



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Präpubertärer Sexualdimorphismus in Gesichtsform und 2D:4D Verhältnis

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Verfasserin:	Konstanze Meindl
Matrikel-Nummer:	0102996
Studienrichtung:	A442 - Anthropologie
Betreuerin:	Ao. Univ. Prof. Dr. Katrin Schaefer
	Department für Anthropologie, Universität Wien

Wien, im März 2009

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Summary	5
1. Einleitung	6
1.1. Wachstum des knöchernen Schädels	7
1.1.1. Gesichtswachstum	9
1.2. Geschlechtsunterschiede im Kindergesicht	10
1.3. Hormoneller Einfluss	11
1.4. Fingerlängenverhältnisse	12
1.4.1. Das 2D:4D Verhältnis als Vertreter für pränatales Testosteron	12
1.4.2. Zusammenhänge zwischen dem 2D:4D Verhältnis und diversen Verhaltensparametern	13
1.5. 2D:4D und Gesichtsform	15
2. Vorhersagen	17
2.1. Geschlechtsunterschiede im Wachstum	17
2.2. 2D:4D und Gesichtsform	17
3. Material und Methoden	19
3.1. Datenaufnahme	19
3.1.1. TeilnehmerInnen	19
3.1.2. Fotoequipment & Kameraeinrichtung	19
3.1.3. Ablauf der Datenaufnahme	20
3.1.4. Fotoaufnahmen	21
3.1.5. Somatometrische Messpunkte	22
3.1.6. Einflussvariablen	22
3.2. Datenanalyse	24
A) Beschreibende und Prüfstatistik	24

B) Gesichtsformanalyse	25
3.2.1. Einführung in Geometric Morphometrics	25
3.2.2. Landmarks	26
3.2.3. Procrustes Superimposition	30
3.2.4. Hauptkomponenten	32
3.2.5. Form Space	33
3.2.6. Shape Regression	33
3.2.7. Visualisierung	34
4. Ergebnisse	37
4.1. Empirische Variation in der Gesichtsform	40
4.1.1. Zusammenhänge von Gesichtsform und Alter	43
4.1.2. Geschlechtervergleich der Gesichtsform	46
4.1.3. Vergleich der Gesichtsgrößen	52
4.2. 2D:4D Verhältnis	53
4.2.1. 2D:4D & Geschlechter	54
4.2.2. 2D:4D & Shape Regression	54
5. Diskussion	57
5.1. Gesichtswachstum	57
5.1.1. Geschlechtsunterschiede in der Gesichtsform	59
5.2. 2D:4D Verhältnis und Gesichtsform	65
5.3. Ausblick	67
Danksagung	71
Referenzen	72
Weblinks	77
Abbildungs- & Tabellenverzeichnis	78
Anhang	80
Lebenslauf	83

Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurde untersucht, ob es bereits präpubertär einen morphometrisch nachweisbaren Unterschied in der Gesichtsform von Buben und Mädchen gibt und ob ein Zusammenhang zwischen der Gesichtsform und dem Zeige- zu Ringfingerverhältnis (2D:4D) besteht. Das 2D:4D Verhältnis wird intrauterin determiniert und mit pränatalem Testosteron assoziiert. Bei Erwachsenen treten robuste, männliche Charakteristika bei einem niedrigen 2D:4D Verhältnis auf. Grazile, weibliche Merkmale zeigen sich bei einem hohen 2D:4D Verhältnis, für Kinder wird das gleiche Muster in der Gesichtsform wie bei Erwachsenen angenommen. Es wurden standardisierte Fotos von 44 Kindergesichtern (7 ± 4 Jahre) angefertigt und mittels Geometric Morphometrics ausgewertet. Das Alter erklärt 56,8% und die Gesichtsgröße 99% der Varianz der Gesichtsform in der ersten Hauptkomponente. Die Wachstumsvektoren von Buben- und Mädchengesichtern unterscheiden sich im Mund- und Nasenbereich signifikant ($p = 0,006$). Signifikante Gestaltunterschiede wurden nur zwischen den jüngeren und älteren Buben ($p = 0,013$) gefunden. Der Größenvergleich der Gesichter ergibt, dass die älteren Buben größer sind als alle anderen aus der Stichprobe. Vor dem 7. Lebensjahr unterscheiden sich Buben- und Mädchengesichter in der Gesichtsgröße allerdings nicht signifikant. Bei Buben konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Gesichtsform und dem 2D:4D Verhältnis gezeigt werden ($p = 0,036$), dessen Muster dem bei Erwachsenen entspricht. Für Mädchen konnte dieser Zusammenhang nicht gefunden werden. Ein präpubertärer Unterschied in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen, wurde also nicht nur in die Gesichtsgröße, sondern auch anhand der Wachstumsvektoren im Mund- und Nasenbereich sowie regionaler Gestaltunterschieden zwischen Buben und Mädchen gezeigt. Der Zusammenhang des 2D:4D Verhältnisses mit der Gesichtsform bei Buben, der für Mädchen nicht gefunden wurde, deutet darauf hin, dass sich pränatales Testosteron mehr als pränatales Östrogen in den Fingerlängen widerspiegelt.

Summary

This study investigated for the existence of a prepubertal facial shape difference and the relation between face shape and second to fourth digit (2D:4D) ratio. 2D:4D is determined intrauterine and associated with prenatal testosterone. Adults with lower 2D:4D ratio show more robust faces and more gracile face shapes at higher 2D:4D ratios. The same pattern was expected for children. The standardized pictures of 44 children (7 ± 4 years) were analyzed with geometric Morphometrics. Age explains 56,8% and facial size 99% of the variance in the face shape of the first principal component. The growth trajectories of boys and girls faces only differ significant in the nose/lips region ($p = 0,006$) and significant shape differences only arise between younger and older boys ($p = 0,013$). The comparison of the facial size showed that older boys have larger faces than all the others in this study. There is no significant size difference between boys and girls before the age of seven. A significant relation between face shape and 2D:4D ratio - with the same pattern as it was found in adults - was only found in boys ($p = 0,036$). In girls this relation doesn't appear.

A prepubertal difference in the facial shape of boys and girls could not only be found in the size of the faces, but also in different growth trajectories in the nose/lips region as well as regional shape differences in boys and girls. The fact that a relation between facial shape and 2D:4D ratio was only found in boys suggests once more that prenatal testosterone more than prenatal estrogen is reflected in finger length.

1. Einleitung

Seit langem beschäftigen sich Forscher schon mit dem Wachstum von Gesichtsschädeln. Bereits Martin und Saller (1928) beschrieben die anthropologische Vermessung und das Wachstum des menschlichen Schädels in der Ontogenie. Auch die Gesichtsunterschiede zwischen unterschiedlichen Populationen wurden damals bereits untersucht. Seither wurden auch an den Weichteilen des Gesichtes zahlreiche Untersuchungen gemacht. Strand Viðarsdottir und Kollegen (2002) beispielsweise untersuchten Unterschiede in den Wachstumsvektoren und der Gesichtsgestalt in verschiedenen Populationen und fanden Unterschiede sowohl in Gestalt und Wachstumsvektoren. Die Änderung der Gesichtsform mit dem Alter wurde auch bereits untersucht (Trenouth und Joshi, 2006). Mit den Unterschieden zwischen der männlichen und der weiblichen Gesichtform mit dem Alter, die in der vorliegenden Studie von Interesse sind, haben sich schon diverse Studien beschäftigt (Ferrario et al., 1997; Ferrario et al. 1998; Bulygina et al., 2006; Dimaggio et al., 2007; Halazonetis, 2007; Weston, 2007). Diese Studien untersuchten die Geschlechtsunterschiede in der Gesichtsform in unterschiedlichen Altersstufen. Wann diese Unterschiede jedoch genau morphometrisch quantifizierbar werden, geht nicht eindeutig aus den bisherigen Studien hervor. Die Frage ist beispielsweise, in wie weit sie von Geburt an ausgeprägt sind oder sich erst in der Pubertät entwickeln (Enlow & Hans, 1996). In meiner Diplomarbeit bin ich der Frage nachgegangen, ob es bereits präpubertär morphometrisch erfassbare Unterschiede in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen gibt und wie diese Unterschiede aussehen. Weiters behandelte ich die Frage, ob die Gesichtsform von Kindern das gleiche Muster im Zusammenhang mit dem Zeige- zu Ringfinger Verhältnis, welches mit dem pränatalen Testosteron- zu Östrogenverhältnis assoziiert wird, wie bei Erwachsenen zeigt (Schaefer et al. 2005; Fink et al., 2005).

1.1. Wachstum des knöchernen Schädels

Ein Kleinkind hat ein deutlich größeres Neurocranium relativ zum Viscerocranium als ein Erwachsener. Das Gehirn wächst pränatal deutlich schneller als das Gesicht. Dem kraniokaudalen Gradienten zufolge wachsen jene Körperteile, die weiter weg vom Gehirn sind, später und länger in der Ontogenese. Die oberen Extremitäten beispielsweise wachsen früher als die untern Gliedmaßen, genauso wie distale Segmente, wie Hände und Füße, bei der Geburt schon weiter entwickelt sind als proximale Segmente (Ulijazek et al., 1998).

Am Schädel selbst bildet sich zuerst das Mittelgesicht vollständig aus, während der Unterkiefer noch weiter wächst. In der sogenannten Bolton-Wachstumsstudie wurden in einer Longitudinalstudie zwischen 1927 und 1959 der Hirnschädel sowie die Gesichtsabschnitte von 32 Patienten im Alter von 2 bis 19 Jahren vermessen. Trenouth und Joshi (2006) publizierten die Ergebnisse dieser Studie und zeigten, dass das postnatale Neurocranium eine niedrigere relative Wachstumsrate verglichen mit dem Viscerocranium hatte (Abbildung 1). Das Wachstum der unteren Gesichtspartie wiederum hatte eine höhere relative Wachstumsrate als die obere Gesichtspartie. Der Zuwachs an Volumen lag für den unteren Gesichtsabschnitt bei 78%. Mit neun Jahren ist das Wachstum des Neurocraniums größtenteils beendet, bestätigten Trenouth und Joshi (2006). Die Größe des Gesichtes nahm um 69% relativ zum Viscerocranium zu und wuchs noch weiter, als das Neurocranium bereits ausgewachsen war. Das Gesicht verändert sich während des gesamten postnatalen Wachstums. Mit den Daten der Denver Growth Study zwischen 1931 und 1966 wurde mit Hilfe von sagittalen Röntgenbildern (Bulygina et al., 2006) festgestellt, dass während der ersten vier Lebensjahre ein starkes Wachstum des ganzen Gesichtsschädels relativ zum Hirnschädel stattfindet. In den folgenden Jahren ist die Formveränderung nicht so deutlich wie in den ersten vier Lebensjahren, aber es erfolgt weiterhin eine relative Vergrößerung des Gesichtsschädels, vor allem von Maxilla und Mandibel. Durch die ständige Änderung des Gesichtes während des Wachstums und die Änderung des Verhältnisses von Neurocranium zum

Viscerocranium sind Unterschiede in der Gesichtsform zwischen 3 bis 11-jährigen Kindern zu erwarten. Die Frage ist aber, ob die Geschlechtsunterschiede in der Gesichtsform morphometrisch erfassbar sind.

Ein Geschlechterunterschied im Wachstum wurde ebenfalls bereits gefunden. Weston und Kollegen (2007) untersuchten den Gesichtsschädel von neugeborenen bis 24-jährigen *Homo sapiens* im Vergleich zu anderen Hominiden und konnten Geschlechterunterschiede in der Wachstumskurve ab der Pubertät zeigen. Das männliche Gesicht ist im Vergleich zur Höhe breiter als das weibliche Gesicht. Unterschiedliche Wachstumskurven des Gesichtsschädels von Buben und Mädchen schon vor der Pubertät fanden Bulygina und Kollegen (2004). Bei der Geburt sind die Gesichtsschädel von Mädchen und Buben durchschnittlich gleich groß, doch kurz nach der Geburt sind die der Mädchen bereits tendenziell kleiner als die der Buben.

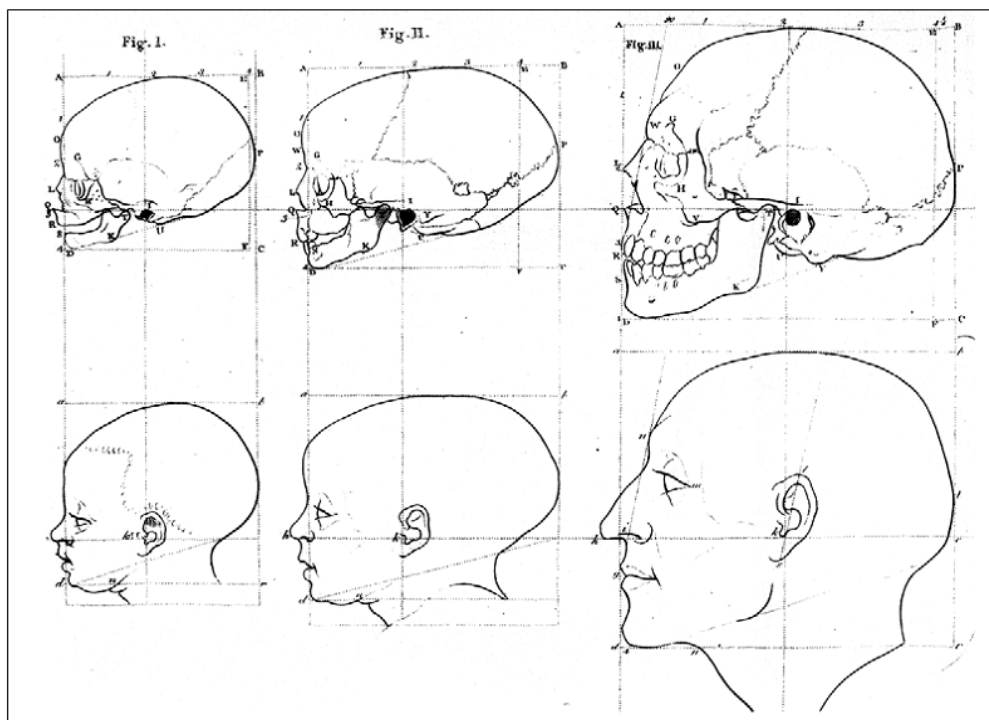


Abbildung 1: Kraniofaziales Wachstum nach Camper 1792 in Trenouth und Joshi (2006). Vergleich des Wachstums des knöchernen Schädels mit den Weichteilen des Kopfes.

1.1.1. Gesichtswachstum

Die Gesichtsproportionen eines Kindes sind geprägt durch große, auseinander stehende Augen und eine kurze, gerundete Nase mit niedrigem und konkavem Nasenrücken, was die Nasenlöcher frontal sichtbar macht. Außerdem ist die Stirn gewölbt und steil, der *Arcus superciliaris* ist jedoch noch nicht hervorspringend. Die Wangenknochen sind prominent mit Fettpölsterchen lippenwärts, der Mund ist relativ gesehen klein (Enlow und Hans, 1996). Darüber hinaus ist der Kopf im Vergleich zum Körper größer als bei Erwachsenen. Für diese kindlichen Proportionen prägte Konrad Lorenz 1943 den Begriff Kindchenschema, welches als Schlüsselreiz wirkt und Fürsorgeverhalten auslöst. Menschliche Kinder behalten länger als alle anderen Säugetiere diese kindlichen Merkmale. Da der Schädel bei der Geburt keinen wesentlich größeren Umfang haben dürfte, um durch das Becken zu passen, wächst das Gehirn postnatal relativ schnell im Verhältnis zum Gesicht, und das begünstigt auch die längere Wahrnehmung der Neotenie in Relation zu anderen Säugetieren (Bogin, 1999). Mit 14 Jahren verlangsamt sich das Gesichtswachstum der Frauen (Ferrario et al, 1998). Sie behalten so eher kindliche Gesichtszüge als Männer, die weiter wachsen (Genecov et al., 1990). Einige Untersuchungen am Gesichtsprofil beschrieben Änderungen der Gesichtsmerkmale mit dem Alter. All diese Untersuchungen beschäftigten sich damit, wie sich das Gesicht von einem Kleinkind hin zu einem Pubertierenden verändert. So fanden Ferrario und Kollegen (1997) eine relative Verschiebung der Nase nach superior im Verhältnis zu den Lippen, die auch Genecov und Kollegen (1990) zwischen dem 7. und 12. Lebensjahr beschrieben. Die Untersuchung der relativen Position der Nase zu den Lippen zeigte in dieser Altersgruppe einen Anstieg von 2 – 3 mm der Länge des Nasengrundrisses. Auch die Distanz zwischen Nasion und Subnasale vergrößerte sich um 5 – 7 mm. Auch Nanda und Kollegen (1990) verglichen in einer Longitudinalstudie mit lateralen Kephalogrammen die Lippenhöhe von Kindern zwischen 7 und 18 Jahren, die ihren stärksten Anstieg bei Buben zwischen 10 und 11 Jahren und bei Mädchen zwischen 11 und 13 Jahren hatte, und die Nasenhöhe, die am schnellsten zwischen 7 und 8

Jahren anwuchs. All diese Studien fanden eine eindeutige Änderung der Nasenform und der relativen Nasenposition zu den Lippen. Auch das Wachstum der Lippen konnte bereits dokumentiert werden. Die erwähnten Ergebnisse beschreiben allerdings noch keinen Geschlechtsunterschied im Gesichtswachstum.

1.2. Geschlechtsunterschiede im Kindergesicht

Ferrario und Kollegen (1998) untersuchten in einer 3D-Studie die Wachstumsmuster von Buben und Mädchen und fanden einen Größenunterschied im Gesicht in allen Altersstufen zwischen dem 6. und 18. Lebensjahr. Buben hatten in jeder Altersstufe ein größeres Gesichtsvolumen. Auch Halazonetis (2007) verglich mittels lateraler kephalometrischer Röntgenbilder die Gesichter von 170 Kindern zwischen 7 und 17 Jahren und fand einen Unterschied in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen. In der Gruppe unter 12 Jahren waren Buben- und Mädchengesichter gleich groß. Über 12 Jahren waren die Bubengesichter signifikant größer. Die größte Varianz in der Gesichtsform konnte in dieser Studie durch den Vorsprung und die Größe der Lippen sowie die relative Nasen- und Kinngröße erklärt werden. Die Geschlechter unterschieden sich signifikant in diesen Merkmalen. Die Mädchen hatten eine relativ größere Nase und ein Kinn mit weniger prominenten Lippen, die zusammen ein konkaves Untergesicht bilden.

