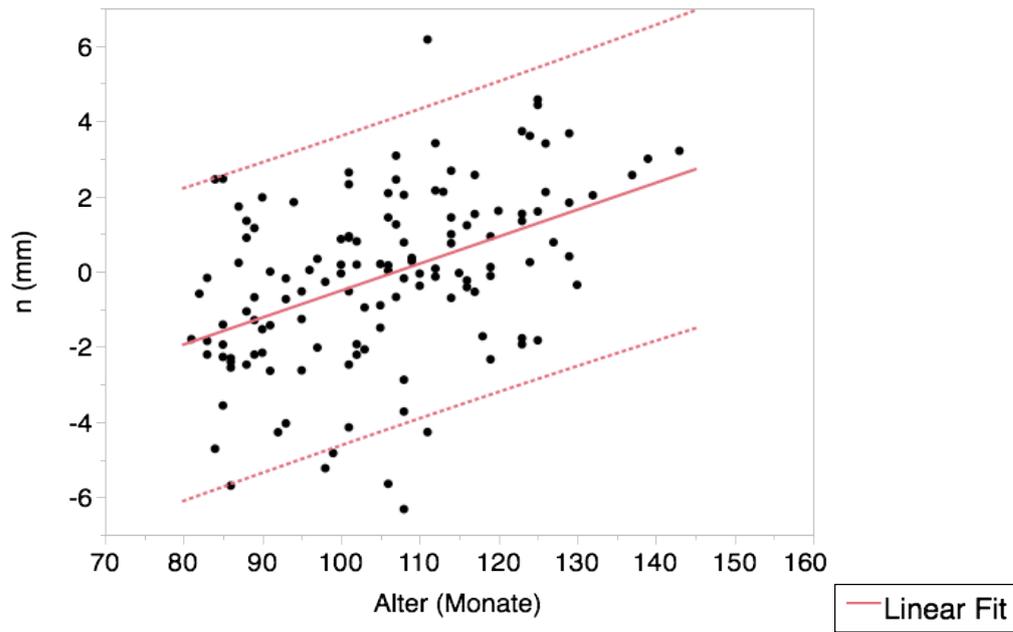


Abb. 10-97 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

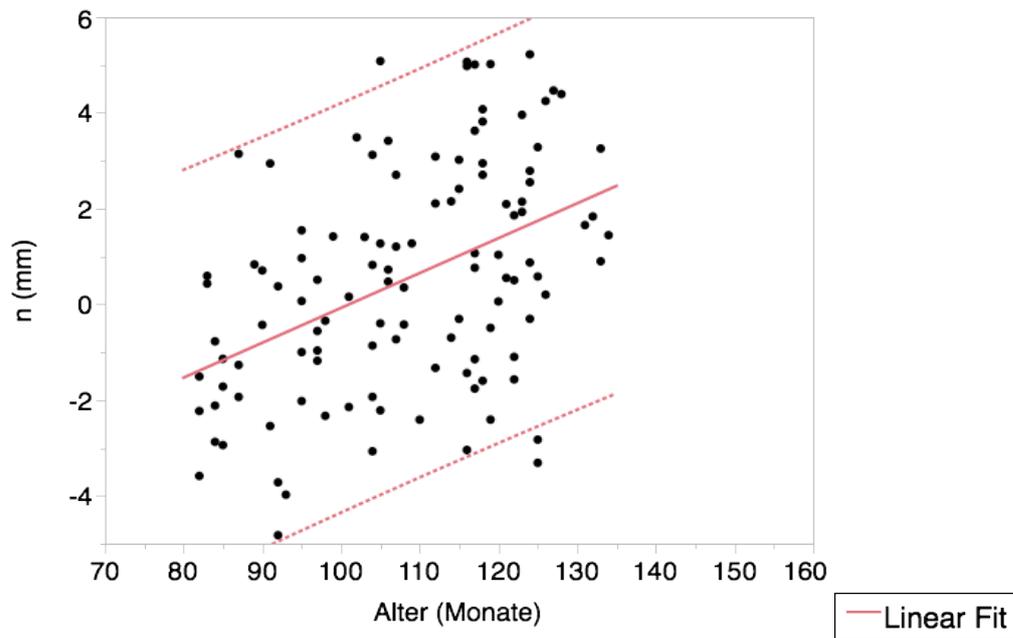


Abb. 10-98 Messwerte für den Punkt Nasion (n) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

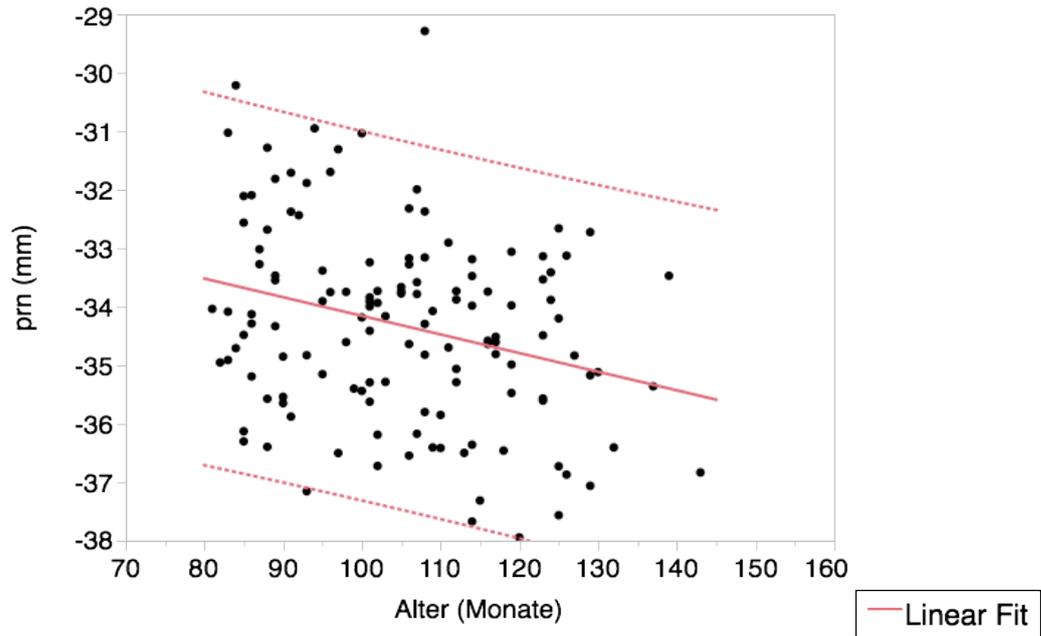


Abb. 10-99 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

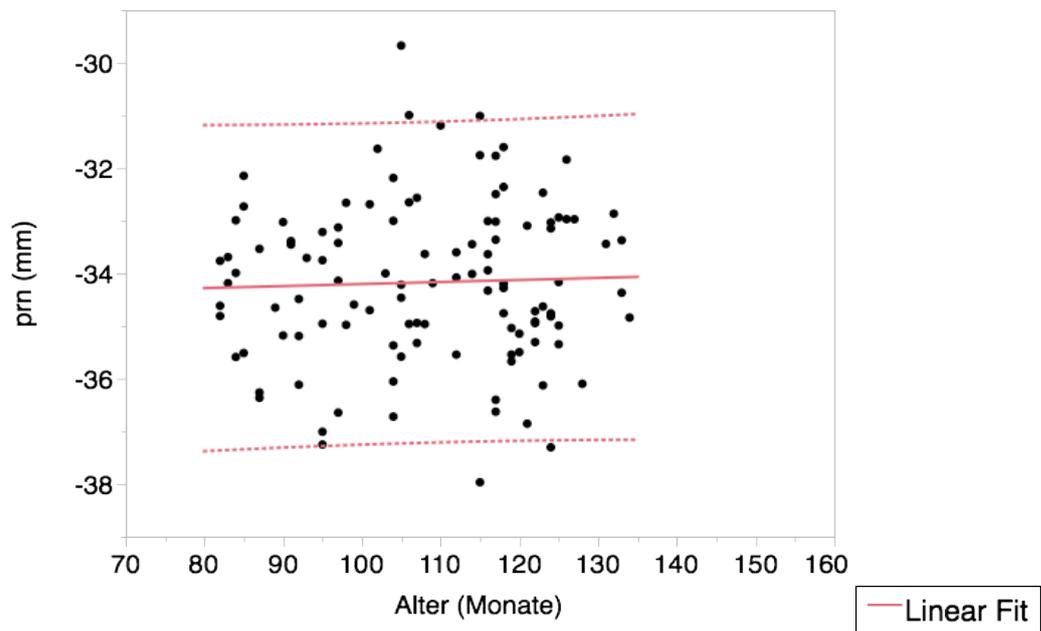


Abb. 10-100 Messwerte für den Punkt Pronasale (prn) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