Es konnten in jeder Altersstufe, auch vor dem 12. Lebensjahr, Unterschiede in der Gesichtsform gefunden werden. Es ist aber schwierig zu sagen in wie weit die unterschiedlichen Bildgebungsverfahren, wie kephalometrische Röntgenbilder, und Photographien miteinander vergleichbar sind. Genauso wie Profilstudien möglicherweise andere Ergebnisse erbringen als die hier vorliegende Frontalstudie. Enlow und Hans (1996) beschreiben auch schon die Änderungen des kindlichen Gesichtes und fanden, dass sich die Gesichtscharakteristika von Buben und Mädchen qualitativ erst ab dem 13. Lebensjahr unterscheiden.

1.3. Hormoneller Einfluss

Der Wachstumsprozess wird vom endokrinen System kontrolliert. Am Wachstumsprozess sind nicht nur Hormone, sondern auch hormonbindende Proteine, Wachstumsfaktoren und deren Bindeproteine, und Hormon- und Wachstumsfaktor-Rezeptoren an den Zielzellen beteiligt (Ulijaszek et al., 1998). Die Hormonsekretion der Wachstumshormone (GH = Growth Hormone) findet vor allem in der Nacht und verstärkter während der Pubertät statt. GH, die durch Schilddrüsenhormonsekretion ausgeschüttet werden, sind für das Wachstum während der Kindheit verantwortlich. Androgene sind Sexualhormone. Zu ihnen gehören unter anderem Testosteron und Östrogen. Androgene haben Anteil an der Ausprägung der Geschlechtsmerkmale und der Steuerung der Sexualfunktion. Beide, GH und Sexualhormone, werden für das Wachstum benötigt. Deren Interaktion oder Abhängigkeit voneinander ist hoch komplex und immer noch unklar (Ulijaszek et al., 1998).

Das pubertäre Knochenwachstum wird von Androgenen ausgelöst (Tanner, 1978). Testosteron beeinflusst im Gesicht das Wachstum der Wangenknochen, des Unterkiefers und des Kinns. Es unterstützt auch das anteriore Wachstum des *Arcus superciliaris* sowie das Längerwerden des Untergesichtes, was zu einem robusteren, männlichen Gesicht führt (Farkas, 1981; Enlow & Hans, 1996). Ab der Pubertät wird von Buben vermehrt Testosteron und bei den Mädchen vermehrt Östrogen produziert. Danach unterscheiden sich Buben- und Mädchengesichter aber auch dadurch, dass Buben länger wachsen als Mädchen (Ferrario et al., 1998). Die Pubertät beginnt im Durchschnitt bei Mädchen mit 10 Jahren und bei Buben mit 12 Jahren (Tanner, 1978). Verdonck und Kollegen (1999) verglichen Kephalogramme von Buben mit normaler pubertärer Entwicklung zwischen 12 und 14 Jahren und Buben mit diagnostizierter verspäteter Pubertät zwischen 14 und 16 Jahren. Die Buben mit verspäteter Pubertät hatten im Vergleich zu den normal wachsenden Buben verhältnismäßig kleinere Mandibeln und kürzere Gesichtsdimensionen, wie die

obere vordere Gesichtshöhe (Nasion – Spina nasalis anterior). Ferrario und Kollegen (1998) fanden einen Wachstumsschub im Gesicht bei Mädchen mit 11 bis 12 Jahren. Ein pubertärer Wachstumsschub könnte also bereits Einfluss auf die Gesichtsform der Kinder in der vorliegenden Studie haben.

1.4. Fingerlängenverhältnisse

Bereits 1975 untersuchten Garn und Kollegen durch die Vermessung von Mikrofotographien der Hand von 56 Embryos und Föten die Längen der metakarpalen und phalangealen Handknochen und deren Verhältnisse zueinander. Die Untersuchungen zeigten, dass in der 13. Schwangerschaftswoche die Reihenfolge der Knochenlängen und das „bone-to-bone“ Verhältnis wie bei Erwachsenen aussehen. Das Fingerlängenverhältnis wird also pränatal angelegt. McFadden und Shubel (2002) scannten die Finger und Zehen von 150 ProbandInnen und fanden, dass das jeweilige Fingerlängenverhältnis der vier Finger, vom Zeigefinger bis zum kleinen Finger, bei Männern niedriger ist als bei Frauen. Der Effekt zeigt sich bei Fingern mehr als bei den Zehen und an der rechten Hand deutlicher als an der linken Hand. Den größten Geschlechtsunterschied zeigte das Zeige- zu Ringfingerverhältnis (2D:4D). Daraus lässt sich schließen, dass im 2D:4D Verhältnis am deutlichsten ein Geschlechterunterschied festzustellen ist.

1.4.1. Das 2D:4D Verhältnis als Vertreter für pränatales Testosteron

Das Fingerlängenverhältnis vom 2D zu 4D wird *in utero* etwa in der 13. Schwangerschaftswoche festgelegt. Mit dem Zeige- zu Ringfingerverhältnis wird das pränatale Testosteron- zu Östrogenverhältnis approximiert (Manning et al., 1998). Lutchmaya und Kollegen (2004) führten im zweiten Trimester der Schwangerschaft eine Fruchtwasseruntersuchung durch und fanden bei Buben signifikant höhere fetale Testosteronwerte als bei Mädchen, aber keinen signifikanten Unterschied in den fetalen Östrogenwerten. Die Autoren fanden weiters einen signifikant negativen

Zusammenhang zwischen dem 2D:4D Verhältnis und dem fetalen Testosteron zu Östrogenverhältnis an der rechten Hand. Die Ergebnisse zeigten, dass niedriges 2D:4D mit hohem pränatalem Testosteron im Verhältnis zu pränatalem Östrogen verknüpft ist und ein hohes 2D:4D Verhältnis mit niedrigem Testosteron- und hohem Östrogenspiegel einher geht. Eine mögliche Erklärung für den Zusammenhang zwischen 2D:4D und dem pränatalen Androgenhaushalt können die *Homeobox*- oder *Hox*-Gene liefern. Der Mensch verfügt über 39 *Hox*-Gene, welche in vier Gruppen (*Hoxa* bis *Hoxd*) unterteilt sind. Die *Hoxa*- und die *Hoxd*-Gruppe kontrollieren beim Menschen sowohl die Entwicklung der Testikel und Ovarien als auch die Ausdifferenzierung der Finger und Zehen (Kondo et al., 1997).

Buben haben besonders am Ringfinger signifikant längere distale Knochensegmente als Mädchen (MyIntyre, 2005). Vermutlich liegt deshalb das männliche 2D:4D Verhältnis meistens unter eins, während bei Frauen Ring- und Zeigefinger tendenziell gleich lang sind und der 2D:4D Wert dementsprechend gegen eins oder darüber geht (Manning et al., 2000). Manning und Kollegen (1998) untersuchten auch das 2D:4D Verhältnis und die Hormone im Blut. Sie fanden einen höchst signifikanten Unterschied zwischen Buben und Mädchen im 2D:4D Verhältnis und konnten zeigen, dass Testosteron bei Buben in der rechten Hand negativ mit dem 2D:4D Verhältnis korreliert. Die Buben mit längeren Ringfingern als Zeigefingern hatten einen höheren Testosteronspiegel. Im 2D:4D Verhältnis wird also der pränatale Testosteron- zu Östrogenlevel widerspiegelt.

1.4.2. Zusammenhänge zwischen dem 2D:4D Verhältnis und diversen Verhaltensparametern bei Kindern

Bei Kindern wurde das 2D:4D Verhältnis ebenfalls bereits untersucht. Unter anderem wurden Untersuchungen des 2D:4D Verhältnisses und Psychopathologie (Williams et al., 2003, Fink et al., 2007) durchgeführt. Williams und Kollegen (2003) fanden einen Zusammenhang des 2D:4D Verhältnisses mit Hyperaktivität und sozialem Verhalten bei Mädchen und emotionalen Problemen bei Buben. Untersuchungen

zum 2D:4D Verhältnis von Kindern wurden bisher auch bezüglich Händigkeit gemacht. Fink und Kollegen (2004) fanden, dass höheres pränatales Testosteron (niedrigeres 2D:4D) mit schnellerer Reaktion der linken Hand im Verhältnis zur rechten Hand zusammenhängt. Eine Tendenz, die in verschiedenen ethnischen Gruppen mit gruppenspezifischen 2D:4D Verhältnissen gefunden werden konnte (Fink et al., 2004). Auch das 2D:4D Verhältnis selbst wurde schon untersucht und verglichen. Manning und Kollegen (2001) fanden relativ zur gesunden Kontrollgruppe ein niedrigeres 2D:4D Verhältnis bei autistischen Kindern und deren direkten Verwandten. Unterschiedlichste Zusammenhänge mit dem 2D:4D Verhältnis wurden bereits gefunden und viele Studien untersuchten auch den Sexualdimorphismus im 2D:4D Verhältnis selbst. Manning und Kollegen (2004) untersuchten ethnische Unterschiede im 2D:4D Verhältnis und fanden in allen untersuchten Gruppen ein signifikant niedrigeres 2D:4D Verhältnis bei Buben. Der Sexualdimorphismus im 2D:4D Verhältnis bei Kindern variierte bei den untersuchten ethnischen Gruppen nicht.

Unterschiedliche Ergebnisse in den bisherigen Studien gibt es bezüglich der Veränderung des 2D:4D Verhältnisses im Laufe des Wachstums. Trivers und Kollegen (2005) fanden mittels Fotokopien der Hände von 7- bis 13-jährigen Kindern nicht nur einen signifikanten Geschlechterunterschied mit niedrigeren Werten für Buben, sondern auch die Tendenz einer Altersabhängigkeit des 2D:4D Verhältnisses. Malas und Kollegen fanden 2006 durch direkte Messungen an den Fingern keinen signifikanten Unterschied im Laufe der Schwangerschaftswochen bei 161 zwischen der 10. und 40. Woche abgebrochenen Schwangerschaften. Manning und Kollegen (1998) fanden anhand direkter Fingermessungen bei 2- bis 25-jährigen ProbandInnen auch keinen Hinweis für eine Veränderung dieses Verhältnisses mit zunehmendem Alter. Fink und Kollegen (2004) hingegen fanden bei 6- bis 11-jährigen Kindern einen negativen Zusammenhang zwischen 2D:4D und Alter durch Messungen an Fotokopien der Hände. Eine Änderung des 2D:4D Verhältnisses wurde also nur bei

Messungen an Fotokopien gefunden, die Studien mit direkter Fingerlängenmessung fanden ein konstantes 2D:4D Verhältnis während des Wachstums.

Ein Geschlechtsunterschied fand sich in den erwähnten Studien aber unabhängig von der Änderung des 2D:4D Verhältnisses (Manning et al., 1998; Williams, 2003; Fink et al., 2004). Das Fingerlängenverhältnis 2D:4D zeigt geschlechtsabhängige Unterschiede ab spätestens dem 5. Lebensjahr (Manning et al., 1998; 2004; McIntyre et al., 2005). Einen Geschlechterunterschied mit niedrigeren Werten bei Buben im Vergleich zu Mädchen fanden auch Williams und Kollegen (2003) schon für Kinder im Alter von 2 bis 5 Jahren. Lutchmaya und Kollegen (2004) fanden bei Fruchtwasseruntersuchungen, dass Buben einen signifikant höheren pränatalen Testosteronspiegel als Mädchen aufweisen. Der pränatale Östrogenspiegel zeigte keinen Geschlechterunterschied. Die Autoren zeigten somit, dass das fetale Testosteron- zu Östrogenverhältnis einen signifikant höheren Wert bei Buben als bei Mädchen aufweist. Alle Zusammenhänge des 2D:4D Verhältnisses mit den untersuchten Parametern waren an der rechten Hand stärker messbar als an der linken Hand.

1.5. 2D:4D und Gesichtsform

Die Gesichtsform im Zusammenhang mit dem 2D:4D Verhältnis wurde bisher nur in wenigen Studien untersucht. Bei Erwachsenen wiesen Fink und Kollegen (2005) einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Gesichtszügen und dem 2D:4D Verhältnis bei Männern nach. Bei Frauen wurde der Zusammenhang ebenfalls, aber nicht signifikant, gefunden. Auch Schaefer und Kollegen (2005) zeigten, dass ein niedriges 2D:4D Verhältnis bei Männern mit Merkmalen wie stärkerem Unterkiefer und Kinn korreliert und hohes 2D:4D unter anderem mit hohen Augenbrauen und volleren Lippen. Freies Testosteron allerdings ergab ein völlig anderes Muster in der Gesichtsform der untersuchten Männer. Es konnte nicht der gleiche Zusammenhang wie mit dem pränatalen Testosteron gefunden werden, sondern praktisch nur ein

Längerwerden des Gesichtes. Typisch männliche robuste Charakteristika mit stärker ausgeprägtem Unterkiefer und Kinn sowie stärker hervortretenden Augenbrauenwülsten entwickeln sich unter dem Einfluss von Testosteron in der Entwicklung. Grazile, weibliche Merkmale mit hohen Augenbrauen, weniger robustem Kiefer und volleren Lippen entstehen durch niedrigere Testosteronwerte (Farkas, 1981; Enlow & Hans, 1996).

Um zu testen, ob die beschriebenen „typisch“ männlichen Merkmale auch als solche wahrgenommen werden, ließen zahlreiche Bewertungsstudien zum Thema Testosteron die Gesichter auf Männlichkeit, Dominanz und Attraktivität beurteilen. Auch die Bewertung von Gesichtern mit unterschiedlichen 2D:4D Werten als Zeichen für pränatales Testosteron wurde bereits durchgeführt. Neave und Kollegen (2003) fanden, dass das 2D:4D Verhältnis signifikant negativ mit den Bewertungen der wahrgenommenen Männlichkeit korreliert. Freies Testosteron im Speichel andererseits korreliert nicht mit den Bewertungen von Dominanz, Männlichkeit oder Attraktivität (Neave et al., 2003 und Penton-Voak & Chen, 2004). Auch in der Studie von Fink und Kollegen (2005) zeigte sich das Muster zwischen dem 2D:4D Verhältnis und der Gesichtsform bei Männern signifikant stärker als bei Frauen. Dies könnte darauf hinweisen, dass Testosteron und nicht das Testosteron- zu Östrogenverhältnis verantwortlich für den Zusammenhang mit der Gesichtsform ist. Zusammenfassend scheint ein höheres Level an pränatalem Testosteron *in utero* die Entwicklung einer männlicheren Gesichtsform zu begünstigen (Schaefer et al., 2005).

2. Vorhersagen

Aus den vorangegangenen Erläuterungen über das Wachstum des menschlichen Gesichtes und dem Zusammenhang der Gesichtsform mit dem 2D:4D Verhältnis leite ich folgende zwei Vorhersagen ab:

2.1. Geschlechtsunterschiede im Gesichtswachstum

Männer und Frauen haben unterschiedliche Gesichtsformen. In Abhängigkeit vom hormonellen Status, diversen Umweltfaktoren und dem Alter sind die Unterschiede mehr oder weniger eindeutig messbar. Am knöchernen Schädel können bereits bei Kindern Geschlechterunterschiede festgestellt werden (Bulygina et al., 2006; Weston, 2007). Laut Enlow und Hans (1996) unterscheiden sich männliche und weibliche Kindergesichter vor dem 13. Lebensjahr nicht eindeutig voneinander. Doch zahlreiche Profilstudien des Gesichtes (Ferrario et al., 1997; Trenouth und Joshi, 2006; Dimaggio et al., 2007; Halazonetis, 2007) und die 3D-Studie von Ferrario und Kollegen (1998) zeigten Unterschiede in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen vor der Pubertät. Meine Annahme bezüglich des Geschlechterunterschiedes bei Kindergesichtern zwischen dem 2. und 12. Lebensjahr ist aufgrund der Unterschiede, die bei Kindern bereits am Schädel und in der Gesichtsform gefunden wurden: **Es gibt präpubertär einen morphometrisch zu erfassenden Unterschied in der Gesichtsform von österreichischen Buben und Mädchen.**

2.2. 2D:4D und Gesichtsform

Das 2D:4D Verhältnis wird pränatal aufgrund des intrauterinen Testosteron- zu Östrogenspiegels festgelegt (Manning et al., 1998; Lutchmaya et al., 2004). Die bisherigen Studien zum 2D:4D Verhältnis untersuchten zuerst den Geschlechterunterschied im 2D:4D Verhältnis und fanden, dass durchschnittlich das 2D:4D Verhältnis von Männern niedriger als bei Frauen ist (Manning et al., 1998;

Fink et al., 2005; Schaefer et al., 2005). Das Fingerlängenverhältnis zeigt geschlechtsabhängige Unterschiede ab spätestens dem 5. Lebensjahr (Manning et al., 1998; 2004; McIntyre et al., 2005). Ein Geschlechterunterschied mit niedrigeren Werten bei Buben im Vergleich zu den Mädchen schon im Alter von 2 bis 5 Jahren fanden Williams und Kollegen (2003). Ich nehme daher an, dass **Buben an beiden Händen im Durchschnitt ein niedrigeres 2D:4D Verhältnis als Mädchen haben.**

Untersuchungen zum 2D:4D Verhältnis von Kindern wurden bisher unter anderem bezüglich Händigkeit (Fink, et al., 2004), Psychopathologie (Williams et al., 2003, Fink et al., 2007), ethnischen Unterschieden (Manning et al. 2004) und im Vergleich zu anderen Fingerverhältnissen (Trivers et al., 2006) gemacht, nicht aber der naheliegende Vergleich von Gesichtsform und 2D:4D.