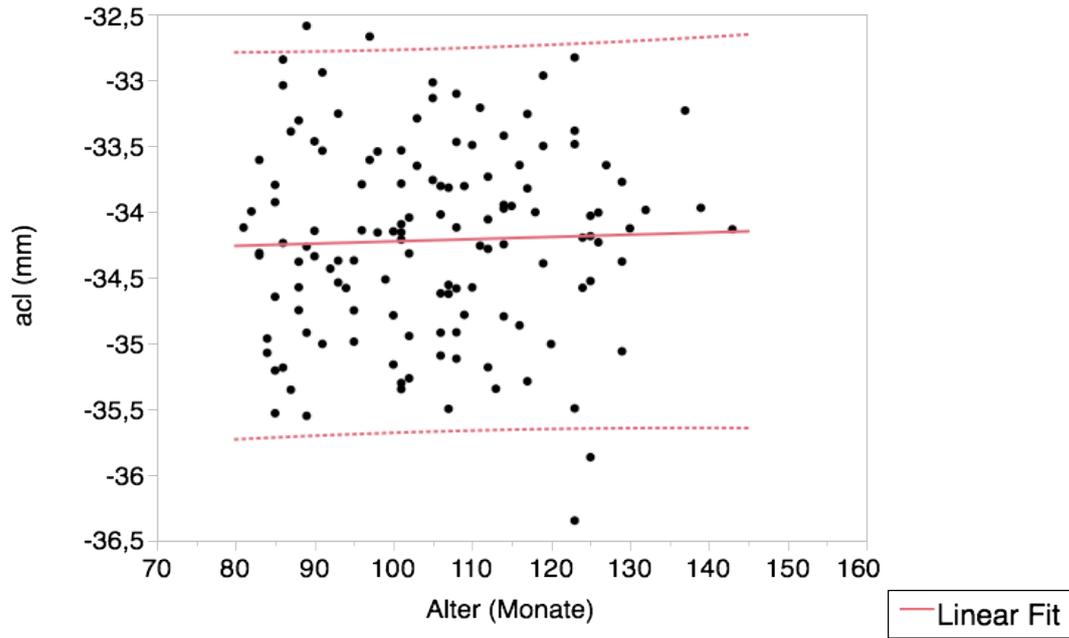


Abb. 10-101 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

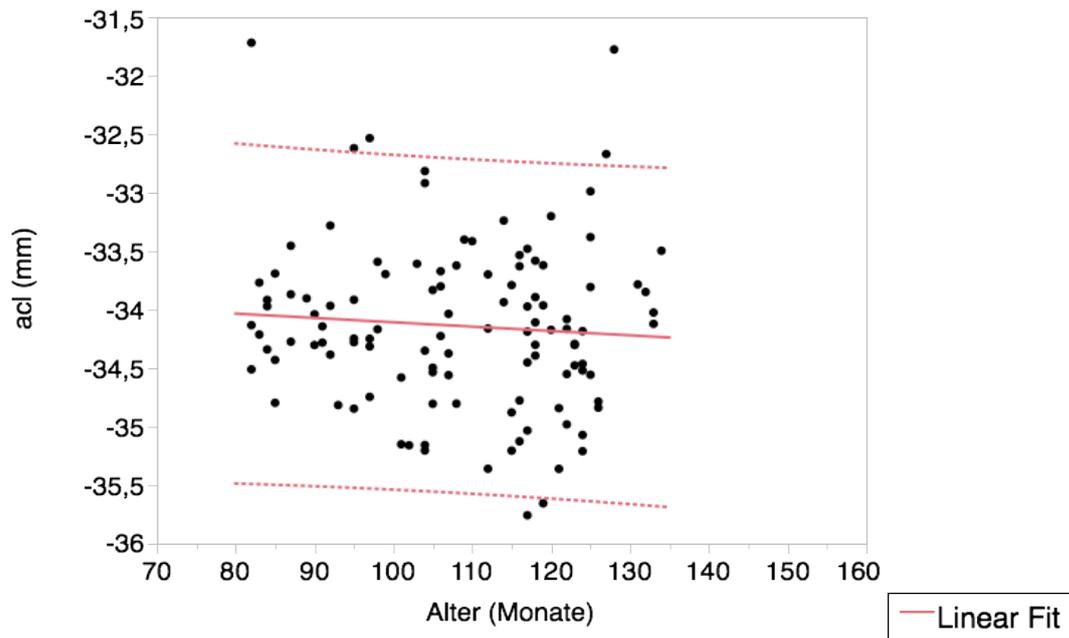


Abb. 10-102 Messwerte für den Punkt Alare curvature links (acl) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

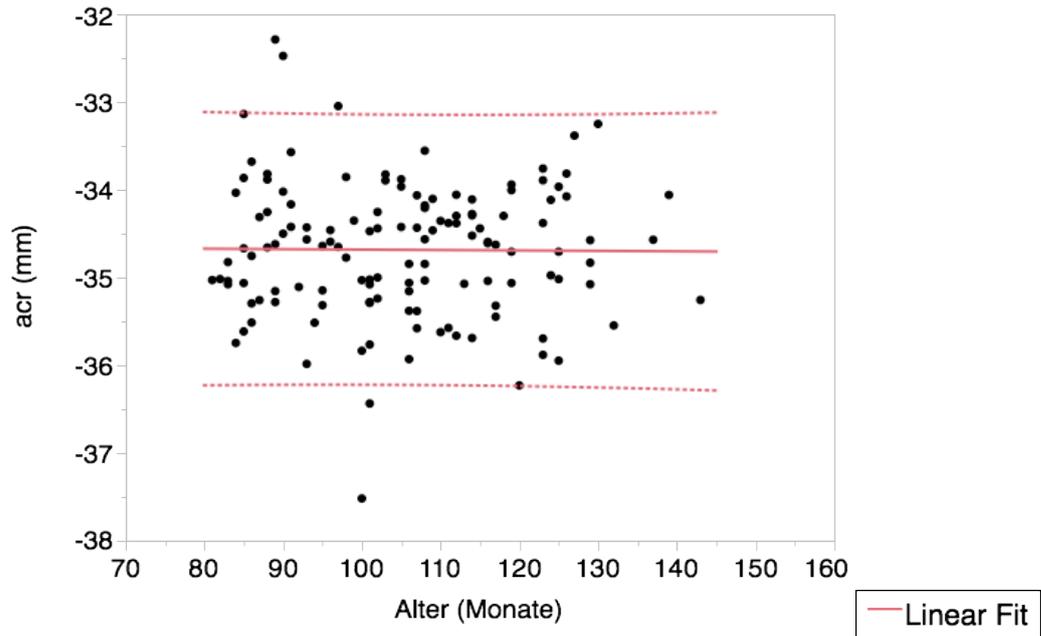


Abb. 10-103 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

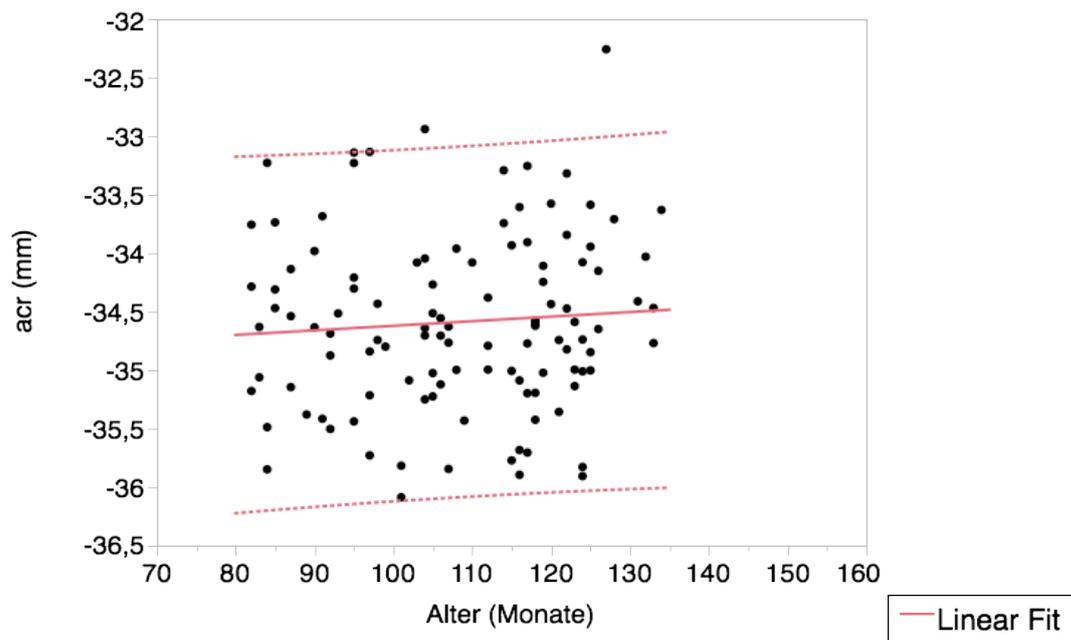


Abb. 10-104 Messwerte für den Punkt Alare curvature rechts (acr) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