Bei Erwachsenen wiesen Schaefer und Kollegen (2005) einen Zusammenhang zwischen Gesichtszügen und dem 2D:4D Verhältnis bei Männern nach. Fink und Kollegen (2005) zeigten einen signifikanten Zusammenhang des 2D:4D Verhältnisses und der Gesichtsform bei Männern und fanden bei Frauen das gleiche Muster, aber nicht signifikant. Robuste, männliche Charakteristika mit stärker ausgeprägtem Unterkiefer und Kinn sowie stärker hervortretenden Augenbrauenwülsten zeigten sich im Zusammenhang mit einem niedrigen 2D:4D Verhältnis (Fink et al., 2005; Schaefer et al., 2005). Grazile, weibliche Merkmale mit hohen Augenbrauen, weniger robustem Kiefer und volleren Lippen stimmen mit einem hohen 2D:4D Verhältnis überein (Fink et al., 2005; Schaefer et al., 2005). Meine Annahme bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Gesichtsform und dem 2D:4D Verhältnis lautet: **Bei Kindern lässt sich das gleiche Muster des 2D:4D Verhältnisses mit der Gesichtsform wie bei Erwachsenen finden.**

3. Material und Methoden

3.1. Datenaufnahme

3.1.1. TeilnehmerInnen

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zwischen Juni und September 2007 insgesamt 82 Kinder im Alter zwischen 3 und 11 Jahren fotografiert. In die Datenaufnahme wurden ausschließlich Kinder inkludiert, die selbst teilnehmen wollten und deren Eltern zuvor eine Einverständniserklärung (Anhang 1) unterfertigt hatten. Die Kinder wurden in den Volksschulen Steyrdorf und Wehrgraben in Steyr/OÖ sowie dem Kindergarten des LKH Steyr und dem Rüdigerkindergarten in Steyr gemacht. Die Fotos der Wiener Kinder wurden im Rahmen eines wöchentlichen Treffens der Pfadfindergruppe Wien 88 in der Vienna International School gemacht. Von den insgesamt 82 TeilnehmerInnen konnten nur 44 Kinder zur Auswertung herangezogen werden. All jene, die nicht kaukasischer Herkunft waren ($N = 2$) und alle, deren Kopf auf dem Bild nicht standardisiert (siehe 3.1.4.) ausgerichtet war ($N = 36$), wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

3.1.2. Fotoequipment und Kameraeinrichtung

Das Fotoequipment bestand aus einer Digitalkamera der Marke EOS 300 D, die mit einem 18 – 200 mm Objektiv versehen war. Für die Fotos wurde die Blende 8.0 verwendet. Das Stativ wurde in der Höhe jeweils so verstellt, dass der mittlere Fokuspunkt der Kamera genau zwischen den Augen der Kinder lag. Das Kind saß auf einem Sessel in 5 cm Abstand vor einer weißen Leinwand, um den Hintergrund der Fotos zu vereinheitlichen. Scheinwerfer wurden je 120 cm von der Sesselmitte aus diagonal aufgestellt. Die Scheinwerfer selbst waren etwa 240 cm voneinander entfernt auf 150 cm Bodenhöhe. Von der Sesselmitte ausgehend wurde in 355 cm Abstand das Stativ der Kamera platziert.

Im Hintergrund wurde auf einem Stativ in Ohrenhöhe der sitzenden Kinder ein Maßstab fixiert, der später Überprüfung und Skalierung der Bilder ermöglicht. Die Kinder hielten eine Tafel mit einer fortlaufenden Nummer in der Hand um sie später anonym den zusätzlichen Daten zuordnen zu können.

Die Aufnahmen wurden über einen externen Auslöser gesteuert, um Erschütterungen der Kamera bei der Aufnahme zu vermeiden. Weiters wurden mehrere Fotos der Kinder gemacht um die beste Aufnahme auswählen zu können.

3.1.3. Ablauf der Datenaufnahme

Für die Datenaufnahme wurden die Kinder gebeten jeweils zu zweit in einen für die Datenerhebung zur Verfügung gestellten Raum zu kommen. Die Kinder zogen zuerst die Schuhe aus und stellten sich auf die Waage für die Erhebung des Körpergewichtes (3.1.5.d). Anschließend wurde ihre Körperhöhe mit Hilfe des Anthropometers gemessen. Dazu sollten sie sich ohne Schuhe aufrecht an die Wand stellen ohne die Fersen anzuheben. Das Anthropometer wurde parallel zur Wand neben dem Kind aufgestellt und in dieser Position die Körperhöhe (3.1.5.c) abgelesen. Dann wurden die Kinder gebeten sich zum Tisch zu setzen und die flache Hand, leicht gestreckt, mit dem Handrücken auf einen kleinen Polster zu legen. In dieser Position wurden die Zeige- und Ringfinger (3.1.5.b) mit der Schublehre von der Beugefalte bis zur Fingerspritze gemessen. Um die Händigkeit der Kindergartenkinder zu ermitteln, wurde die Kindergärtnerin befragt und zusätzlich das Kind gebeten den hingehaltenen Stift zu nehmen und etwas zu schreiben, um zu sehen, mit welcher Hand das Kind den Stift nimmt. Das Alter (3.1.5.a) wurde anhand einer Liste der Geburtstage, die von den Schulen und Kindergärten zur Verfügung gestellt wurden, errechnet. Zuletzt, nach der Befragung der Kinder und BetreuerInnen bezüglich der Verletzungen an Zeige- oder Ringfingern der Kinder, wurden die Fotos für den morphometrischen Vergleich erstellt. Dieser Vorgang wurde zu zweit durchgeführt. Die helfende Person richtete das Gesicht des Kindes

standardisiert aus und blieb bei dem Kind, damit die Fotoaufnahmen unter den eher grellen und heißen Scheinwerfern möglichst rasch gemacht werden konnten.

3.1.4. Fotoaufnahmen

Von den Kindern wurden mehrere frontale Fotoaufnahmen gemacht. Zur Vergleichbarkeit der Strukturen müssen 2-dimensionale Bilder immer in der gleichen Ausrichtung des Gesichtes zur Kamera gemacht werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Gesichter anhand der Ohr-Augen-Ebene (Frankfurter Horizontale¹ (1882) ausgerichtet und so standardisiert fotografiert. Die Ohr-Augen-Ebene ist eine imaginäre horizontale Linie, die durch den am tiefsten gelegenen Punkt des Unterrandes der Augenhöhle und durch den höchsten Punkt des äußeren knöchernen Gehörgangs verläuft. Wo diese Linie im Gesicht verläuft zeigt beispielsweise auch Farkas (1981, Fig. 2-51).

Die Kinder saßen in aufrechter Haltung. Die Haare wurden aus dem Gesicht gestrichen oder mit einem Stirnband fixiert. Der Gesichtsausdruck war neutral, die Augen waren geöffnet und der Blick direkt nach vorne gerichtet. Ist die Datenaufnahmesituation bei allen Versuchspersonen gleich, ist es möglich Projektionsfehler zu minimieren und durch die Geometric Morphometrics Methode Gestaltänderungen eines Objektes, die unabhängig von seinem Ort, Orientierung und Größe sind, zu vergleichen. Zur Verbesserung des Kontrastes zwischen den Gesichtern und dem Hintergrund wurde dann mit Adobe Photoshop CS 8.0.1 ein Weißabgleich gemacht. Von den ursprünglich 82 Kindern wurden nur die Fotos von jenen 44 Kindern verwendet, deren Kopf anhand der Ohr-Augen-Ebene ausgerichtet und nicht seitlich verdreht war. Lachende Gesichter wurden genauso wie alle anderen Gesichter, die keinen neutralen Gesichtsausdruck hatten, aus der Analyse ausgeschlossen.

¹ Auch deutsche Horizontale oder Ohr-Auge-Ebene genannt, wurde 1882 auf einem Anthropologenkongress in Frankfurt am Main für die Kraniometrie definiert.

3.1.5. Somatometrische Messpunkte

Zur metrischen Erfassung der morphologischen Strukturen des menschlichen Körpers gibt es eine Vielzahl genau definierter Messpunkte. Klassisch werden diese Maße mit Hilfe anthropologischer Messgeräte, wie dem Gleitzirkel oder dem Tasterzirkel, direkt am Knochen oder Körper genommen. Die standardisierten anthropologischen Messmethoden sind wichtig um relativ objektiv und reproduzierbar genau definierte Körpermaße metrisch erfassen zu können (Knußmann, 1996). Somatometrische Messpunkte sind spezielle anatomische Messpunkte, die bei jedem Individuum biologisch vergleichbar sind und einen entsprechenden Bereich eingrenzen oder die untersuchte Form beschreiben (Marcus & Corti, 1996). In den Geometric Morphometrics werden die Messpunkte digital markiert. Für die Auswertung werden danach die 2D- oder 3D-Koordinaten der Messpunkte weiterverwendet. Die Definition der hier verwendeten Messpunkte in Anlehnung an Farkas (1981) und Kolar & Salter (1997) ist in Tabelle 1 zu sehen.

3.1.6. Einflussvariablen

Die Gesichtsform wird von vielen Faktoren beeinflusst. Abgesehen vom Ökomorphotyp, dem hormonellen Einfluss im Laufe des Wachstums und dem Alter, ist die Gesichtsform von Körpergröße und Körpergewicht der Person abhängig, und diese wiederum sind häufig wachstumsabhängig. Für Vergleiche mit der pränatalen Hormonkonzentration von Östrogen und Testosteron wurde das Zeige- zu Ringfingerlängenverhältnis gemessen (siehe 2D:4D, 3.1.6.b). Um etwaige Störfaktoren bei den Messergebnissen der Fingerlängen zu kennen, wurden sowohl das Kind als auch der/die LehrerIn nach Veränderungen (Brüche, Operationen, etc.) an den vermessenen Fingern gefragt.

a) Alter

Für die Berechnung des Alters wurde das Geburtsdatum der Kinder erhoben und daraus das Alter errechnet. Für die Auswertung wurde das Alter in Monate

umgerechnet, um eine genauere zeitlich Auflösung für die Veränderung mit dem Alter zu bekommen.

b) Fingerlängenmessungen

Gemessen werden die Fingerlängen des Zeige- und des Ringfingers jeweils von der proximalsten Falte des Fingers (Beugefalte) bis zur Fingerspitze. Es gibt zwei gängige Methoden diese Distanz abzumessen. Die Distanz kann direkt mit einer Schublehre an der Hand der TeilnehmerInnen gemessen werden oder von einer Fotokopie der Hand. Bei beiden Methoden werden die Messungen üblicherweise mehrmals von einer oder mehreren Personen gemacht und daraus wird der Mittelwert errechnet sowie die Reliabilität der Messungen überprüft. Bei einem Vergleich beider Methoden fanden Manning und Kollegen (2005) Hinweise, dass das 2D:4D Verhältnis auf den Fotokopien tendenziell niedriger ist als das direkt gemessene 2D:4D Verhältnis. Weiters war der Zeigefinger auf den Photokopien eher kürzer oder gleich lang und der Ringfinger eher länger oder gleich lang als bei den direkten Messungen. Die Autoren vermuten, dass die Unterschiede in den Messungen der Fingerlängen bei den Fingerspitzen liegen, die sich am Fotokopierer an der Spitze von der Glasplatte abheben. In der vorliegenden Studie wurde daher die Methode der direkten Messung mit einer Schublehre, auf zwei Dezimalstellen genau, gewählt.

Die Informationen über etwaige Brüche oder Operationen an einem der gemessenen Finger sowie die Händigkeit der Kinder wurden mittels Befragung erfasst. Kinder mit Veränderungen am Zeige- oder Ringfinger wären aus der Analyse mit dem 2D:4D Verhältnis ausgeschlossen worden.

c) Körperhöhe

Die Körperhöhe konnte mit einem Anthropometer in Zentimeter, auf eine Dezimalstelle genau, gemessen werden. Das Anthropometer wurde parallel zur Wand gehalten, die Kinder standen aufrecht und ohne Schuhe davor. Der am

Anthropometer befestigte Messstab wurde von oben bis auf den Apex geschoben und die Größe an der Skala abgelesen.

d) Körpergewicht

Zur Bestimmung des Gewichtes wurden die Kinder mit einer Personenwaage auf 0,5 kg genau gewogen. Die Kinder trugen keine Schuhe und aufgrund der Datenaufnahme im Sommer leichte Kleidung, wodurch kein wesentlicher zusätzlicher Gewichtsunterschied aufgetreten ist.

3.2. Datenanalyse

A) Beschreibende und Prüfstatistik

Vor der weiteren statistischen Auswertung wurden die erhobenen Einflussvariablen in *SPSS 15.0* mittels *K-S Test* auf Normalverteilung getestet. Von allen normalverteilten Variablen wurden Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum ermittelt und zur Darstellung der Ergebnisse verwendet. Für Korrelationen einzelner Variablen untereinander wurde der *Pearson Korrelationskoeffizient* zweiseitig berechnet. Die Signifikanzgrenze wurde auf 5% ($p \leq 0.05$) gesetzt.

Für die Altersanalyse wurde das Geburtsdatum in Altersmonate umgerechnet, um auch die Entwicklungsunterschiede, die sich bei einem Kind innerhalb eines Lebensjahres ergeben, zeigen zu können. Zur Unterteilung in Altersgruppen wurde der Median der Altersmonate für beide Geschlechter zusammen berechnet. Drei Mädchen wurden aus dem Vergleich der Altersgruppen ausgeschlossen, da es in ihrem Alter keine männlichen Vergleichspersonen gab. Es wurden vier Gruppen zu 9, 11, 11 und 10 Kindern gebildet (jüngere und ältere Buben und Mädchen). Alle Kinder unter dem Altersmedian von 91 Monaten (7.6 Jahre) bildeten die „jüngere“ Gruppe, alle älter oder gleich dem Altersmedian wurden der „älteren“ Gruppe

zugeteilt. Mittels *Student T-Test* wurde sichergestellt, dass sich das mittlere Alter der Geschlechter innerhalb der Altersgruppen nicht signifikant unterscheidet. Mit den vier Gruppen (jüngere Buben, ältere Buben, jüngere Mädchen, ältere Mädchen) und der Größe des Gesichts in Form der „Centroid Size“ (siehe 3.2.3.) wurde eine *One-Way ANOVA* mit *Bonferroni* Korrektur durchgeführt. Anschließend wurden die Gruppen für den morphometrischen Gestaltvergleich zwischen den Geschlechtern mit *Morpheus et al.* (Slice, 1998) herangezogen.

Die Berechnung des 2D:4D wurde auch in *SPSS 15.0* durchgeführt. Mittels *Student T-Test* wurde untersucht, ob das durchschnittliche 2D:4D Verhältnis bei Buben niedriger ist als bei Mädchen. Weiters wurde das 2D:4D Verhältnis mit dem Alter nach *Pearson* korreliert, um zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen beiden Variablen gibt.

B) Gesichtsformanalyse

3.2.1. Einführung in die Geometric Morphometrics

Erste erwähnenswerte somatometrische Untersuchungen wurden bereits 1799 von Ch. White durchgeführt (Martin und Saller, 1928). Was früher ausschließlich mit Schublehre und Gleitzirkel vermessen wurde, kann heutzutage auch digital gemessen werden. Die Morphometrie ist das Feld multivariater statistischer Analysen, welches sich mit der Quantifizierung von Gestalt beschäftigt. Bei der sogenannten traditionellen Methode (Marcus, 1990; Reyment, 1991) beziehungsweise der multivariaten Morphometrie (Blackith et al. 1971) spielt es zwar keine Rolle, ob das Objekt gedreht ist oder an welchem Ort es vermessen wurde, doch verschiedene Größen der Objekte stellen ein Problem in der Vergleichbarkeit der Gestalt dar. Auf die Gesamtform, die sich aus Gestalt und Größe zusammensetzt, kann ebenfalls nicht zurückgeschlossen werden, da auch immer nur ein Maß mit dem anderen verglichen werden kann (Rohlf & Marcus, 1993). Die Geometric Morphometrics ist eine

Methode zur Auswertungen und Analyse von Gestaltvariablen, welche die gesamte geometrische Information beibehält. Die Analyse basiert auf kartesischen Koordinaten, welche die gesamte Gestaltinformation des Objektes beinhalten; von ihnen können, wenn gewünscht, auch Distanzen und Winkel berechnet werden (Rohlf & Marcus, 1993). Es ist möglich Änderungen der (Gesichts)form festzustellen und darüber hinaus auch die Änderungen einzelner Strukturen relativ zu anderen Strukturen zu zeigen.

3.2.2. Landmarks

Auf den Fotos wurden mittels *tpsDig2* (Version 2.10, Rohlf, 2006) die x- und y-Koordinaten der, in diesem Fall, 76 somatometrischen Messpunkte erfasst (Abbildung 2). Von den digitalisierten 76 Landmarks wurden später für die Analyse nur 70 verwendet. Die beiden äußeren Stirnpunkte (Landmarks 75 & 76) waren nicht immer vergleichbar zu finden. Die Punkte an den Ohren (Landmarks 71 – 74) waren aufgrund des schwer zu findenden tiefsten Punktes des Ohrläppchens (Landmarks 72 & 74) nicht genau genug definierbar. Aufgrund der zu geringen Reliabilität der Punkte wurden diese Landmarks aus der Analyse ausgeschlossen.

a) Landmarktypen

Die verwendeten Landmarks können in sechs unterschiedliche Typen von Landmarks unterteilt werden. Bookstein und Kollegen (2004) unterteilen die Landmarks folgendermaßen: Typ 1 Landmarks sind biologisch homolog und beziehen sich auf diskrete Gewebegrenzen, beschreiben einen Punkt, an dem drei Strukturen aufeinander treffen (Pupille, etc.). Biologisch homologe Messpunkte (Pupille, Mundwinkel, etc.) nicht in sehr großer Zahl zu finden, daher werden unter anderem folgende geometrisch homologe Landmarks verwendet. Typ 2 Landmarks sind die Maxima von Kurven oder morphologischen Fortsätzen, die einzelne Strukturen charakterisieren. Dies inkludiert beispielsweise den Punkt der maximalen

Krümmung des Lippensaumhöckers², *Crista philter*. Die Typ 3 Landmarks werden aufgrund der Information unterschiedlicher Kurven gesetzt, wie der Schnittpunkt zweier Kurven. Typ 4 Landmarks sind Semilandmarks (3.2.2.c) auf Kurven, die in dieser Studie an den Kinn- und Augenbrauenkurven digitalisiert wurden. Landmarks vom Typ 5 sind Semilandmarks auf Oberflächen und Typ 6 Landmarks konstruierte Landmarks. Typ 5 und 6 beziehen sich auf dreidimensionale Daten und sind daher in der vorliegenden Studie nicht vorgekommen.

b) Landmarkschema

Gesetzt wurden die Landmarks nach einem bestimmten Schema (Abbildung 2), um später in der Analyse die Koordinaten einander zuordnen zu können. Um die Reihenfolge einzuhalten, sind die Punkte nummeriert. Die Definitionsliste der Landmarks wird in Tabelle 1 angeführt.

Die anatomischen Messpunkte auf den Fotos wurden später in der Gestaltanalyse mit weiteren Variablen der Kinder (siehe Kapitel 3.1.6.) in Zusammenhang gebracht.

² Die beiden höchsten Punkte der Oberlippenschleimhaut nasenwärts, die mit dem Philtrum, der vertikalen Rinne, die von der Nase über die Mitte der Oberlippe herabzieht, verbunden sind.