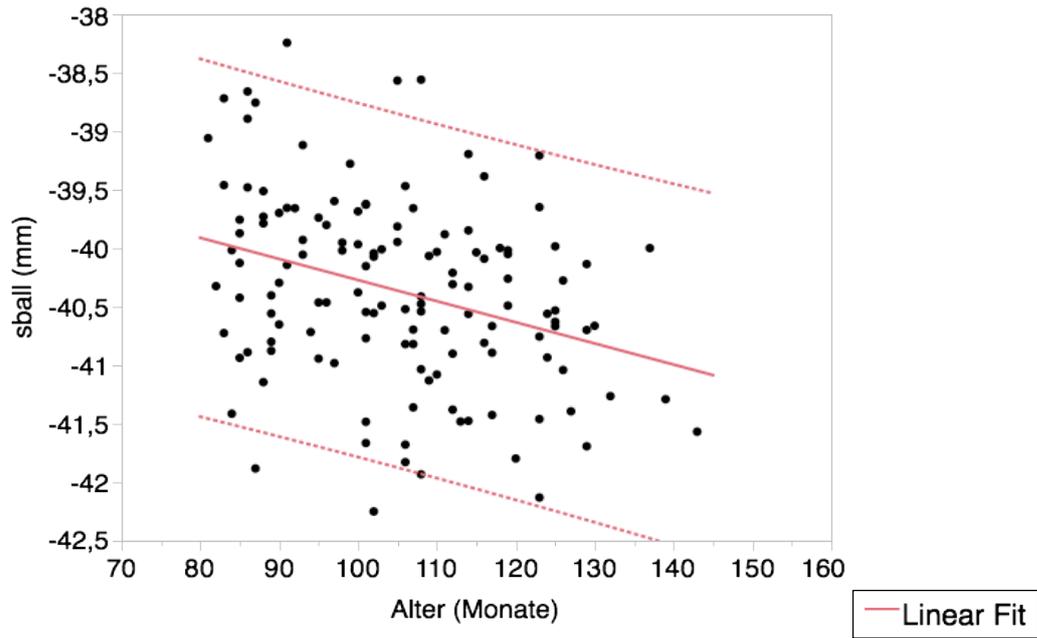


Abb. 10-105 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

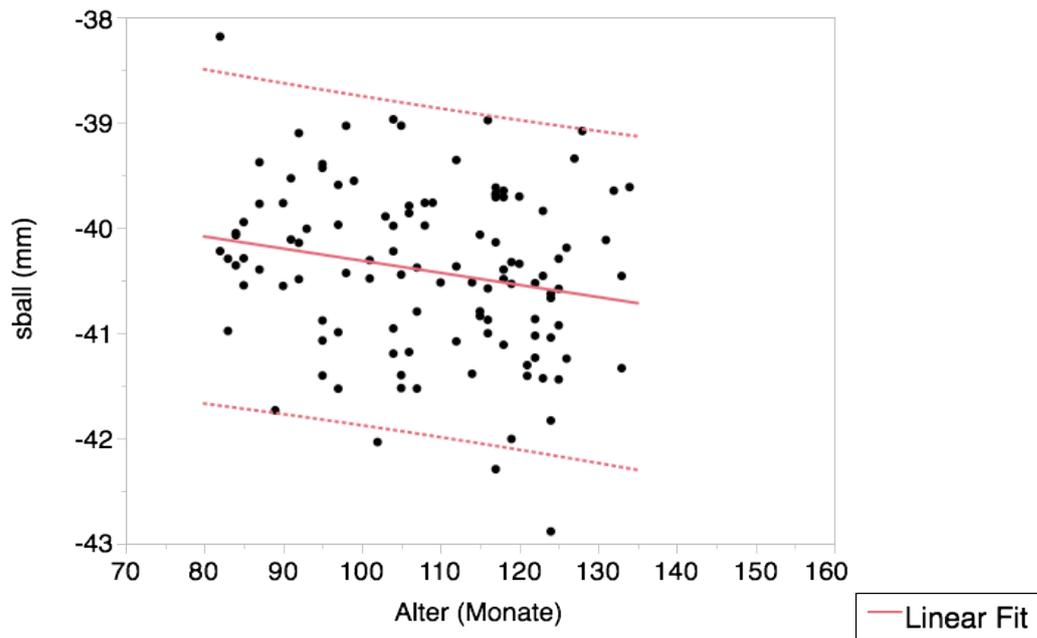


Abb. 10-106 Messwerte für den Punkt Subalare links (sball) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