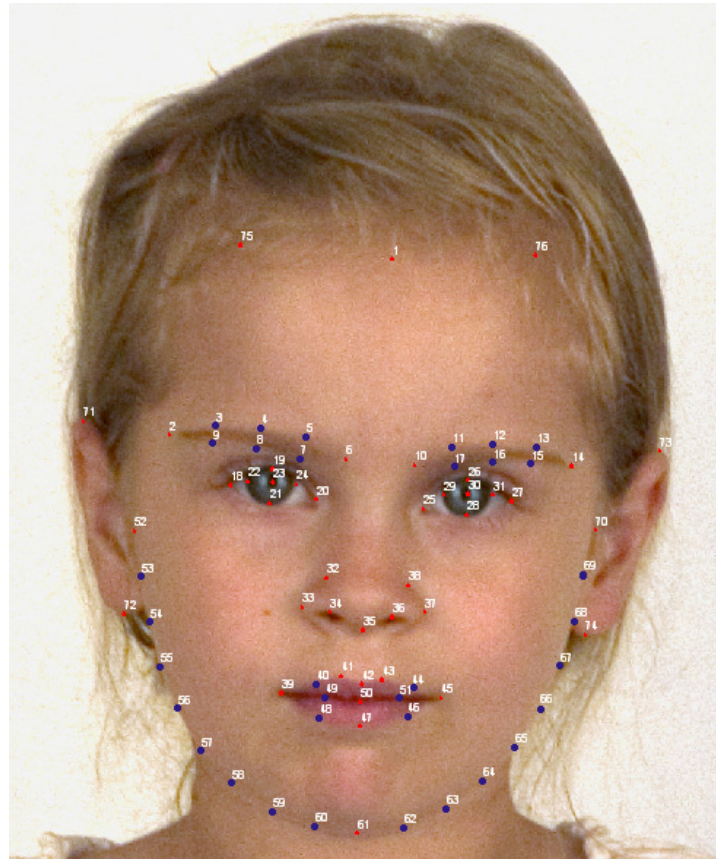


Abbildung 2: Verwendetes Landmarkschema, nummeriert. Semilandmarks (siehe Kapitel 3.2.2.c) in blau.

Tabelle 1: Definitionen der somatometrischen Messpunkte (nach Farkas, 1981 und Kolar & Salter, 1997 verändert).

Nr.	Landmark	Beschreibung
1	Trichion	Mittelpunkt der Stirn, an der Haargrenze der Stirn. In der Kindheit könnte der Punkt schwer zu fixieren sein, weil die Haarlinie unregelmäßig oder nicht genau erkennbar ist.
2	Superciliare laterale (rechts)	Lateralster, noch erkennbarer Punkt der Augenbraue.
3 – 5	Obere Augenbrauenkante	Kurve entlang der oberen Augenbrauenkante, bestehend aus 3 annähernd gleichweit entfernten Landmarks zwischen 2 und 6.
6	Superciliare mediale (rechts)	Medialster, noch erkennbarer Punkt der Augenbraue.
7 – 9	Untere Augenbrauenkante (rechts)	Kurve entlang der unteren Augenbrauenkante bestehend aus 3 annähernd gleichweit entfernten Punkten zwischen 2 und 6.
10	Superciliare mediale (links)	Medialster, noch erkennbarer Punkt der Augenbraue.
11 – 13	Obere Augenbrauenkante (links)	Kurve entlang der oberen Augenbrauenkante, bestehend aus 3 annähernd gleichweit entfernten Punkten zwischen 10 und 14.
14	Superciliare laterale (links)	Lateralster, noch erkennbarer Punkt der Augenbraue.
15 – 17	Untere Augenbrauenkante (links)	Kurve entlang der unteren Augenbrauenkante bestehend aus 3 annähernd gleichweit entfernten Punkten zwischen 10 und 14.
18	Exocanthion (rechts)	Lateralster Punkt der Lidspalte, wo Ober- und Unterlidrand (commissura palpebrarum medialis) zusammentreffen.
19	Palpebrale superius (rechts)	Höchster Punkt der Iris, wenn der Punkt vom Oberlid verdeckt wird, ist der oberste sichtbare Punkt der Iris in der Verlängerung der Irismitte nach oben zu wählen.
20	Endocanthion (rechts)	Medialster Punkt der Lidspalte, wo Ober- und Unterlidrand (commissura palpebrarum medialis) zusammentreffen.
21	Unterster Punkt der Iris (rechts)	Unterster Punkt der Iris, wenn der Punkt vom Unterlid verdeckt wird, ist der unterste sichtbare Punkt der Iris in der Verlängerung der Irismitte nach unten zu wählen.
22	Lateralster Punkt der Iris (rechts)	Lateralster, sichtbarer Punkt der Iris.
23	Pupille (rechts)	Mittelpunkt der Pupille.
24	Medialster Punkt der Iris	Medialster, sichtbarer Punkt der Iris.

	(rechts)	
25	Endocanthion (links)	Medialster Punkt der Lidspalte, wo Ober- und Unterlidrand (commissura palpebrarum medialis) zusammentreffen.
26	Palpebrale superius (links)	Höchster Punkt der Iris, wenn der Punkt vom Oberlid verdeckt wird, ist der oberste sichtbare Punkt der Iris in der Verlängerung der Irismitte nach oben zu wählen.
27	Exocanthion (links)	Lateralster Punkt der Lidspalte, wo Ober- und Unterlidrand (commissura palpebrarum medialis) zusammentreffen.
28	Unterster Punkt der Iris (links)	Unterster Punkt der Iris, wenn der Punkt vom Unterlid verdeckt wird, ist der unterste sichtbare Punkt der Iris in der Verlängerung der Irismitte nach unten zu wählen.
29	Medialster Rand der Iris (links)	Medialster, sichtbarer Punkt der Iris.
30	Pupille (links)	Mittelpunkt der Pupille.
	Lateralster Punkt der Iris (links)	Lateralster, sichtbarer Punkt der Iris.
31		
32	Nasenflügelursprung (rechts)	Punkt an dem die Verbreitung der Nase durch den Nasenflügel ansetzt.
33	Alare (rechts)	Lateralster Kurvenpunkt des Nasenflügels.
34	Columella apex (rechts)	Maximaler Kurvenpunkt der oberen, ventralen Nasenlochbegrenzung.
35	Subnasale	Übergang des Nasenseptumbodens zur Oberlippe. Falls der Übergang nicht exakt definiert ist, ist der Punkt am Nasenseptum auf der Höhe des Nasenlochbodens zu wählen.
36	Columella apex (links)	Maximaler Kurvenpunkt der oberen, ventralen Nasenlochbegrenzung.
37	Alare (links)	Lateralster Kurvenpunkt des Nasenflügels.
38	Nasenflügelursprung (links)	Punkt, an dem die Verbreitung der Nase durch den Nasenflügel ansetzt.
39	Cheilion (rechts)	Laterales Ende der Schleimhautober- und -unterlippe. Es ist möglich, dass die Schleimhautoberlippe etwas weiter medial endet, dann ist das Ende der Schleimhautunterlippe zu wählen.
40	Oberer Lippenpunkt (rechts)	Punkt in der Mitte zwischen 39 und 41 entlang der labial Kommissur.
41	Crista philter (rechts)	Punkt der maximalen Krümmung des Lippensaumhöckers.
42	Laberale superius	Maximale Einziehung der Schleimhautoberlippe im Bereich des Philtrums. Wenn keine Einziehung vorhanden ist, ist der Mittelpunkt zwischen den beiden Punkten der maximalen Konvexität (41 und 43) entlang der Schleimhautoberlippe zu wählen.
43	Crista philter (links)	Punkt der maximalen Krümmung des Lippensaumhöckers.
44	Oberer Lippenpunkt (links)	Der Punkt in der Mitte zwischen 43 und 45.
45	Cheilion (links)	Laterales Ende der Schleimhautober- und -unterlippe. Es ist möglich, dass die Schleimhautoberlippe etwas weiter medial endet, dann ist das Ende der Schleimhautunterlippe zu wählen.
46	Unterer Lippenpunkt (links)	Der Punkt in der Mitte zwischen 45 und 47.
47	Laberale inferius	Mittelpunkt der Unterlippe entlang des Schleimhautunterlippensaums.
48	Unterer Lippenpunkt (rechts)	Der Punkt in der Mitte zwischen 47 und 39.
49	Lippenspalte (rechts)	Der Punkt in der Mitte zwischen 39 und 50.
50	Stomion	Punkt auf der Geraden zwischen Laberale superius und inferius, bei geschlossenem Mund in natürlicher Zahnstellung; Oberlippenzäpfchen
51	Lippenspalte (links)	Der Punkt in der Mitte zwischen 50 und 45.
53	Zygion (rechts)	Lateralster Punkt des Jochbogens entlang der Kinnlinie.
53 – 60	Untergesicht (rechts)	8 Landmarks annähernd gleichweit entfernt zwischen 52 und 61 entlang der Kinnlinie.
61	Gnathion	Ventralster Punkt entlang der Unterkante der Mandibel.
62 – 69	Untergesicht (links)	8 Landmarks annähernd gleichweit entfernt zwischen 61 und 70 entlang der Kinnlinie.
70	Zygion (links)	Lateralster Punkt des Jochbogens entlang der Kinnlinie.
71	Superaurale (rechts)	Höchster sichtbarer des Außenrandes des Ohres.
72	Subaurale (rechts)	Tiefster Punkt des Ohr läppchens. Bei angewachsenen Ohr läppchen kann der Punkt beinahe mit der Kinnkurve zusammenfallen.
73	Superaurale (links)	Höchster sichtbarer des Außenrandes des Ohres.
74	Subaurale (links)	Tiefster Punkt des Ohr läppchens. Bei angewachsenen Ohr läppchen kann der Punkt beinahe mit der Kinnkurve zusammenfallen.
75	Stirnecke (rechts)	Übergang vom Haupt- ins Schläfenhaar entlang der Haargrenze auf der Höhe des äußeren Drittels der Augenbraue.
76	Stirnecke (links)	Übergang vom Haupt- ins Schläfenhaar entlang der Haargrenze auf der Höhe des äußeren Drittels der Augenbraue.

c) Semilandmarks

An manchen Strukturen im Gesicht, wie beispielsweise der Kinnlinie, können keine exakten anatomischen Landmarks festgelegt werden. Semilandmarks aber können sich auf einer Kurve oder Verbindung entlang eines Vektors bewegen (Bookstein, 1991) und beschreiben so die untersuchten Strukturen besser. Es gibt zwei Arten wie die Semilandmarks verschoben werden können. Einerseits um die „Bending Energy“ zu verringern. Die Beugeenergie ist die notwendige Energie um das Deformationsgitter rund um jeden Landmark zur mittleren Gestalt oder zu einer anderen Gestalt zu deformieren. Eine andere Möglichkeit ist die Verschiebung entlang der „Minimum Procrustes Distanz“, welche in etwa die Quadratwurzel der Summe der quadrierten Distanzen zwischen den Landmarkpositionen in zumindest zwei Konfigurationen in „Centroid Size“ (siehe 3.2.3.) erklärt. Die Verschiebung mit minimaler Beugeenergie erzeugt allerdings ein weniger kompliziertes Deformationsgitter (siehe 3.2.7.) als die Methode mit minimaler Procrustes Distanz (Gunz et al., 2005). Beide Methoden sind üblich.

Die Semilandmarks in der vorliegenden Stichprobe wurden mit minimaler Beugeenergie in *tpsRelw* (Version 1.45, Rohlf, 2007) verschoben und in *tpsRegr* (Version 1.34, Rohlf, 2007) für die Shape Regressionen weiterverwendet. In Abbildung 2 sind jene Semilandmarks angeführt, die für diese Arbeit verwendet wurden. Für die Hauptkomponentenanalyse in Form Space mit *Morphologika 2.5* (O'Higgins und Jones, 2006) wurden die Semilandmarks als fixe Landmarks behandelt, da in dieses Programm das Verschieben der Semilandmarks nicht ermöglicht.

3.2.3. Procrustes Superimposition

Bei der Procrustes Superimposition werden die absolute Lage, die Orientierung und die Größe der digitalen Rohkoordinatenkonfigurationen (Abb. 3a) aus den Daten herausgerechnet (Bookstein, 1991). Anhand eines Dreieckes erklärt, wird der erste

Punkt A aller gemessenen Gesichter an die Position (0/0) im Koordinatensystem verschoben und somit alle Punkte A auf den Ursprung gelegt (Abb. 3b). Dann wird das Dreieck so gedreht, dass der zweite Messpunkt B auf der x-Achse liegt und beispielsweise die Koordinaten (1/0) annimmt (Abb. 3c). Im letzten Schritt (Abb. 3d) werden die Konfigurationen auf dieselbe Größe skaliert. Von jedem Dreieck wird der Schwerpunkt errechnet. Die errechneten Schwerpunkte („Centroid“) werden dann übereinander gelegt, in die selbe Ebene gedreht, und schließlich auf die selbe Größe (1 CS) beziehungsweise „Centroid Size“ skaliert. Die „Centroid Size“ (CS) ist die Quadratwurzel der Summe der Varianz um den Schwerpunkt der Koordinaten des Messpunktes eines Individuums (Rohlf & Slice, 1990). Die CS der einzelnen Landmarkkonfigurationen wird als Größeninformation in einer eigenen Variable beibehalten.

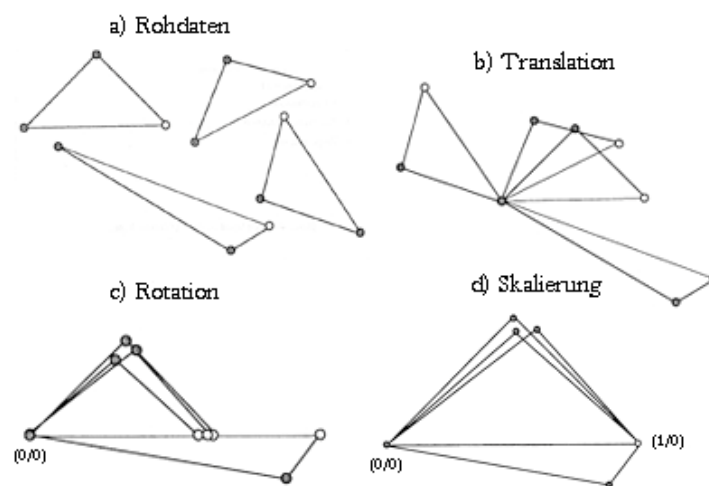


Abbildung 3: Einzelne Schritte der Procrustes Superimposition auf Dreiecke vereinfacht. Die Rohkoordinatenformen (a) werden auf einen gemeinsamen Ursprung gelegt (b), die Dreiecke in dieselbe Ebene rotiert (c) und die Größe auf CS = 1 standardisiert (d). (nach Slice D.E., EVAN Summer School 6. – 10.7.2008, Universität Wien).

Die nach der Procrustes Superimposition verbleibenden Residuale an jedem Landmark werden als sogenannte „Shape Variables“ (Bookstein, 1991) bezeichnet. Das sind die Koordinatenwerte, die die Gestaltvarianz zwischen den Individuen innerhalb der Stichprobe erklären. Der Prozess der Procrustes Superimposition ist iterativ und wird ausgehend von zuerst nur zwei Konfigurationen wiederholt bis alle Konfigurationen der Stichprobe aneinander angeglichen sind. So ist es möglich, die

Unterschiede zwischen den Merkmalsausprägungen der Personen darzustellen und zu vergleichen. Ebenso wie es möglich ist, die Gestalt mit anderen, biologisch relevanten, Variablen zu vergleichen. Die Procrustes Superimposition ist der Basisschritte in der morphometrischen Analyse, der auch mit den vorliegenden Daten durchgeführt wurde (Abbildung 4).

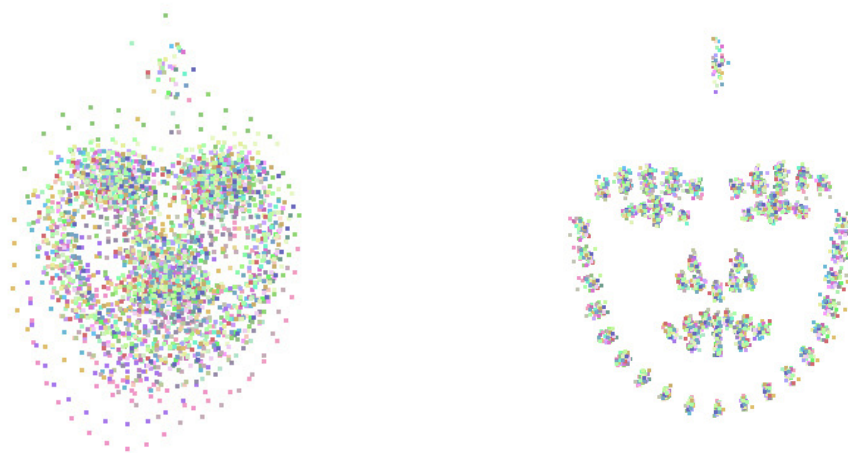


Abbildung 4: Landmarkkoordinaten der 44 Kinder. Links die Rohkoordinaten vor der Procrustes Superimposition, rechts nach der Procrustes Superimposition.

3.2.4. Hauptkomponentenanalyse

Nach der Procrustes Superimposition können die verbleibenden Unterschiede zwischen den Shape Variablen in Hauptkomponenten (Principal Components) aufgeteilt werden (Rohlf & Marcus, 1993). Hauptkomponenten sind Variablenkombinationen, die Teilvarianzen in den Daten erklären können. Die erste Komponente erklärt die größte Teilvarianz in den Daten. Die Hauptkomponenten der Gestaltvariation werden durch eine Kovarianzmatrix über alle Gestaltvariablen berechnet. Daraus werden die Eigenvektoren der Kovarianzmatrix berechnet. (Bookstein, 1991; Rohlf & Marcus, 1993). Die verschiedenen Hauptkomponenten sind eine Projektion der Daten auf die Eigenvektoren. Im Allgemeinen sind die Hauptkomponenten eine Projektion von einem höher-dimensionalen Raum in einen

weniger dimensionalen Raum. Die einzelnen Komponenten erklären einen gewissen Prozentsatz der Varianz in den Daten. Die erste Hauptkomponente erklärt die größte Varianz in den Daten. In der Visualisierung werden die Komponenten geometrisch orthogonal angezeigt, sie korrelieren nicht miteinander.

Die erste Hauptkomponente von Shape Variablen zeigt die Richtung der größten Gestaltänderung. Sie wurde in dieser Studie herangezogen um zu vergleichen, welchem Einflussfaktor auf das Gesicht sie entsprechen könnte. Da es sich bei dieser Studie um einen Wachstumsvergleich handelt, bei dem die Größe eine wichtige Rolle spielt, wurde die Analyse in Form Space (siehe unten) gerechnet, wo die Größe der Konfigurationen, im Gegensatz zum Shape Space, wieder mit einbezogen wird.

3.2.5. Form Space

In der Beschreibung von Wachstum ist Größe eine wichtige Variable. Damit man Größe und Gestalt vergleichen kann, kann bei Geometric Morphometrics eine Variable für die Größe wiedereingeführt werden. Für die Hauptkomponentenanalyse in Form Space wird die Größe in Form der logarithmierten CS zurück in die Daten gebracht. Die CS ist die Quadratwurzel der Summe, der quadrierten Distanzen zwischen den Landmarks und dem Schwerpunkt, nach Standardisierung der absoluten Position, Orientierung und Größe der Datenkonfiguration (siehe 3.2.3). Die logarithmierte CS wird als eigene Variable nach der Procrustes Superimposition zu den Daten hinzugefügt. Die Analyse und Darstellungen wurden in *Morphologika 2.5* (O'Higgins und Jones, 2006) durchgeführt, die Semilandmarks wurden als fixe Landmarks behandelt.

3.2.6. Shape Regressionen

Die vorliegende Studie untersucht unter anderem die Veränderung der Gesichtsform mit dem Alter, sowie die Gesichtsform in Abhängigkeit vom 2D:4D Verhältnis. Deshalb wurden Shape Regressionen für die zu testenden Parametern beider

Geschlechter in *tpsRegr* (Version 1.34, Rohlf 2007) mit zuvor geslideten Landmarks durchgeführt. Es wird dabei eine lineare Regressionsfunktion für jede Gestaltkoordinate einzeln berechnet. Die Steigung der Funktion beschreibt die Gestaltänderung, die innerhalb einer Einheit der unabhängigen Variable auftritt. Die Signifikanz der Regression wird mittels eines Permutationstests errechnet. Dieser Test errechnet die Summe der Varianz jeder einzelnen Shape Koordinate, die durch die Variable erklärt werden kann (Good, 2000). Meist kann ein nur sehr geringer Prozentsatz der Varianz durch die gewählte Variable erklärt werden, da sehr viele Faktoren gemeinsam die Gestaltvariation bestimmen.

Um die Gestaltänderung mit dem Alter auf Geschlechterunterschiede zu prüfen, wurde weiters eine multiple Shape Regression auf Geschlecht und Alter durchgeführt (Rohlf, *tpsRegr*, 2007). Die Landmarks wurden in drei Gruppen unterteilt, damit die Anzahl der Koordinaten nicht größer als die Probandenzahl ist. Dies war notwendig, da die verfügbare Software diesbezüglich Beschränkungen hat. Mit den 44 Kindern und drei unterschiedlichen Landmarksets (Kinnlinie, Augen- und Stirnbereich, Mund- und Nasenpartie) wurden die Wachstumsvektoren der Geschlechter berechnet.

3.2.7. Visualisierung

Schon im 16. Jahrhundert stellte Albert Dürer unterschiedliche Gesichtsprofile anhand eines Deformationsgitters dar. Durch die Verformungen des Gitters sollten die Unterschiede deutlich sichtbar und vergleichbarer werden. D'Arcy Thomson zeichnete 1917 mit freiem Auge Transformationsgitter von Fischen. Bookstein (1989) prägte später den Begriff „Thin-plate Spline“ Deformationgrid.

Der „Thin-plate Spline“, das Deformationsgitter zum Visualisieren der Form- oder Gestaltänderungen der untersuchten Formausprägungen, hat seinen Namen vom Modell der Deformation einer dünnen Metallplatte (Rohlf & Marcus, 1993). Schon die Unterschiede zweier einzelner Landmarkkonfigurationen können mittels Deformationsgitter gezeigt werden. In der Ausgangssituation liegen alle

Koordinaten auf dieser Ebene. Verschiebt sich nun eine der Koordinaten auf der x- oder y-Achse, beult sich die Platte in genau diese Richtung aus, um die Veränderung der einen Ausprägung zur veränderten Gestalt visuell darzustellen (Bookstein, 1991). Werden jene Koordinaten, zum Beispiel auf der y-Achse, leicht nach oben bewegt, so entsteht im „Thin-plate Spline“ eine Deformation (Abbildung 5). Das Gitter verändert sich so deutlich, weil die Verschiebung einer Koordinate Auswirkungen auf alle anderen Koordinaten auf dem Deformationsgitter hat. Die „bending energy“ ist notwendige Energie um das Gitter rund um jeden Landmark zu deformieren (Weber et al., 2001).

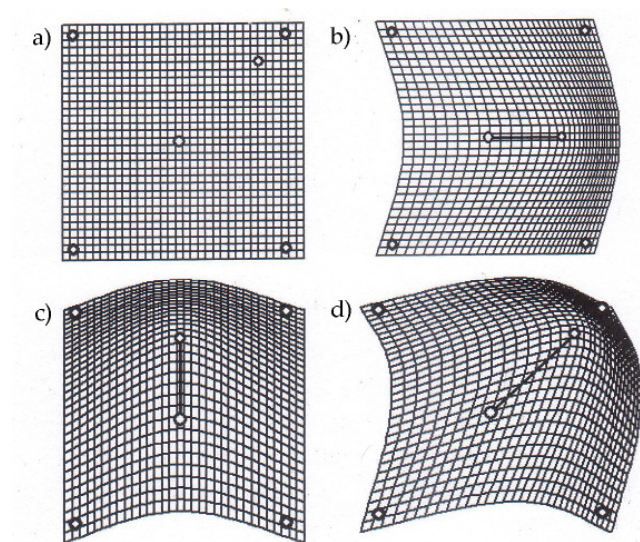


Abbildung 5: Deformation des Gitters aufgrund der Verschiebung des Punktes in der Bildmitte. Für die Verschiebung des Punktes in der Mitte zu dem Punkt rechts oben (a) muss der Punkt entlang der x-Achse (b) und y-Achse (c) verschoben werden. So entsteht das deformierte Gitter (d). Alle Punkte des Gitters, nicht aber die Messpunkte selbst, werden durch das Verschieben des einen Punktes beeinflusst. Slice, D.E (2005) - erstellt in Morpheus et al. (1998).

Die „Thin-plate Spline“ kann die Gestaltunterschiede zweier Landmarkkonfigurationen als eine durchgehende Deformation darstellen. Diese Änderungen werden oft nach der Procrustes Superimposition unabhängig von der Größe berechnet. Richtungsvektoren können dabei die Richtung und durch ihre Länge auch die Stärke der Deformation zwischen zwei Konfiguration anzeigen. In der vorliegenden Studie wurde Gruppenvergleiche der Gestaltkoordinaten gemacht und die errechneten „mittleren“ Gesichtsformen der einzelnen Alters- bzw. Geschlechtergruppen (3.2.A) in *Morpheus et al.* (Slice, 1998) paarweise dargestellt und auf Gestaltvariation verglichen. Das Referenzbild wird jeweils zum Zielbild verändert und die Richtungsvektoren der Änderung gezeigt. Dieser Bildvergleich

wurde für „jüngere“ zu „älteren“ Mädchen, „jüngere“ zu „älteren“ Buben, „jüngere“ Mädchen zu „jüngeren“ Buben, „ältere“ Mädchen zu „älteren“ Buben sowie „jüngeren“ Mädchen zu „älteren“ Buben und „jüngeren“ Buben zu „älteren“ Mädchen gemacht.

4. Ergebnisse

Von den 44 ausgewerteten Kindergesichtern waren 20 männlich und 24 weiblich. Die TeilnehmerInnen sind zwischen 3 und 11 Jahren alt (Tabelle 2). Es wurde kontrolliert, dass der BMI der Kinder, den Daten der deutschen Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) entsprechend, im Normalbereich liegt (<http://www.bzga-essstoerungen.de>). Die BMI Normalbereiche für Kinder unterschiedlichen Alters und die tatsächlichen Werte der Buben und Mädchen dieser Studie sind in Anhang 2 dargestellt. Auch die Körperhöhe und das Körpergewicht wurden mit Tanner und Whitehouse (1976) verglichen, um zu überprüfen ob sie im Normalbereich lagen.

Tabelle 2: Standardabweichung, Minimum, Maximum und Mittelwert für Alter, Körperhöhe und Körpergewicht nach Geschlechtern getrennt. „Gesamt“ beschreibt die Mittelwerte der gesamten Stichprobe.

<i>Geschlecht</i>		<i>Alter (Monate)</i>	<i>Körperhöhe (cm)</i>	<i>Körpergewicht (kg)</i>
<i>Buben</i>	<i>N</i>	20	20	20
	Mittelwert	95,6	127,1	26,2
	Standardabweichung	27,0	15,3	9,1
	Minimum	49	100,3	14
	Maximum	135	150,4	44,7
<i>Mädchen</i>	<i>N</i>	24	24	24
	Mittelwert	83,5	122,1	22,2
	Standardabweichung	28,5	14,8	6,5
	Minimum	43	92	12,5
	Maximum	135	152,2	37,1
<i>Gesamt</i>	Mittelwert	89,1	124,4	24

4.1. Empirische Variation in der Gesichtsform

Für die anschließende Analyse der Hauptkomponenten in Form Space wurden die Semilandmarks als fixe Landmarks behandelt, da das Verschieben der Semilandmarks in dem verwendeten Programm nicht möglich ist. Nach der Procrustes Superimposition wurden die Variation in der Gesichtsform der Kinder ermittelt: Die Shapevariablen wurden mittels Hauptkomponentenanalyse ausgewertet. Die Hauptkomponentenanalyse wurde in Form Space durchgeführt um die Größe, die bei der Procrustes Superimposition standardisiert wird, wieder in die Analyse zu inkludieren.

PC 1 und PC 2 (PC = Hauptkomponente) werden in Abbildung 6 gemeinsam gezeigt. Die erste Hauptkomponente in Form Space erklärt 68% der Varianz in der Gesichtsform. Die zweite Hauptkomponente erklärt weitere 8% der Varianz, die dritte nur mehr 4,5%. Da PC 1 einen so hohen Prozentsatz der Varianz in den Daten erklärt und PC 2 nur noch 8%, wurde die weitere Analyse auf PC 1 konzentriert.

Die Verteilung der TeilnehmerInnen entlang der ersten Hauptkomponente zeigt, dass die jüngeren Kinder niedrige PC Werte und die älteren Kinder höhere PC 1 Werte haben. Weiters ist erkennbar, dass die Bubengesichter (blau) weiter rechts auf der Achse liegen als die Mädchengesichter im selben Alter.

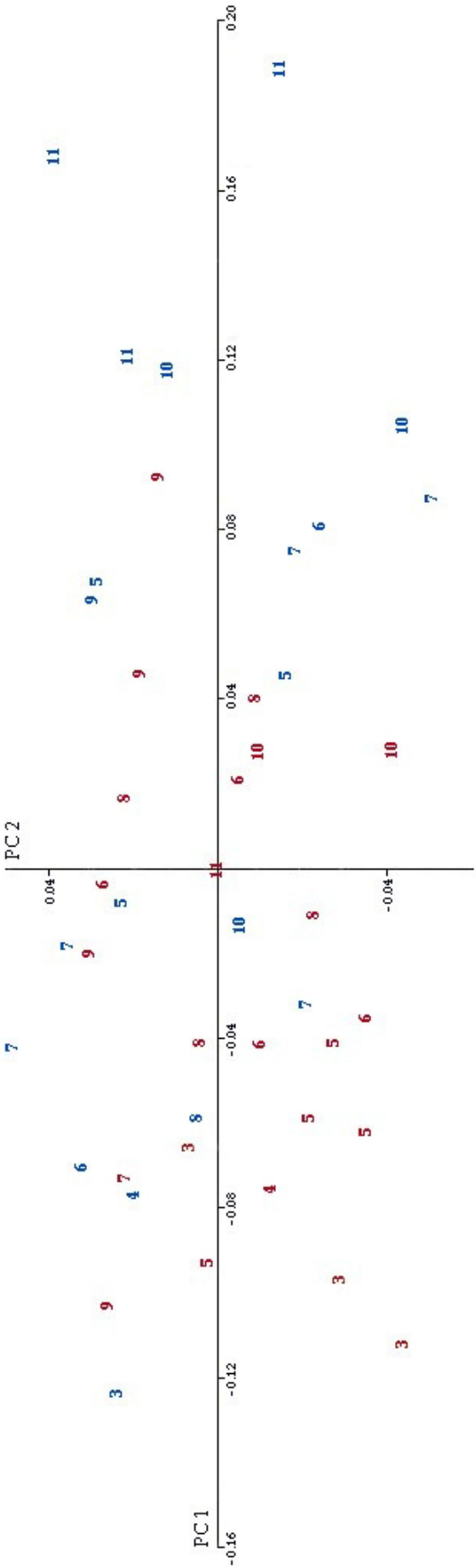


Abbildung 6: Erste und zweite Hauptkomponente in Form Space (Shape Variablen +lnCS der Kindergesichter). PC 1 erklärt 68% der Varianz, PC 2 8%. Buben (blau), Mädchen (rot). Die Zahlen stehen für das Alter der Kinder in Jahren. $N = 44$. Links auf der x-Achse die jüngeren Kinder, rechts die älteren. Die Buben haben tendenziell höhere PC 1 Werte.

Um die Teilvarianz, welche PC 1 erklärt, biologisch interpretieren zu können, wurde die erste Hauptkomponente mit dem Alter in Monaten korreliert. PC 1 und Alter korrelieren signifikant positiv ($r = 0,754$; $p = 0,001$; $N = 44$). Die Regression von PC 1 auf das Alter der Kinder in Monaten (Abbildung 7) erklärt 56,8% der Varianz. Wie auch schon ansatzweise an den Werten der PC 1 (Abbildung 6) zu sehen ist, entsprechen die höheren PC 1 Werte den älteren Buben und die niedrigen den jüngsten Mädchen.

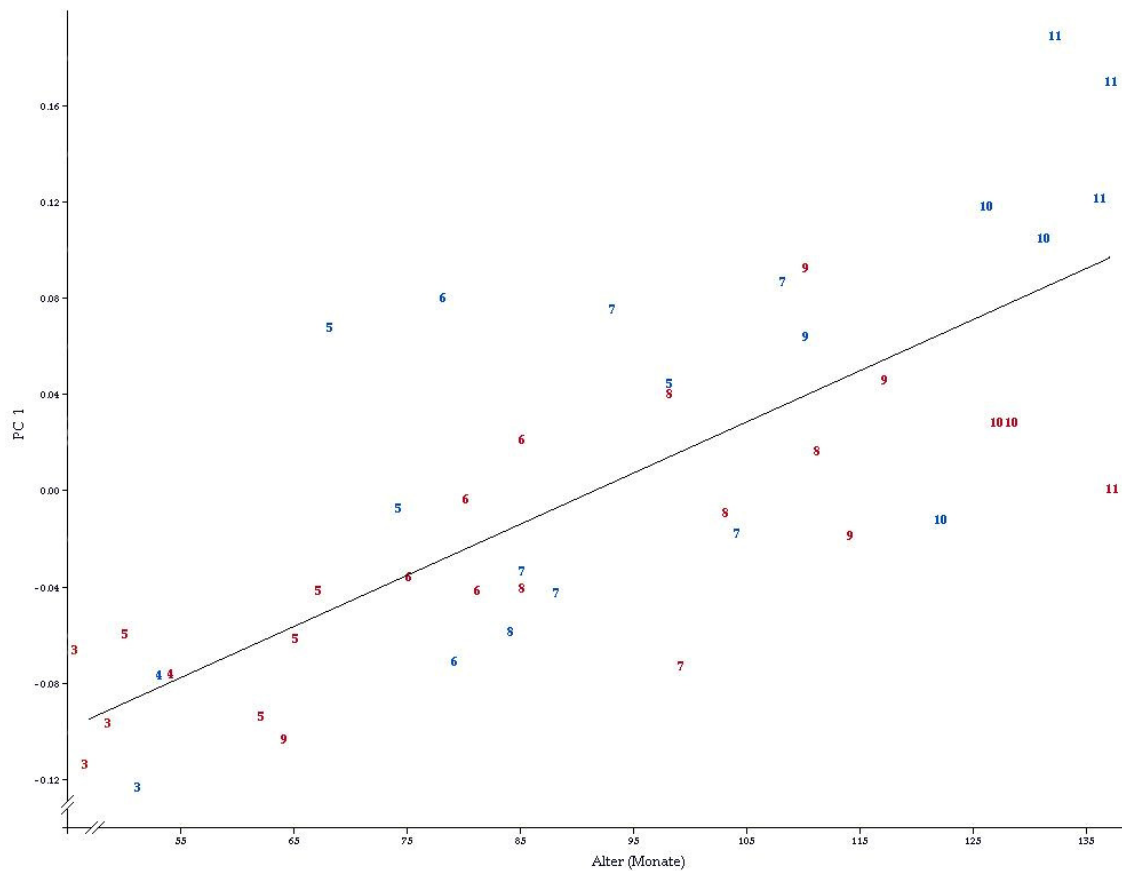


Abbildung 7: Regression von PC 1 und Alter in Monaten mit Regressionsgerade. Buben (blau), Mädchen (rot). Die Zahlen zeigen das Alter. $N = 44$. Die jüngeren Kinder haben eindeutig niedriger PC 1 Werte als die älteren Kinder und die Mädchen haben tendenziell niedrigere PC 1 Werte als die Buben.

Die Korrelation von PC 1 und der logarithmierten CS (Definition siehe Kapitel 3.2.3.) erzielte eine höhere Korrelation, da bei der Analyse in Form Space die $\ln CS$ bereits in PC 1 enthalten ist. *Pearsons* Korrelationskoeffizient liegt bei 0,998 ($r^2 = 0,999$; $p = 0,01$; $N = 44$). Abbildung 8 zeigt die Regression der logarithmierten CS auf PC 1.