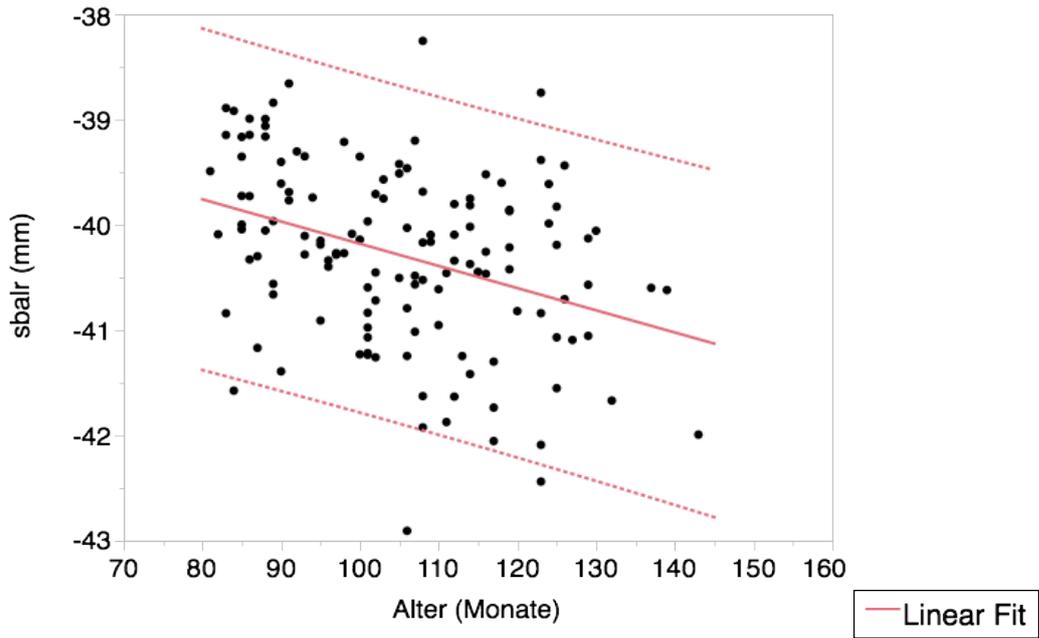


Abb. 10-107 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

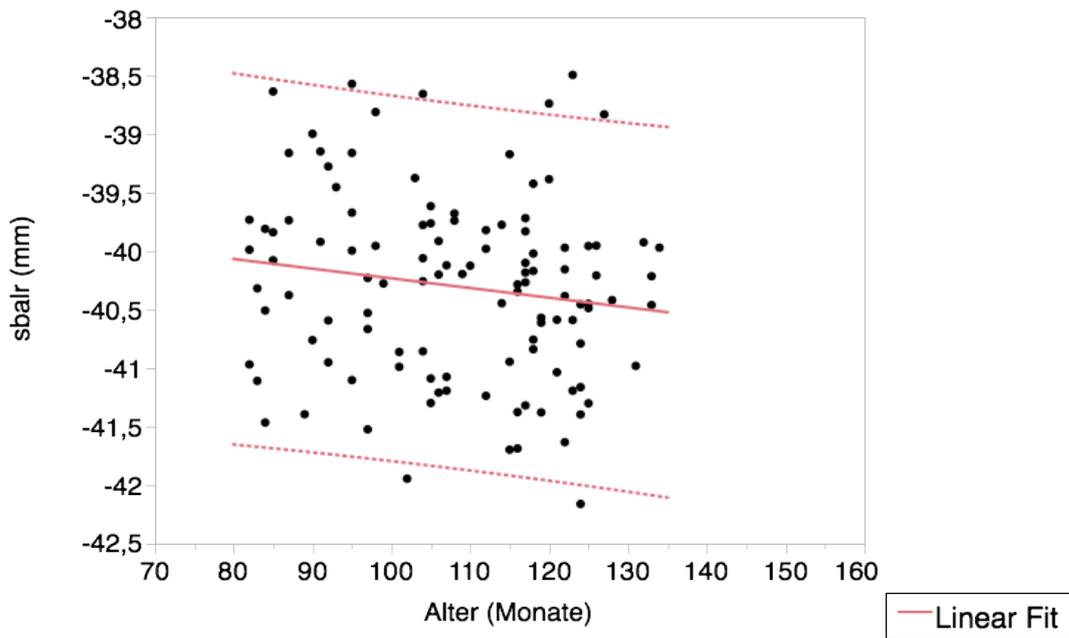


Abb. 10-108 Messwerte für den Punkt Subalare rechts (sbalr) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

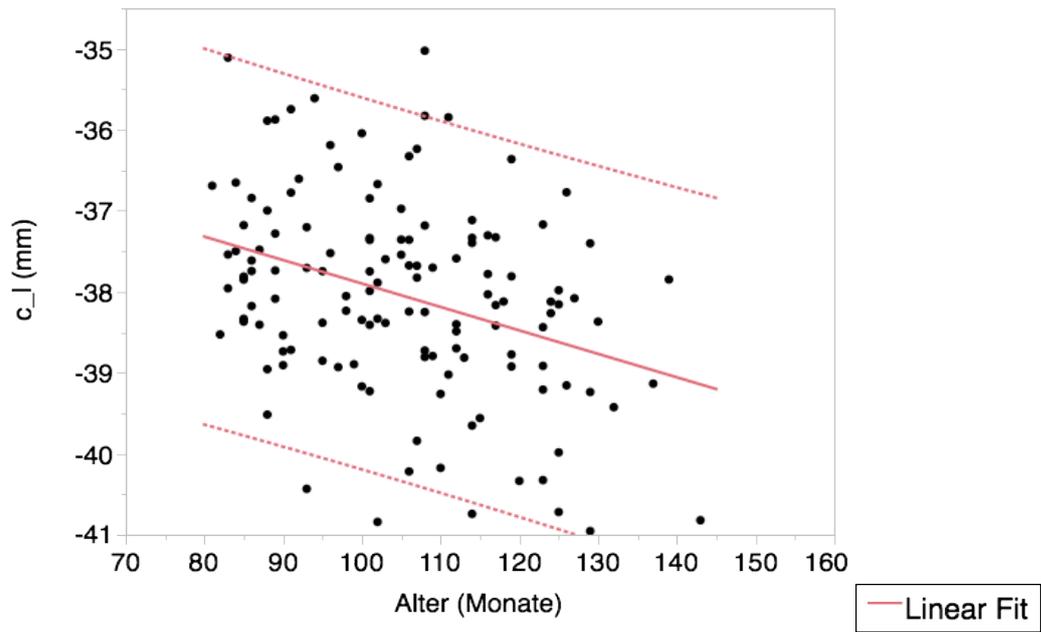


Abb. 10-109 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

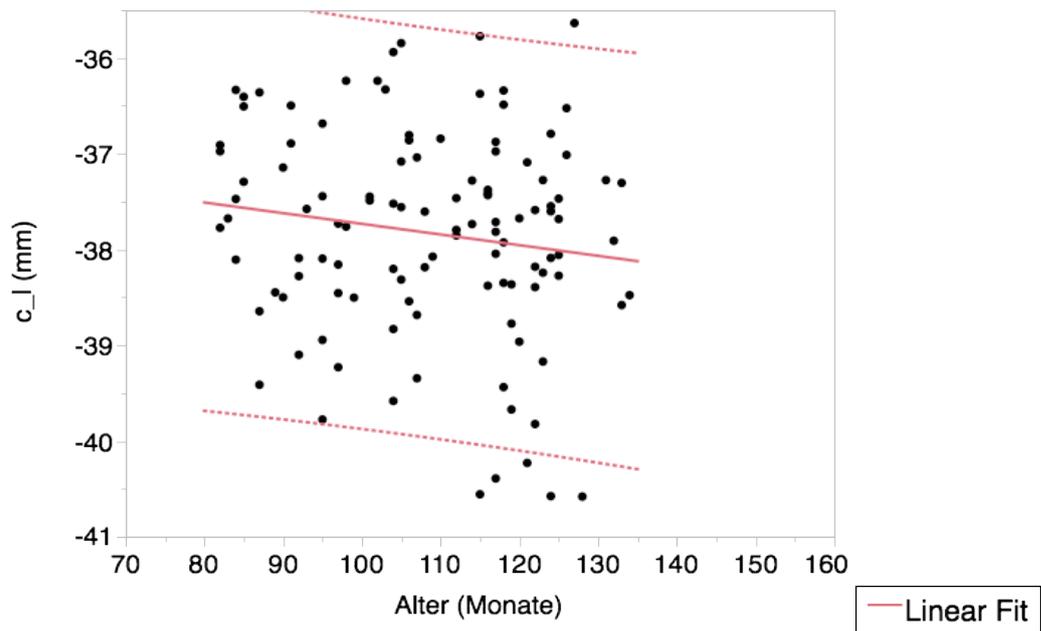


Abb. 10-110 Messwerte für den Punkt Columella links (c\_l) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

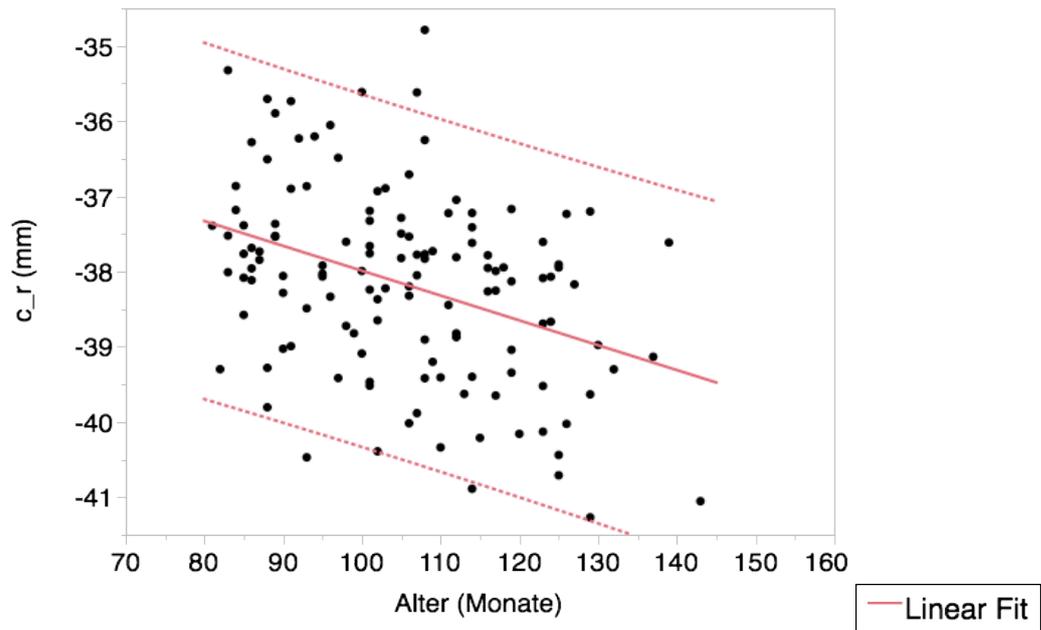


Abb. 10-111 Messwerte für den Punkt Columella rechts (c\_r) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

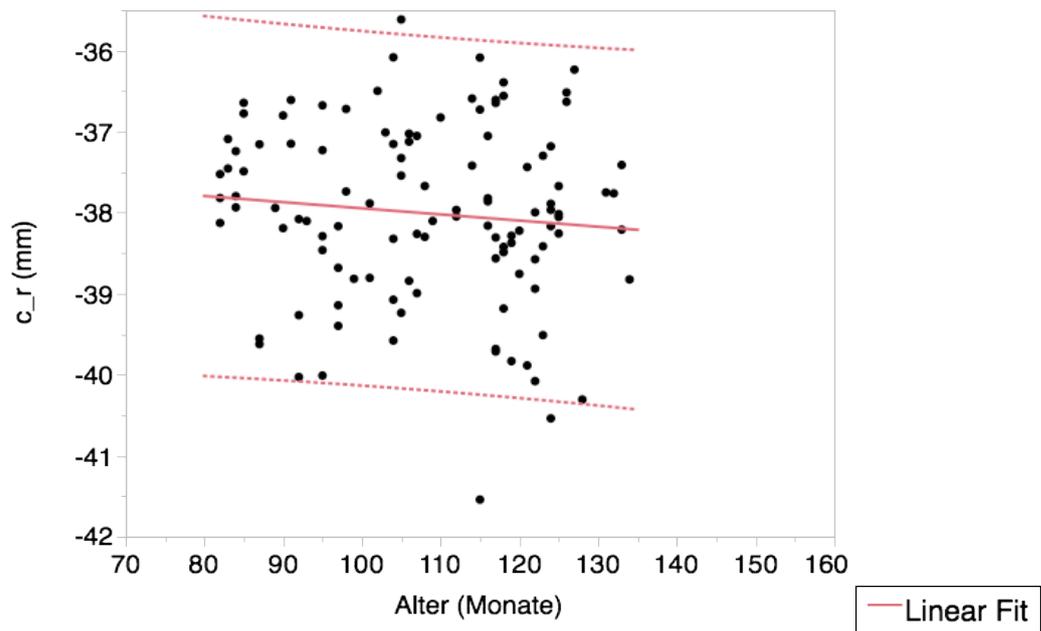


Abb. 10-112 Messwerte für den Punkt Columella rechts (c\_r) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

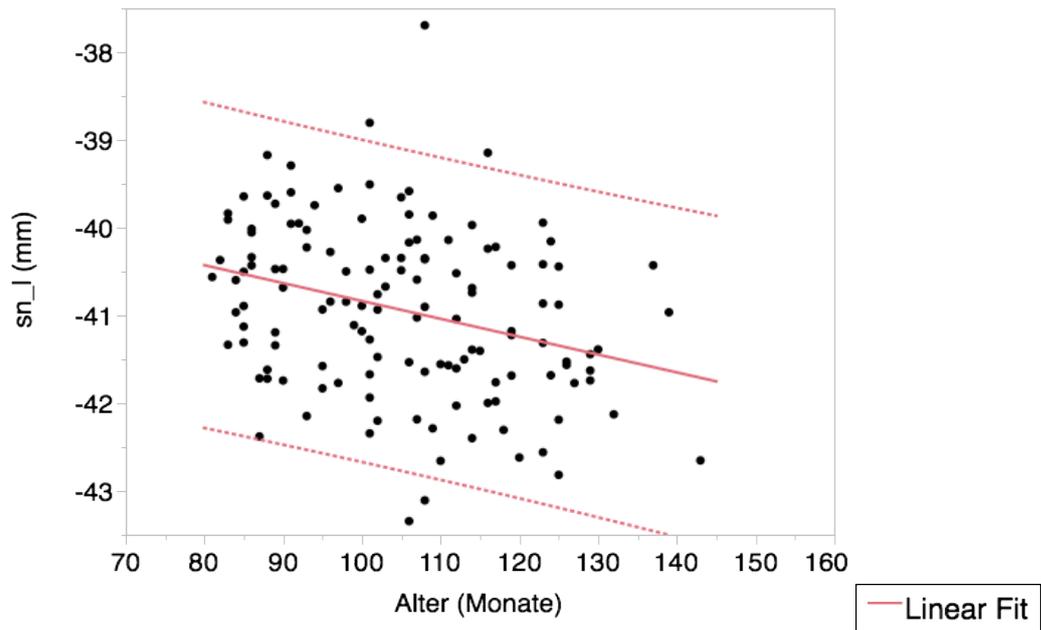


Abb. 10-113 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

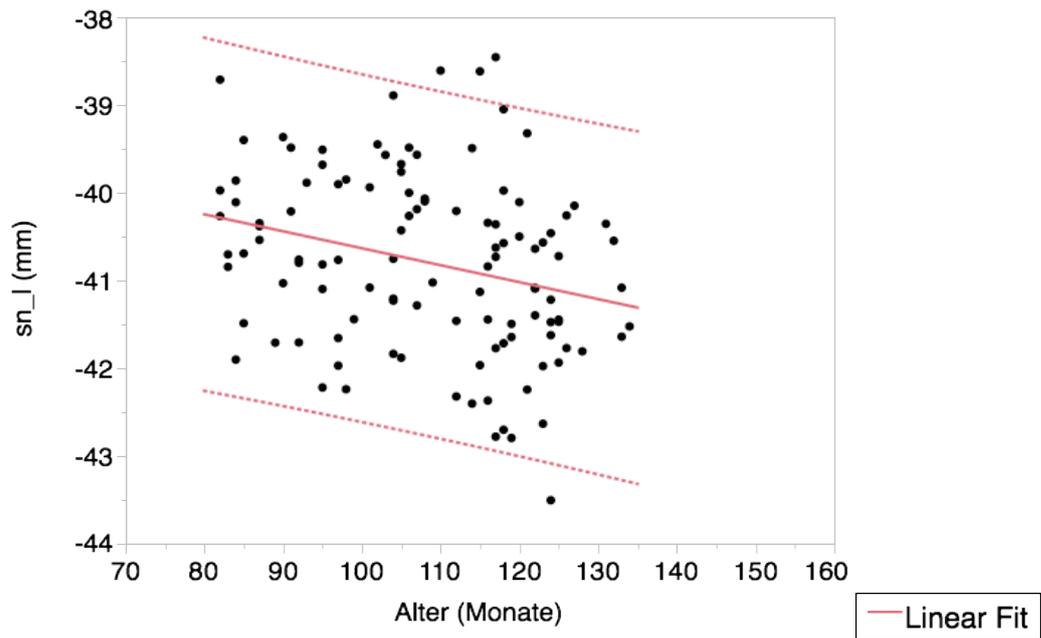


Abb. 10-114 Messwerte für den Punkt Subnasale links (sn\_I) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