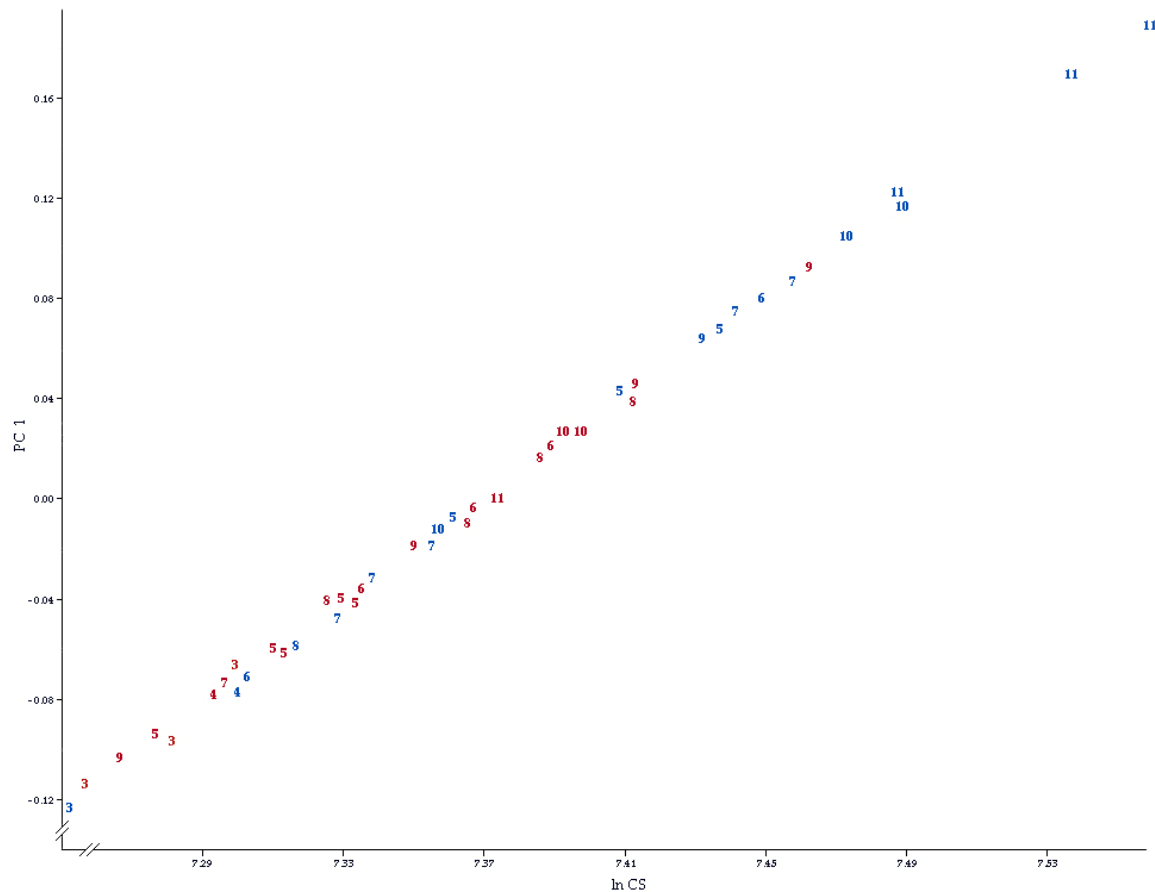


Abbildung 8: Regression von PC1 in Form Space mit lnCS. Buben (blau), Mädchen (rot). Die Zahlen kennzeichnen das Alter. $N = 44$. Die jüngeren Kinder haben eindeutig niedriger PC 1 Werte und eine kleinere lnCS als die älteren Kinder und die älteren Buben haben eine deutlich größere lnCS als die gleichaltrigen Mädchen.

Die Gesichtsformen entsprechend der Werte entlang der ersten Hauptkomponente in Form Space werden in Abbildung 9 gezeigt. Das mittlere Bild entspricht dem Mittelwert der PC 1 Werte. Von diesem Wert ausgehend wurde das Gesicht in beide Richtungen verändert. Die beiden linken Bilder liegen im Bereich der negativen PC 1 Werte und zeigen, dass das Gesicht rund ist. Die Lippen sind verhältnismäßig schmaler und die Augen stehen relativ weiter auseinander als auf den rechten Bildern, welche die hohen positiven PC 1 Werte widerspiegeln. Das zweite Bild von links entspricht der Gesichtsform eines dreijährigen Kindes und damit dem niedrigsten beobachteten PC 1 Wert der Stichprobe. Das ganz rechte Bild illustriert die Gesichtsform eines 11-jährigen Buben und entspricht ungefähr dem höchsten beobachteten PC 1 Wert der Stichprobe. Das Gesicht ist relativ schmaler und länglicher. Der Mund ist verhältnismäßig größer, die Lippen relativ voller und der

Abstand zwischen Nase und Mund ist größer als im Bild ganz links. In Abbildung 9 werden auf beiden Seiten vom Mittelwert jeweils der größte (ganz rechts) beziehungsweise der kleinste beobachtete Wert (zweites Bild von links) und der jeweils dementsprechende positive oder negative PC 1 Werte auf der anderen Seite gezeigt.

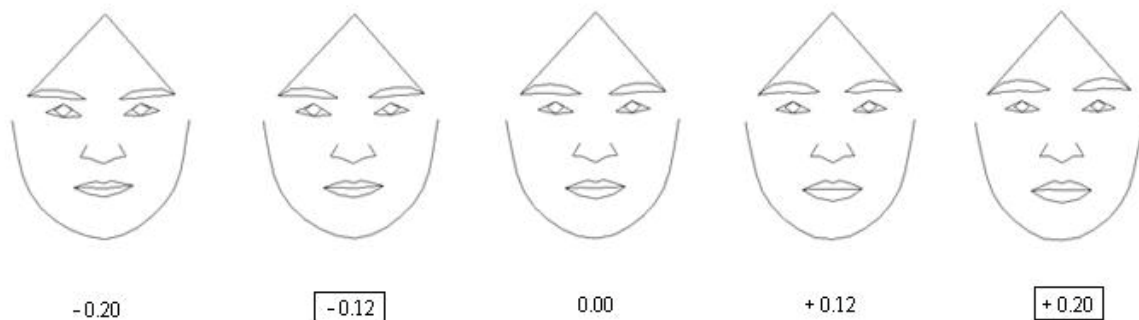


Abbildung 9: Visualisierung der PC 1 Werte in Form Space. Die Zahlen entsprechen den PC Werten. Die Deformation wurde vom mittleren PC1 Wert ausgehend in beide Richtungen durchgeführt. Die eingekreisten Werte entsprechen dem kleinsten und größten beobachteten PC 1 Wert. Die Größe ist standardisiert.

Um die „Größe“, die bei der Analyse in Form Space mitberücksichtigt wird, nicht nur durch die relativen Änderungen der Größe der Gesichtsmerkmale zueinander darzustellen, zeigt die Abbildung 10 die Größen- und Merkmalsänderung der Gesichter entlang der ersten Hauptkomponente. Hier erkennt man, dass im größeren Gesicht die Lippen relativ voller, das Gesicht im Verhältnis länglicher und die Augenbrauen prominenter sind. Das Gesicht ist ausgehend vom kleinsten beobachteten Wert um 36% gewachsen.

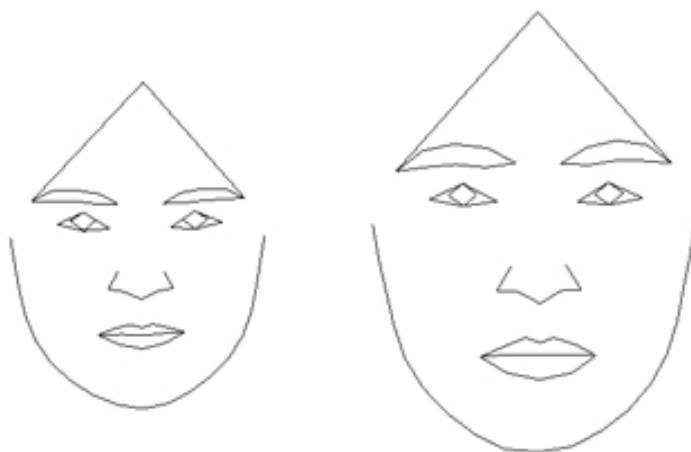


Abbildung 10: Kleinstes und größtes Gesicht der untersuchten Stichprobe in Form Space. Änderung des mittleren PC1 Wertes zu den beiden beobachteten Maxima (PC 1 Wert = -0,12 (links) und 0,20 (rechts)). Der Größenzuwachs ausgehend vom Kleinsten beobachteten Gesicht zum Größten beträgt 36%.

4.1.1. Zusammenhänge von Gesichtsform und Alter

Vor der Shape Regression wurde eine Procrustes Superimposition durchgeführt und die Semilandmarks nach dem Kriterium der minimaler Beugeenergie geslidet. Mit der Shape Regression wurde die Gestaltänderung des Gesichtes auf das Alter für Buben und Mädchen getrennt berechnet und in Form von Deformationsgittern visualisiert (Abbildung 11 und 12). Sowohl für Buben als auch für Mädchen wurde der Mittelwert der Konfigurationen nach der Superimposition, das heißt das „mittlere“ Gesicht, berechnet. Von diesem Mittelwert wurden je eine und drei Standardabweichungen des Alters in Monaten addiert und subtrahiert.

Die Abbildungen 11 und 12 stellen die diesen Werten entsprechenden Bilder dar. Die Deformationsgitter zeigen die Abweichung der Gesichtsformen vom „mittleren“ Gesicht. Bei den Mädchen können 6,4% der Gestaltunterschiede durch das Alter erklärt werden ($p = 0,128$ nach 999 Permutationen; $N = 24$). Die jüngeren Mädchen ($\bar{x} - 3 \text{ S.D.} = 1,25$ Jahre) haben im Verhältnis schmälere Lippen und rundere Gesichter als die älteren Mädchen ($\bar{x} + 3 \text{ S.D.} = 14,8$ Jahre). Bei den Buben werden 13,3% der Varianz in der Gesichtsform durch das Alter erklärt ($p = 0,013$ nach 999 Permutationen; $N = 20$). Die jüngeren Buben ($\bar{x} - 3 \text{ S.D.} = 0,16$ Jahre) haben ebenfalls ein relativ rundere Gesichter als die älteren Buben ($\bar{x} + 3 \text{ S.D.} = 16,5$ Jahre). Die Augenbrauen sind bei den ältern Buben verhältnismäßig prominenter als bei den jüngeren Buben. Außerdem sind die Lippen der älteren Buben voller im Verhältnis zu jenen der jüngeren Buben.

Bei minus drei Standardabweichungen im Vergleich zum Mittelwert, der Ausgangswert der Deformation war, haben die Mädchen ein horizontal vergrößertes Deformationsgitter im Kinnbereich (Abbildung 11). Der Abstand zwischen Nase und Mund ist ebenfalls horizontal und der Bereich der Nasenbreite vertikal auseinandergezogen. Der Nasenrücken ist horizontal komprimiert ebenso wie die Stirn. Bei den älteren Mädchen ist das Deformationsgitter zwischen Nase und Mund horizontal zusammengedrückt, ebenso im Kinnbereich. Im Bereich des Nasenrückens liegt eine vertikale Kompression vor. Die Lippen sind im Vergleich

zum Mittel- und gleichzeitig Ausgangswert der Deformation stark vergrößert. Die Stirn ist langgezogen und die Augenbrauen größer.

Die jüngeren Buben in Abbildung 12 haben im Verhältnis zum Mittelwert ein horizontal komprimiertes Deformationsgitter zwischen Mund und Nase und im Kinnbereich. Die älteren Buben haben ein horizontal auseinandergezogenes Deformationsgitter zwischen Mund und Nase genauso wie im Kinnbereich. Die Lippen sind größer als im Ausgangsbild. Die Augen und Augenbrauen sind vergrößert, die Stirn hingegen horizontal komprimiert.

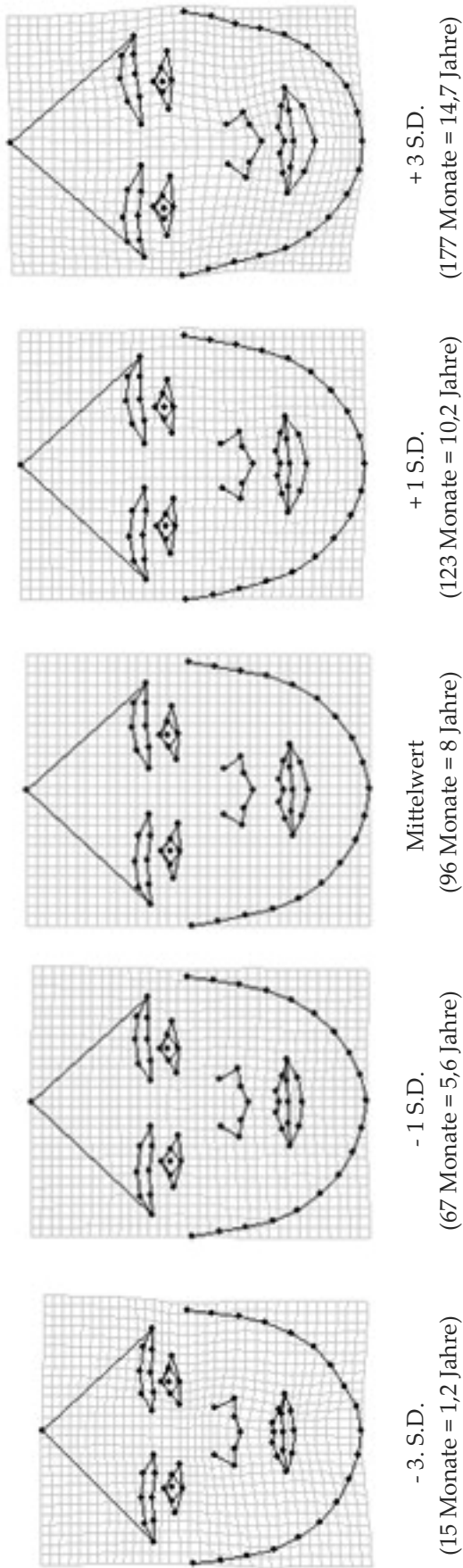


Abbildung 11: Shape Regression auf Alter der Mädchen. $N = 24$. Mittelwert ± 1 S.D. bzw. ± 3 S.D. des Alters. Die untere Zeile entspricht dem Alter in Monaten.

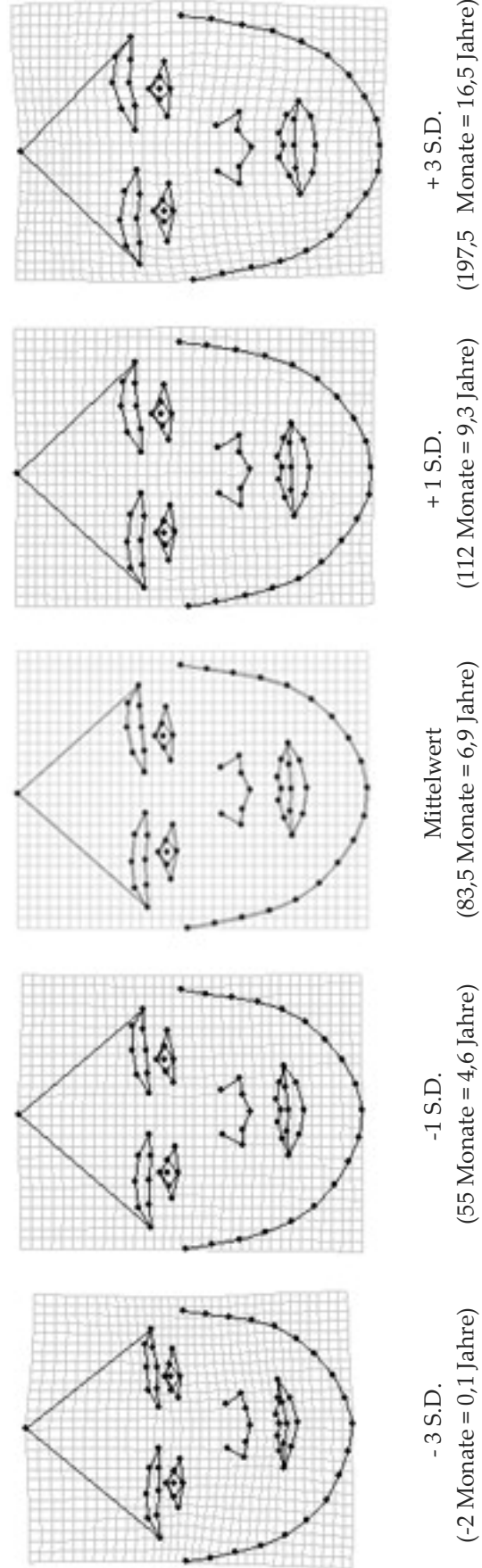


Abbildung 12: Shape Regression auf Alter der Buben. $N = 20$. Mittelwert ± 1 S.D. bzw. ± 3 S.D. des Alters. Die untere Zeile entspricht dem Alter in Monaten.

4.1.2. Geschlechtervergleich der Gesichtsform

Zur Überprüfung eines möglichen geschlechtsspezifischen Unterschiedes bezüglich der Gesichtsformänderung mit dem Alter wurden die Wachstumsvektoren der Geschlechter ermittelt. Die Gestaltkoordinaten der drei verwendeten Landmarksets (siehe 3.2.7.) wurden auf Geschlecht und Alter regressiert. Es ergaben sich folgende Gemeinsamkeiten und Unterschiede: Die Augen- und Stirnpartie der Buben und Mädchen unterscheidet sich nicht signifikant ($p = 0,521$ nach 999 Permutationen; $N = 44$). Auch die Kinnlinie der Geschlechter ist sich nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,171$ nach 999 Permutationen; $N = 44$). Die Mund- und Nasenpartie der Buben und Mädchen allerdings unterscheidet sich in der Gestaltänderung mit dem Alter signifikant ($p = 0,006$ nach 999 Permutationen; $N = 44$). Die Unterschiede werden in Abbildung 16 für die jüngeren Buben und Mädchen im Vergleich und in Abbildung 17 im Vergleich der älteren Buben mit den gleichaltrigen Mädchen sichtbar. Der Vergleich der jüngeren Kinder zeigt, dass Mund und Nase bei den Buben relativ weiter kinnwärts liegen als bei den Mädchen. Die älteren Buben weisen im Vergleich zu den gleichaltrigen Mädchen eine größere Distanz zwischen Nase und Mund bei gleicher Mundgröße auf.

Zum Gestaltvergleich der Altersgruppen wurde die mittlere Gestalt der Gruppen mittels Permutationstest verglichen. Zuerst wurden die Geschlechter getrennt betrachtet. Abbildung 13 und 14 zeigen die Änderung der Gesichtsform von der jüngeren zur älteren Gruppe gleichen Geschlechts. Die mittleren Gesichtsformen von jüngeren zu älteren Mädchen mit 3-facher Übertreibung der Deformation und der Richtungsvektoren, welche die Stärke der Deformation anzeigen, werden in Abbildung 13 dargestellt. Das Deformationsgitter zeigt die Veränderung der jüngeren Mädchen zu den älteren Mädchen. Im Bereich der Augenbrauen und des Mundes ist das Gitter horizontal auseinandergezogen. Zwischen Mund und Nase ist es hingegen horizontal zusammengedrückt. Das Deformationsgitter im Bereich des

Nasenrückens ist vertikal komprimiert. Die Vektoren zeigen, dass die Deformation an der Unterlippe am stärksten ist.