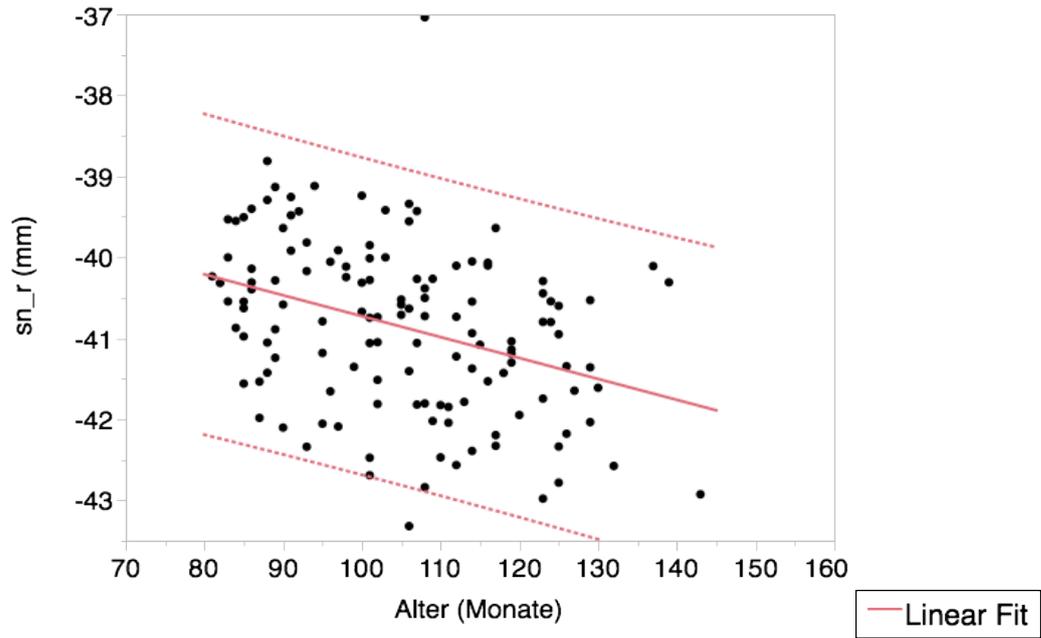


Abb. 10-115 Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

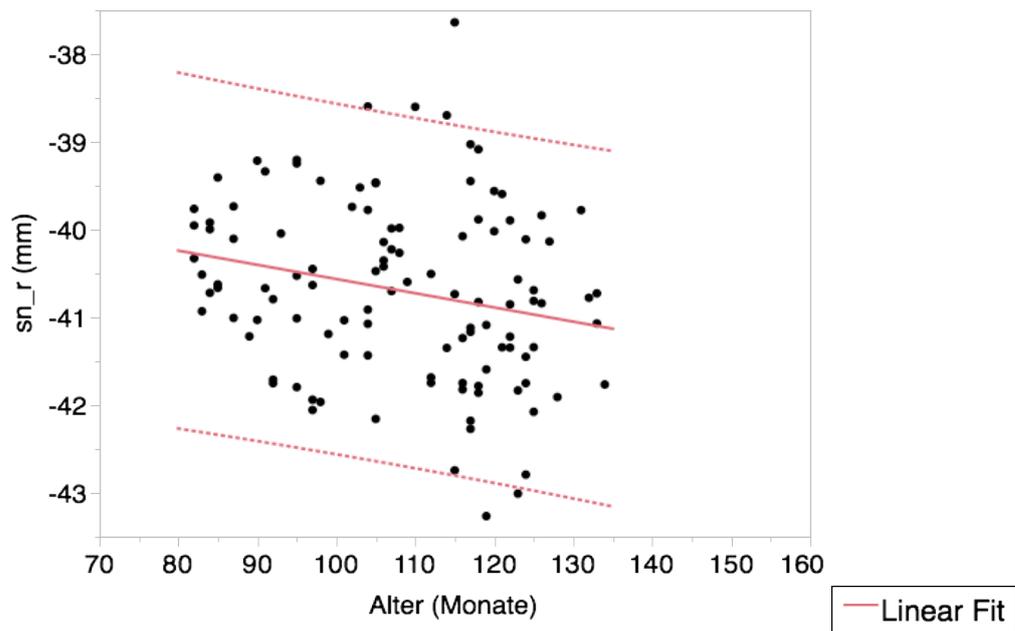


Abb. 10-116 Messwerte für den Punkt Subnasale rechts (sn\_r) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

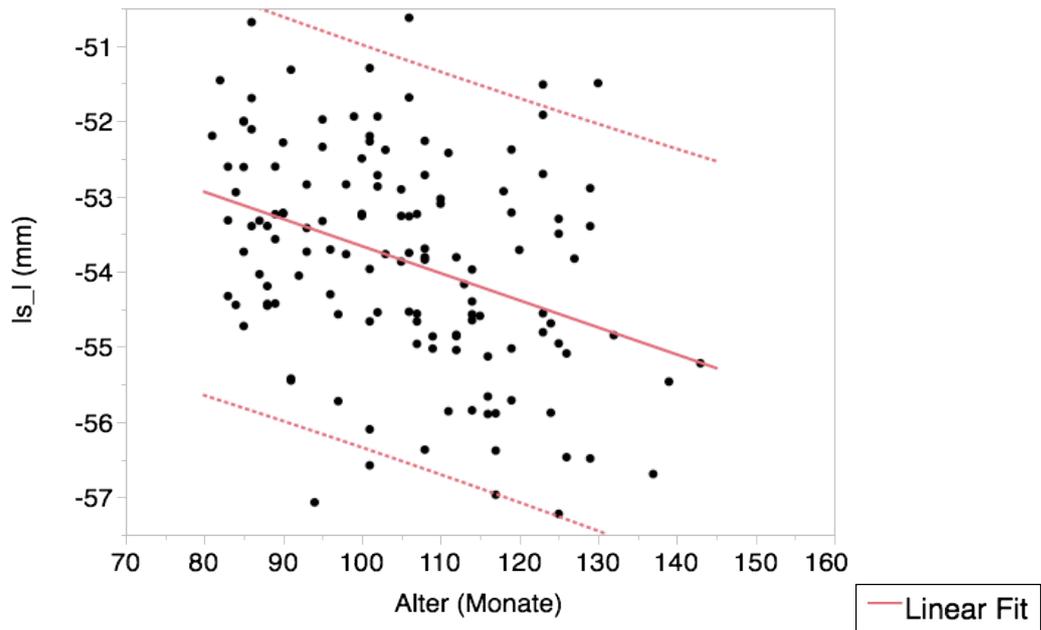


Abb. 10-117 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

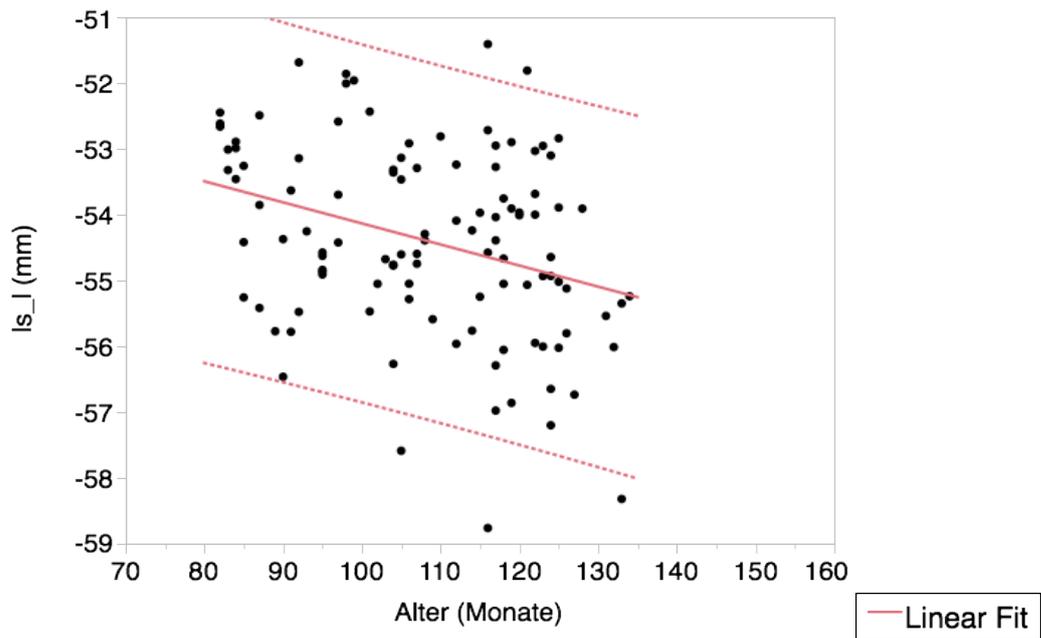


Abb. 10-118 Messwerte für den Punkt Labiale superius links (Is\_I) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

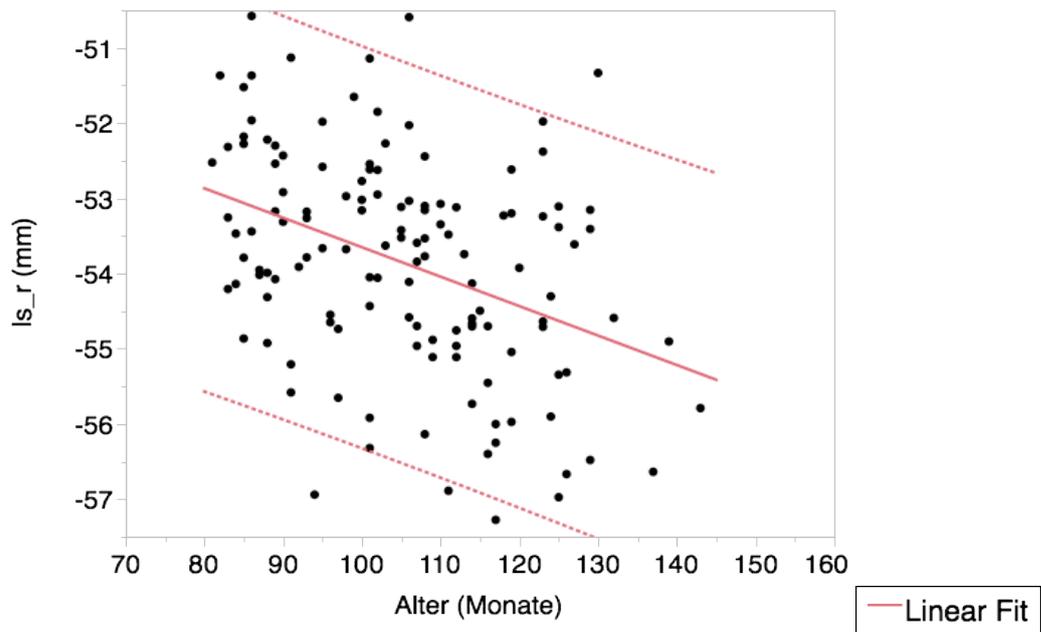


Abb. 10-119 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts (Is\_r) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

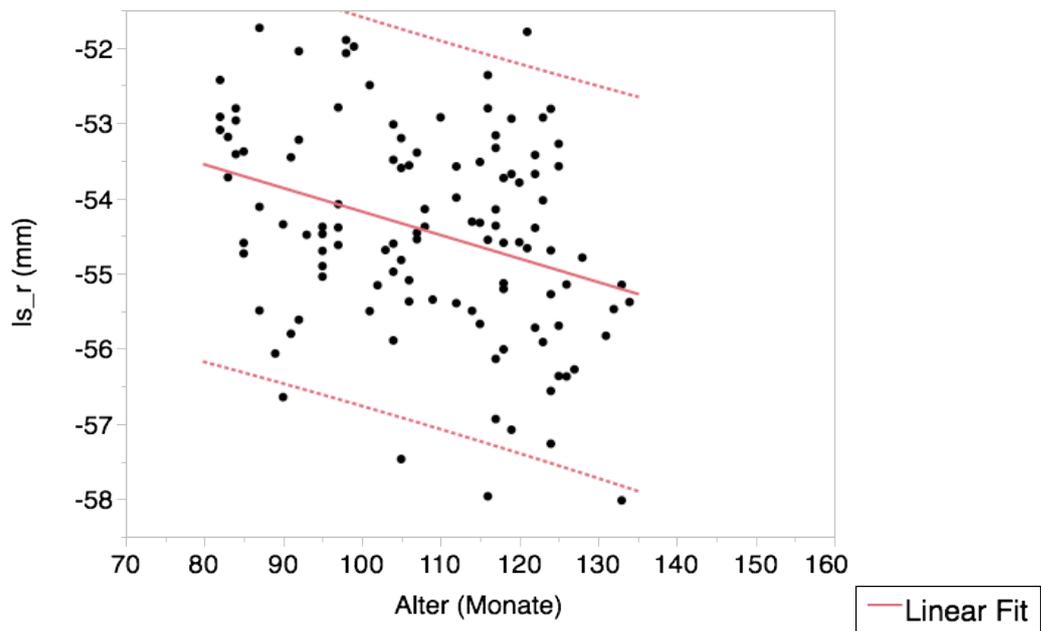


Abb. 10-120 Messwerte für den Punkt Labiale superius rechts (Is\_r) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

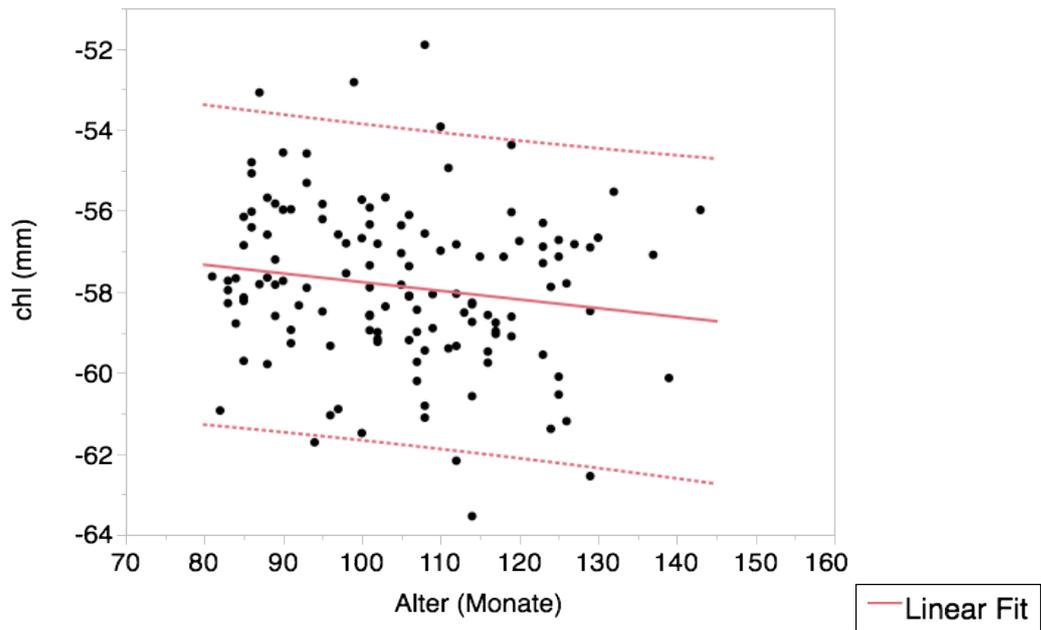


Abb. 10-121 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

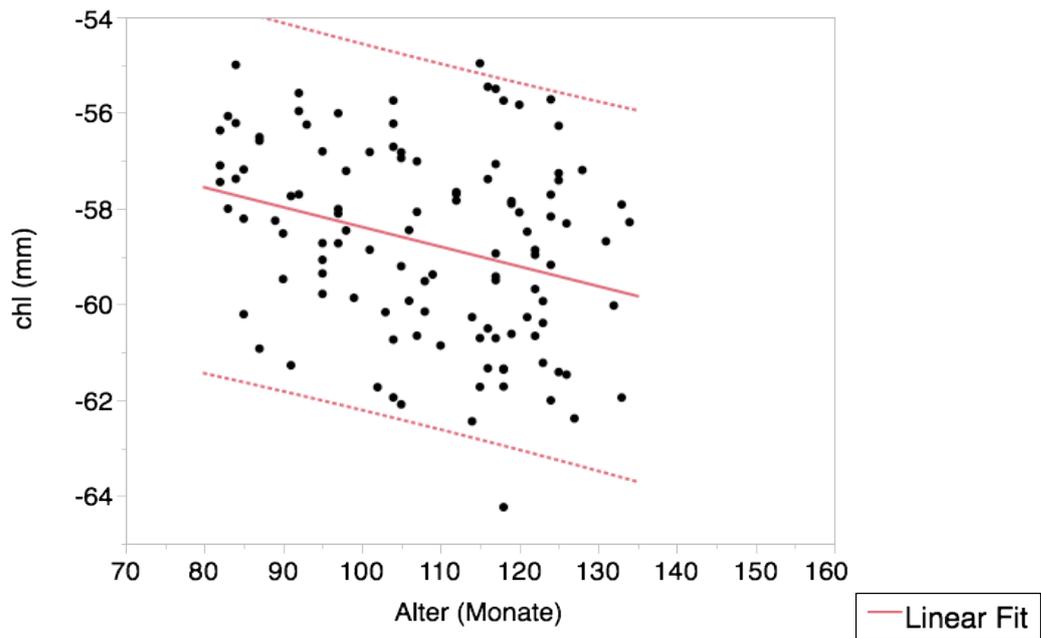


Abb. 10-122 Messwerte für den Punkt Cheilion links (chl) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