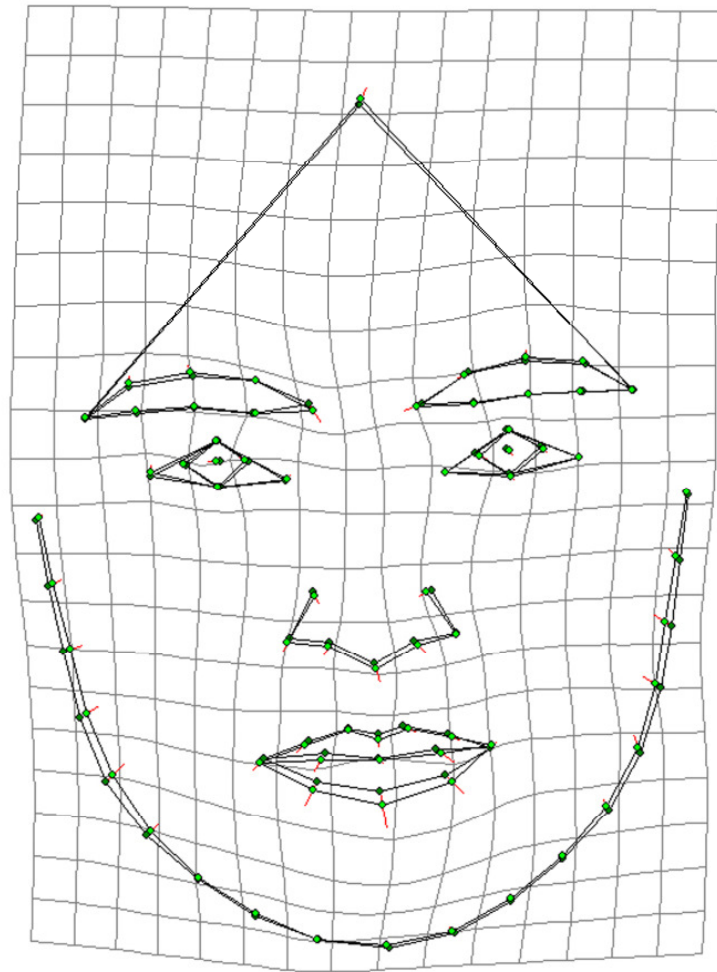


Abbildung 13: Änderung der mittlere Gesichtsform von jüngeren Mädchen (dunkelgrüne Punkte) zu älteren Mädchen (hellgrüne Punkte) mit dreifacher Übertreibung der Deformation und Vektoren (rote Linien), welche die Änderung zwischen den Konfigurationen kennzeichnen. $N = 20$; $p = 0,885$ nach 999 Permutationen.

Der Gestaltvergleich der jüngeren und älteren Buben in Abbildung 14 zeigt, dass sich die älteren Buben signifikant ($p = 0,013$ nach 999 Permutationen; $N = 20$) von den jüngeren Buben unterscheiden.

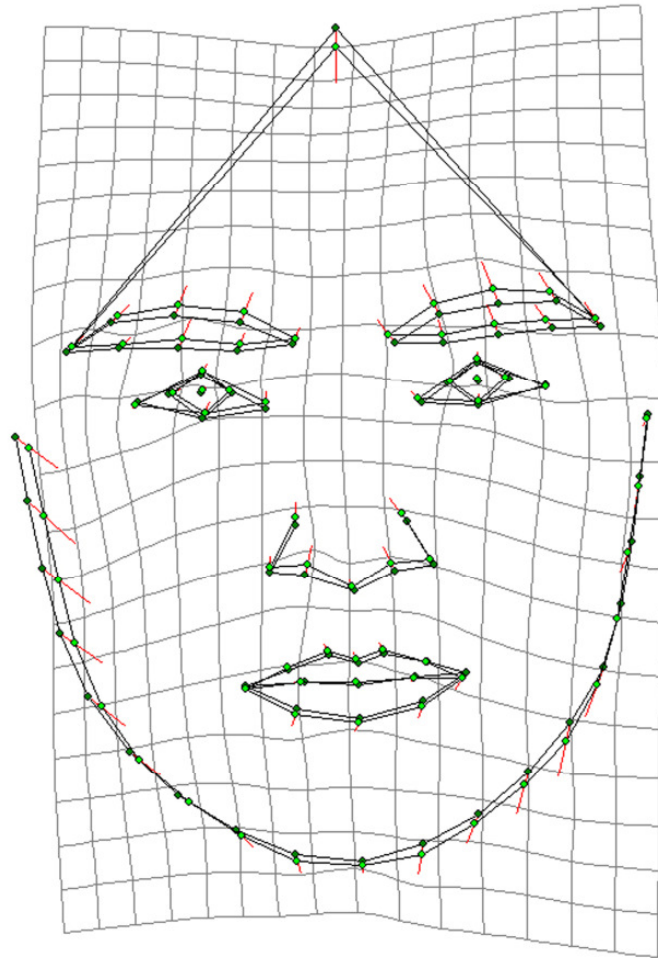


Abbildung 14: Vergleich der mittleren Gesichtsformen von jüngeren Buben (dunkelgrüne Punkte) und älteren Buben (hellgrüne Punkte). Die Deformationsgitter und Vektoren (rote Linien), die Richtung und Stärke der Änderung anzeigen, sind dreifache übertrieben. $N = 20$, $p = 0,013$ nach 999 Permutationen.

Betrachtet man die Deformation im Nasenrückenbereich vom jüngeren zum älteren Buben, so wird das Deformationsgitter vertikal zusammengedrückt. Der Stirnpunkt des älteren Buben sitzt relativ tiefer. Das Gitter in der Stirnregion ist stark horizontal zusammengedrückt, während der Augenbrauenbereich horizontal auseinandergezogen wird. Auch das Gitter im Mund- und Nasenbereich ist horizontal auseinandergezogen. An der Kinnlinie lässt sich eine leichte seitliche Verdrehung des Gesichtes erkennen.

Im Weiteren wurde ein Vergleich der Geschlechter gleichen Alters gemacht. Abbildung 15 zeigt den Unterschied zwischen jüngeren Mädchen und jüngeren Buben.

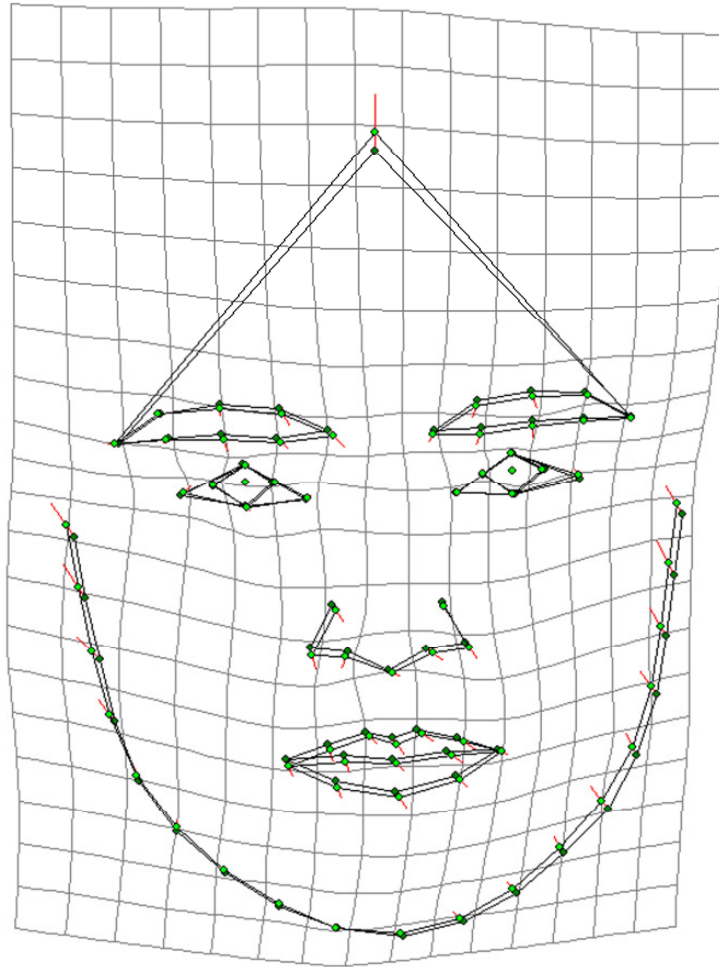


Abbildung 15: Mittlere Gesichtsform mit dreifacher Übertreibung der Deformation von jüngeren Mädchen (dunkelgrüne Punkte) und jüngeren Buben (hellgrüne Punkte). Rote Linien sind die Richtung und Stärke der Änderung zwischen den beiden Mittelwerten 3-fach übertrieben. $N = 20$; $p = 0,252$ nach 999 Permutationen.

Das Deformationsgitter ist im Stirnbereich horizontal auseinandergezogen und im Augenbereich horizontal komprimiert. Der Richtungsvektor zeigt, dass der Stirnpunkt der Buben verhältnismäßig höher liegt als bei den Mädchen. Im Bereich zwischen Mund und Nase ist das Gitter im Vergleich der jüngeren Mädchen und Buben horizontal vergrößert. Auch in diesem Bild lässt sich anhand der Kinnlinie eine leichte seitliche Verdrehung des Gesichtes feststellen, was durch die Richtung der Vektoren unterstrichen wird. Der Vergleich zwischen älteren Mädchen und älteren Buben ist in Abbildung 16 dargestellt.

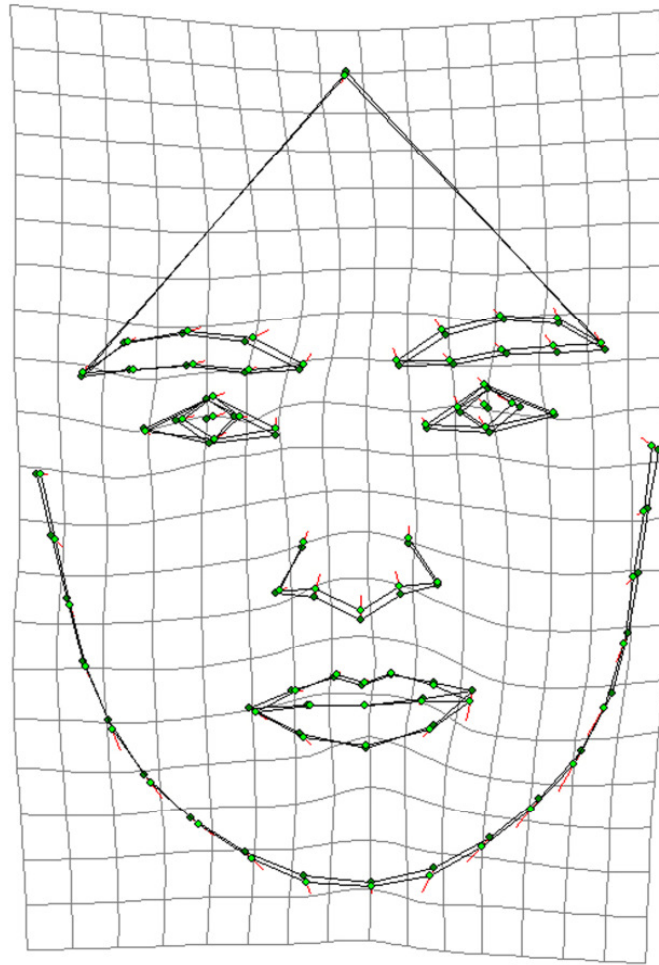


Abbildung 16: Mittlere Gesichtsformen mit dreifacher Übertreibung der Deformation von älteren Mädchen (dunkelgrüne Punkte) und älteren Buben (hellgrüne Punkte). Roten Linien kennzeichnen die Richtung der Änderung zwischen den beiden Mittelwerten 3-fach übertrieben. $N = 21$; $p = 0,116$ nach 999 Permutationen.

Die Deformation der älteren Mädchen zu den älteren Buben zeigt eine horizontale Kompression des Gitters im Bereich zwischen den Augen und im Nasenbereich. Die Vektoren zeigen eine Verschiebung der Augen und Nase nach superior und medial. Zwischen Lippen und Nase allerdings wird das Gitter horizontal auseinandergezogen, ebenso zwischen Mund und Kinn.

Zuletzt wurden noch jeweils die jüngeren Gruppen mit der älteren Gruppe des anderen Geschlechts verglichen. Wie Abbildung 17 zeigt, unterschieden sich die älteren Buben deutlich von jüngeren Mädchen.

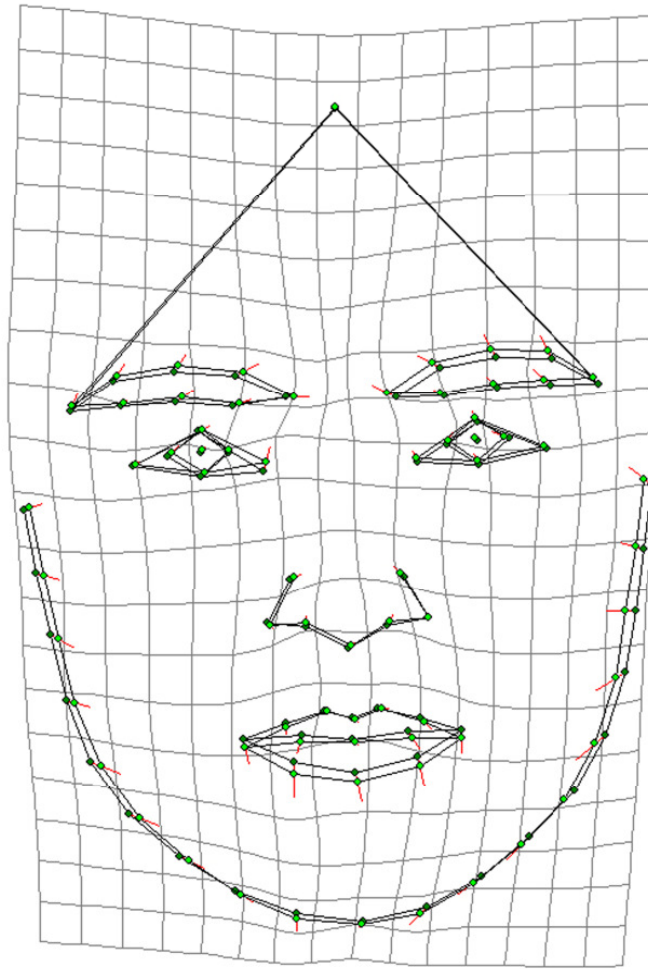


Abbildung 17: Vergleich der mittleren Gesichtsformen mit dreifacher Übertreibung des Effektes von jüngeren Mädchen (dunkelgrüne Punkte) mit den älteren Buben (hellgrüne Punkte). Die roten Linien kennzeichnen in 3-facher Verstärkung die Richtung der Änderung zwischen den beiden Mittelwerten. $N = 22$; $p = 0,094$ nach 999 Permutationen.

Im Bereich von Mund, Nase und Augenbrauen ist das Deformationsgitter horizontal auseinandergezogen, während das Gitter zwischen den Augen vertikal zusammengedrückt ist. Die Richtungsvektoren zeigen eine Bewegung der Augenbrauen nach superior und medial. Die Unterlippe zeigt eine starke Vergrößerung nach inferior. Die Deformation der mittleren Gesichtsformen (Abbildung 18) von jüngeren Buben mit älteren Mädchen zeigt eine horizontale Kompression des Stirnbereichs und des Bereichs zwischen Mund und Nase, was durch die Richtungsvektoren unterstrichen wird. Im Augenbereich wird das Gitter horizontal gedehnt. Hier ist anhand der Vektoren der Kinnlinie wieder eine seitliche Drehung des Gesichts erkennbar.

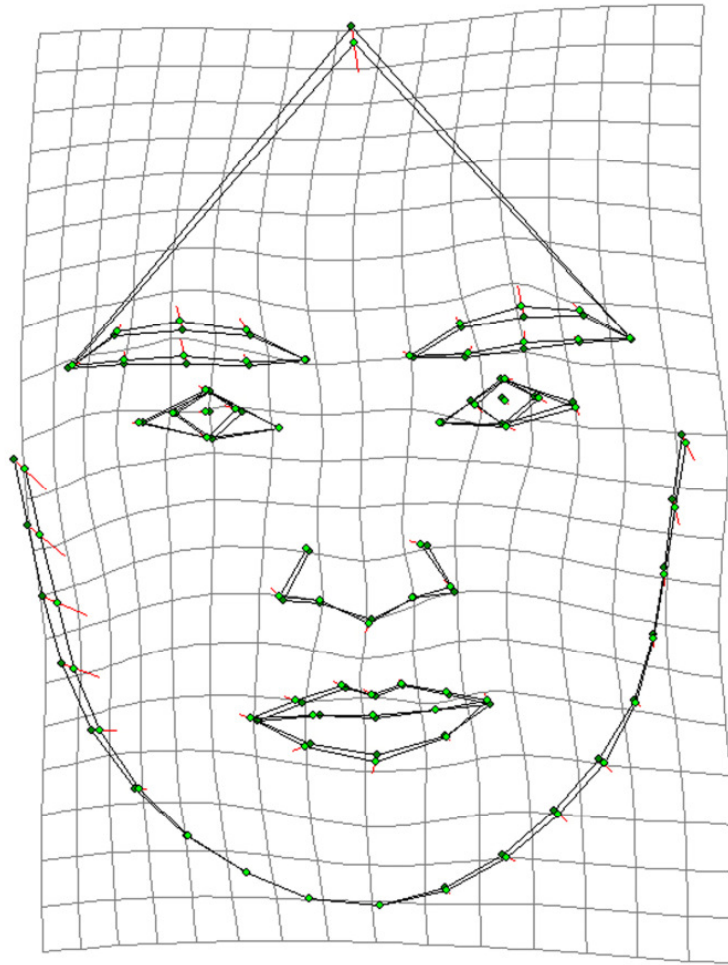


Abbildung 18: Vergleich der mittleren Gesichtsformen mit dreifacher Übertreibung des Effektes von jüngeren Buben (dunkelgrüne Punkte) mit den älteren Mädchen (hellgrüne Punkte). Die roten Linien zeigen die Richtung der Änderung zwischen den beiden Mittelwerten. $N = 19$; $p = 0,507$ nach 999 Permutationen.

4.1.3. Vergleich der Gesichtsgrößen

Um Unterschiede in der Gesichtsgröße zu finden wurden die Geschlechter in je zwei Altersgruppen unterteilt und verglichen. Die einzelnen Altersgruppen sind in Tabelle 3 angeführt.

Tabelle 3: Tabelle der Altersverteilung (in Monaten) in den einzelnen Altersgruppen.