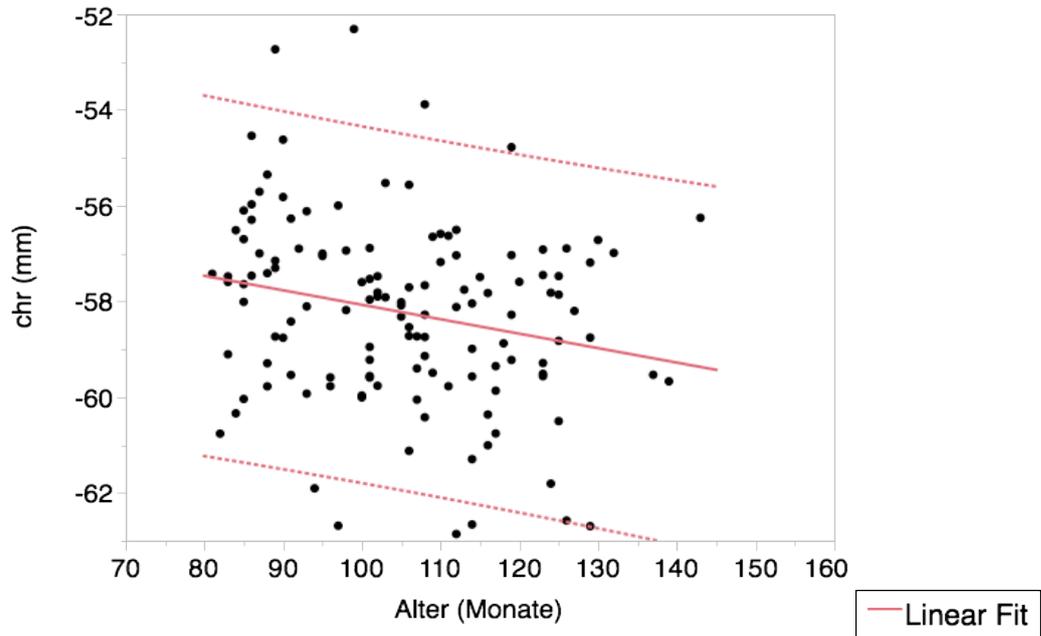


Abb. 10-123 Messwerte für den Punkt Cheilion rechts (chr) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

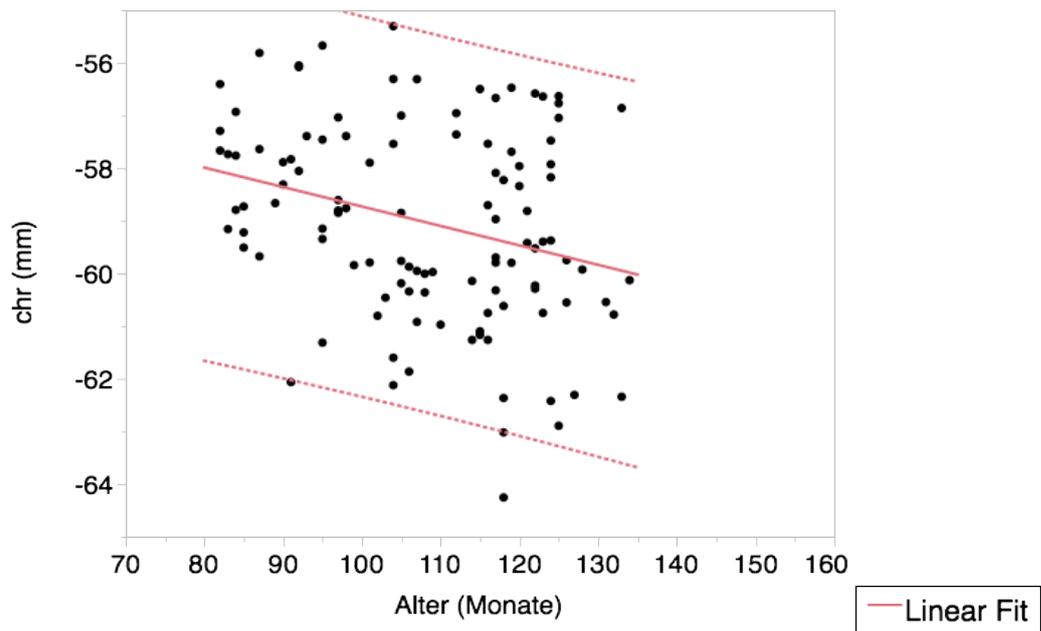


Abb. 10-124 Messwerte für den Punkt Cheilion rechts (chr) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung

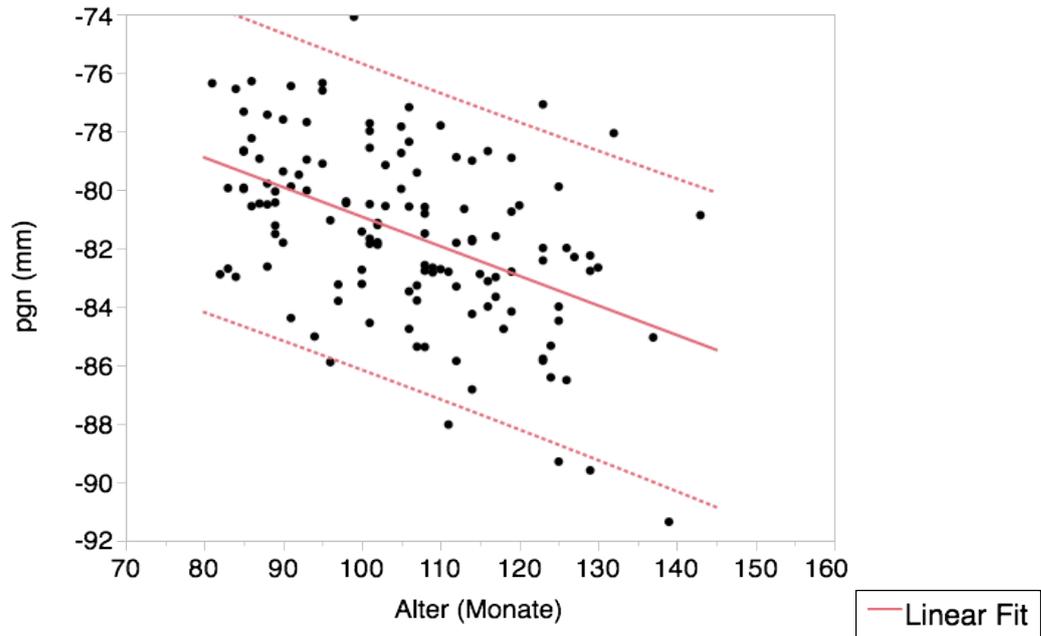


Abb. 10-125 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Mädchen in vertikaler Richtung

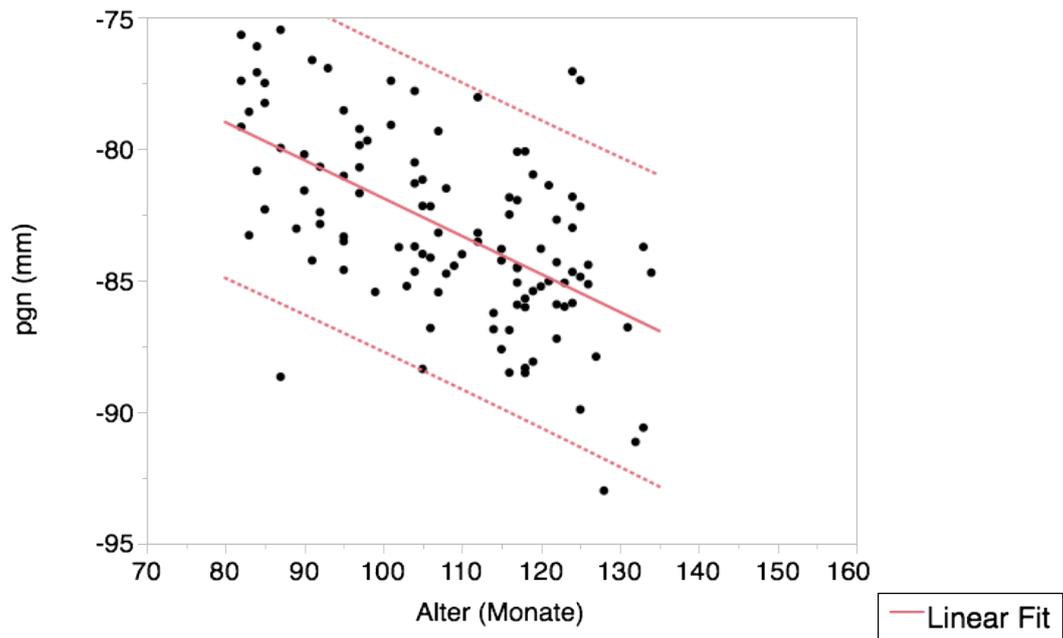


Abb. 10-126 Messwerte für den Punkt Pogonion (pgn) bei gesunden Jungen in vertikaler Richtung