	<i>Jüngere Buben</i>	<i>Ältere Buben</i>	<i>Jüngere Mädchen</i>	<i>Ältere Mädchen</i>
N	9	11	11	10
Mittelwert	71	116	68	112
Standardabweichung	13,5	15,6	12,2	13,0
Minimum	49	91	48	96
Maximum	86	135	150,4	135

Die Größe (CS) der Gesichter (siehe Kapitel 3.2.A) wurde mittels *One-Way ANOVA* unter den Altersgruppen verglichen. Das Fehlerbalkendiagramm (Abbildung 15) stellt den Größenunterschied der Gesichter der einzelnen Gruppen dar. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die CS der verglichenen Altersgruppen. Das Ergebnis der *One-Way ANOVA* nach der *Bonferroni* Korrektur ist, dass die älteren Buben ein größeres Gesicht ($p = 0,001$) als die jüngeren Buben haben. Sie haben ein größeres Gesicht als die jüngeren Mädchen ($p = 0,001$) und ihr Gesicht ist auch größer als das der älteren Mädchen ($p = 0,024$). Die Gesichter der älteren Mädchen sind tendenziell größer als die der jüngeren Mädchen ($p = 0,082$) und größer als die der jüngeren Buben, aber deutlich über der Signifikanzgrenze ($p = 0,661$).

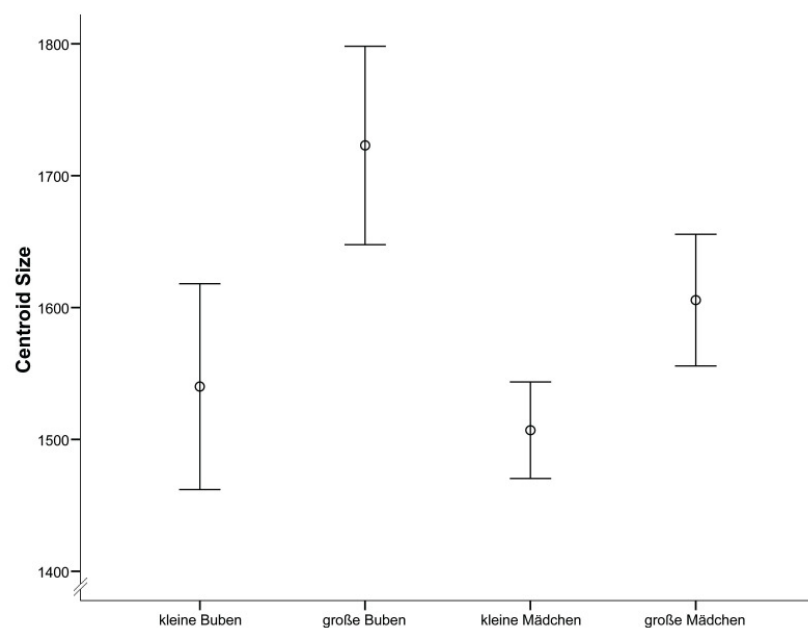


Abbildung 19: $\bar{x} \pm 1$ S.D. der Altersgruppen mit der Gesichtsgröße (CS). $N = 41$, weil von den 44 Kindern 3 Mädchen keine gleichaltrige, männlichen Vergleichsperson hatten (siehe auch 3.2.A).

4.2. 2D:4D Verhältnis

Für die Untersuchungen des 2D:4D Verhältnisses wurden nur Rechtshänder herangezogen. Von den insgesamt 44 Kindern waren 39 Rechtshänder. Davon waren 22 weiblich und 17 männlich. Keine der getesteten Personen hatte jemals eine Verletzung oder einen Bruch an Zeige- oder Ringfinger.

4.2.1. 2D:4D & Geschlechter

Das Längenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger der rechten Hand ist bei Buben niedriger als bei Mädchen und liegt im Durchschnitt bei 0,983. Das durchschnittliche 2D:4D Verhältnis bei den Mädchen beträgt 0,985 (Tabelle 4). Der Mittelwert des 2D:4D Verhältnisses bei Mädchen liegt höher als bei Buben, unterscheidet sich aber nicht signifikant.

Tabelle 4: 2D:4D Verhältnis der rechten Hand von Buben und Mädchen. Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant ($p = 0,83$; $N = 39$).

<i>Geschlecht</i>		<i>2D:4D</i>
<i>Buben</i>	<i>N</i>	17
	Mittelwert	0,983
	Standardabweichung	0,027
	Minimum	0,91
	Maximum	1,01
<i>Mädchen</i>	<i>N</i>	22
	Mittelwert	0,985
	Standardabweichung	0,028
	Minimum	0,95
	Maximum	1,05

4.2.2. 2D:4D und Gesichtsform

Um auszuschließen, dass ein möglicher Zusammenhang der Gesichtsform mit dem 2D:4D Verhältnis nicht durch das Alter oder durch eine Änderung des 2D:4D Verhältnisses mit dem Alter zustande kommt, wurde zunächst das 2D:4D Verhältnis mit dem Alter korreliert. Die *Pearson* Korrelation des 2D:4D Verhältnisses für Buben und Mädchen mit dem Alter ergab keinen signifikanten Zusammenhang ($r = -0,15$; $p = 0,35$; $N = 39$). Der Vergleich der Gestaltkoordinaten der Gesichter mit dem 2D:4D Verhältnis ergab für die Buben einen signifikanten Zusammenhang ($p = 0,036$ nach 999 Permutationen; $N = 17$) zwischen dem 2D:4D Verhältnis und der Gesichtsform

(Abbildung 20). Das 2D:4D Verhältnis erklärt 12,5% der Varianz der Gesichtsform in der männlichen Stichprobe. Für Mädchen konnte dieser Zusammenhang nicht gefunden werden ($p = 0,93$ nach 999 Permutationen; $N = 22$).

Die Deformationsgitter in Abbildung 20 zeigen je niedriger das pränatale Testosteron ist (hohes 2D:4D), umso mehr ist der Abstand zwischen Mund und Kinn horizontal zusammengedrückt. Das Deformationsgitter wird auch vertikal in Richtung einer schmälere Kinnlinie zusammengedrückt. An der Stirn wird das Deformationsgitter horizontal auseinandergezogen. Das Gitter im Nasenbereich zeigt eine vertikale Kompression. Ein niedriges 2D:4D Verhältnis (hohes pränatales Testosteron) hingegen geht mit einem horizontal gedehnten Gitter im Kinnbereich zwischen Lippen und Kinnschuppe einher. Auch lateral wird die Kinnlinie nach außen gezogen. Während der Abstand zwischen Mund und Nase horizontal auseinandergezogen wird, ist das Deformationsgitter im Bereich der Nase komprimiert. Eine horizontale Kompression des Gitters ist auch an der Stirn erkennbar, die Augen und Augenbrauen hingegen sind leicht auseinandergezogen.

Niedriges 2D:4D – hohes pränatales Testosteron

hohes 2D:4D – niedriges pränatales Testosteron

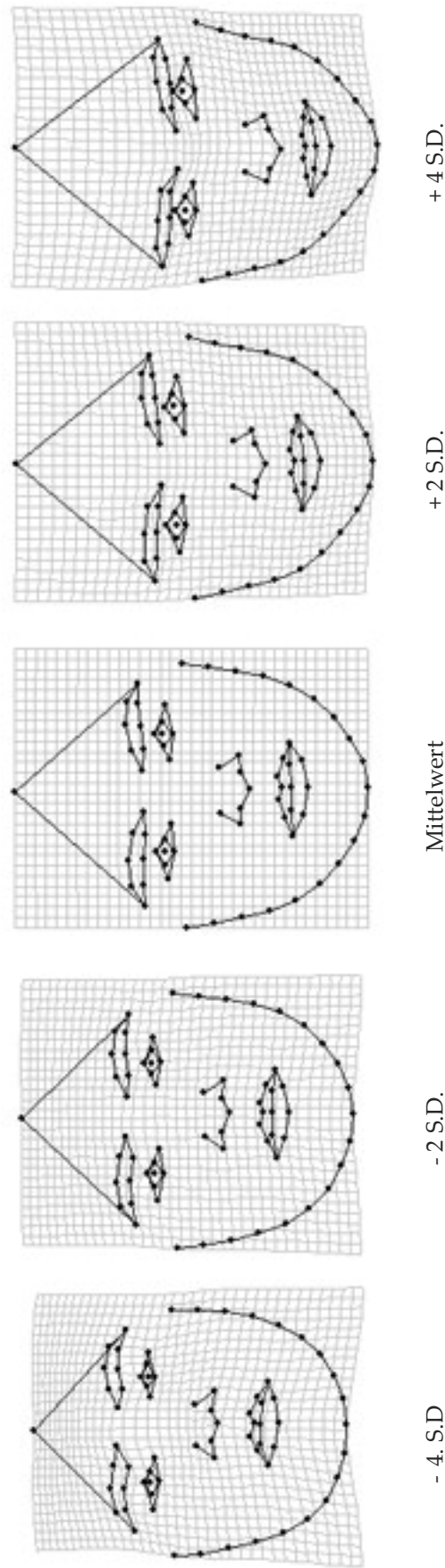


Abbildung 20: Shape Regression auf 2D:4D der rechten Hand bei Buben. $N = 17$; $p = 0.036$ nach 999 Permutationen. Mittelwert der Gestaltkoordinaten ± 2 S.D. bzw. ± 4 S.D. des 2D:4D Verhältnisses.

5. Diskussion

In der vorliegenden Transversalstudie wird, wie in der Vorhersage angenommen, bereits präpubertär ein Geschlechterunterschied in der Gesichtsform gezeigt. Es finden sich signifikante Gesichtsgrößenunterschiede zwischen den älteren Buben und den älteren Mädchen, sowie den jüngeren Alters- und Geschlechtsgruppen. In der jüngeren Altersgruppe unterscheiden sich Buben und Mädchen nicht in der Gesichtsgröße. Signifikante Gestaltunterschiede lassen sich zwischen jüngeren Buben und älteren Buben finden und tendenziell auch zwischen älteren Mädchen und älteren Buben, genauso zwischen wie jüngeren Mädchen und älteren Buben. Die Wachstumsvektoren von Buben und Mädchen unterscheiden sich jedoch nur im Nasen- und Mundbereich signifikant. Die Shape Regression auf Alter zeigt kaum Unterschiede zwischen den Gesichtern von Buben und Mädchen. Das 2D:4D Verhältnis der Buben ist wie erwartet niedriger als das der Mädchen. Die männliche Gesichtsform verglichen mit dem 2D:4D Verhältnis entspricht dem Muster bei Erwachsenen. Während für Buben ein signifikanter Unterschied nachgewiesen wird, kann für Mädchen dieses Muster nicht gefunden werden.

5.1. Gesichtswachstum

Ob sich Kindergesichter präpubertär in der Gesichtsform unterscheiden, konnte in der Literatur bisher nicht genau quantifiziert werden. Die Ergebnisse publizierter Studien sind sehr unterschiedlich. Wo Enlow und Hans (1996) keinen Unterschied vor dem 13. Lebensjahr finden konnten, fanden andere, vor allem am knöchernen Schädel, zahlreiche Unterschiede (Bulygina et al., 2006). Auch am Gesichtsprofil wurden einige Untersuchungen gemacht (Genecov et al., 1990; Nanda et al., 1990; Ferrario et al., 1997; Halazonetis, 2007). Die unterschiedlichen bildgebenden Verfahren, wie Kephalo- oder Radiogramme im Vergleich zu Photographien, vor allem aber Profilstudien im Vergleich zu Frontalstudien können nur indirekt miteinander verglichen werden. Die genannten Profilstudien beschäftigten sich

beispielweise hauptsächlich mit dem Vergleich des Gesichtsschädels und den Weichteilen des Gesichtes. Sie verwendeten Kephalogramme und finden vor allem Unterschiede in der Lippendicke oder Konvexität des Gesichtes. Ferrario und Kollegen (1998) hingegen beschrieben in einer 3D Studie das Wachstum der Gesichtsdrittel sowie der Gesichtshöhe und -breite. Die in der vorliegenden Studie mit zweidimensionalen Frontalbildern verwendeten Auswertungsschritte sind mit den anderen Studien aufgrund der Perspektive und den unterschiedlichen Landmarksets nur bedingt vergleichbar.

Durch die Hauptkomponentenanalyse werden die Teilvarianzen, die gemeinsam die gesamte Variation in den Daten der 44 Kinder erklären, ermittelt. Die Graphik der ersten und zweiten Hauptkomponente lässt durch die Anordnung der Individuen entlang der ersten Hauptkomponente, welche alleine 68% der Variation in den Daten erklärt, vermuten, dass das Alter die größte Varianz in den Daten verursacht. Die Ergebnisse der Korrelation der ersten Hauptkomponente mit Alter und Gesichtsgröße zeigt allerdings, dass die größte Varianz in den Daten zu 99% durch die Gesichtsgröße erklärt werden kann. Das Alter stimmt nur zu 56,8% mit der ersten Hauptkomponente überein. Die größte Variation in den Daten ist folglich auf eine Größen- und Altersänderung des Gesichts zurückzuführen.

Die Visualisierungen der Werte entlang der ersten Hauptkomponente in Form von Gesichtsschemen zeigen Änderungen der Gesichtsmerkmale mit dem Wachstum. Das zu Beginn runde Gesicht mit der hohen Stirn und den Sinnesorganen relativ weit in der Gesichtsmitte, verändert sich entlang der ersten Hauptkomponente zur Physiognomie eines Pubertierenden. Das Gesicht wird mit dem Wachstum länglicher, die Augen erscheinen kleiner, die Lippen werden voller. Diese Ergebnisse gehen mit den Erkenntnissen von Nanda und Kollegen (1990) einher, welche ein stetiges Wachstum der unteren und oberen Lippenhöhe in dieser Alterspanne beschrieben.

Die Visualisierung des kleinsten und größten Gesichtes zeigt die Spannweite der Größenänderung entlang der ersten Hauptkomponente. Hier ist die relative Verschiebung der Gesichtsmerkmale aus der Gesichtsmitte noch deutlicher erkennbar. Die Nase wird relativ länger, der Mund breiter und die Distanz zwischen Mund und Kinn wirkt durch das länglichere Gesicht größer. Je älter die Kinder werden, desto länger wird das Gesicht. Das Mittelgesicht wächst und der *Arcus superciliaris* wird prominenter. Zuletzt wächst, entsprechend dem kraniokaudalen Gradienten, verstärkt das Untergesicht. In der Studie von Ferrario und Kollegen (1998) war mit sechs Jahren das untere Gesichtsdrittel am kleinsten, nach dem 12. Lebensjahr jedoch hatten das obere und das untere Gesichtsdrittel annähernd dieselbe Größe erreicht. Die Gesichtshöhe (Nasion - Pogonion) nahm in beiden Geschlechtern am meisten von allen linearen Abmessungen zu. Nanda und Kollegen (1990) fanden einen raschen Anstieg der Nasenhöhe ab dem 7. Lebensjahr, der sich zwischen 8 und 11 Jahren aber wieder verlangsamte.

5.1.1. Geschlechtsunterschiede in der Gesichtsform

Die erste Annahme der vorliegenden Arbeit besagt, dass Buben und Mädchen bereits präpubertär unterschiedliche Gesichtsformen haben. Die Änderungen der Gesichtsformen der gesamten Stichprobe werden bereits in der Hauptkomponentenanalyse gezeigt. Hier zeigt sich jedoch nur, dass Buben höhere Werte in der ersten Hauptkomponente haben als Mädchen. Der Vergleich der Altersgruppen mit der Gesichtsgröße bestätigt diese Vermutung. Die Gesichter der älteren Buben (7 bis 11 Jahre) sind die größten aus der Stichprobe. Sie sind größer als die jüngeren Gruppen, aber auch größer als die der gleichaltrigen Mädchen. Die Gesichter der älteren Mädchen sind zwar tendenziell größer als die der jüngeren Buben, der Unterschied liegt aber unterhalb der Signifikanzgrenze. Die jüngeren Buben und Mädchen (3 bis 7 Jahre) unterscheiden sich nicht in der Gesichtsgröße. Ferrario und Kollegen (1998) fanden in ihrer Untersuchung, dass die Gesichter der Buben in jeder Altersstufe (6 bis 18 Jahre) größer sind als die der Mädchen.

Halazonetis (2007) zeigte, dass die Gesichter der Buben zwar größer sind als die der Mädchen, in der jüngeren Gruppe, unter 12 Jahren, war die Gesichtsgröße aber annähernd gleich. Ähnliche Größenunterschiede konnten auch Bulygina und Kollegen (2006) zeigen. In dieser Studie waren die Wachstumsvektoren des knöchernen Schädels in der sagittalen Projektion bei Neugeborenen sehr ähnlich und trennten sich postnatal klar auf. Den Gestaltunterschied der Buben und Mädchen kurz nach Geburt begründen die Autoren damit, dass sich der Größendimorphismus des Gesichtes im Gegensatz zur Größe des Neurocraniums zur Gänze erst postnatal entwickelt.

Unterschiedliche Wachstumsvektoren für die Geschlechter in der vorliegenden Studie lassen sich optisch in der Darstellung der ersten und zweiten Hauptkomponente nicht erkennen. Zur detaillierten Analyse werden die Gesichter in drei Regionen unterteilt und für jede Region die Wachstumsvektoren der Geschlechter berechnet. Hier zeigen sich nur im Mund- und Nasenbereich signifikante Unterschiede. Diese Ergebnisse im Bereich der Nase und des Mundes passen zu den Erkenntnissen von Nanda und Kollegen (1990), die zeigten, dass die Oberlippenhöhe bei Buben ab dem 7. Lebensjahr mehr zunimmt als die der Mädchen. Für die Region der Kinnlinie und den Augen- und Stirnbereich können in der vorliegenden Studie keine unterschiedlichen Wachstumsvektoren gefunden werden. Ferrario und Kollegen (1998) fanden jedoch für das Gesamtgesicht und das mittlere Gesichtsdrittel (Maxilla und Nase) gleiche Wachstumsmuster für Buben und Mädchen bis zum 11. Lebensjahr.

Die Shape Regressionen auf Alter illustrieren auf einen Blick wie sich die Gesichter der Buben und Mädchen verändern. Ein direkter Vergleich dieser Bilder ist nicht möglich, da drei Standardabweichungen von der mittleren Gesichtsform bei Buben einem anderen Alter entsprechen als drei Standardabweichungen bei den Mädchen. Das Muster in der Änderung der Gesichtsform von Buben und Mädchen hingegen

lässt sich sehr gut gegenüberstellen. Ähnlich wie bei den Bildern entlang der ersten Hauptkomponente erkennt man, dass in den ersten Lebensjahren der Mund klein, die Lippen schmal und die Nase kurz ist. Das Gesicht ist rund. Eindeutige Geschlechtsunterschiede in der Gesichtsform sind in diesem Alter nicht zu erkennen. Die älteren Buben und Mädchen unterscheiden sich bereits deutlicher. Die Mädchen haben einen kürzeren Abstand zwischen Lippen und Nase, auch zwischen Lippen und Kinn ist der Abstand kürzer. Die Buben haben ein größeres Untergesicht.

Um die Gesichtsformen von Buben und Mädchen auch direkt vergleichen zu können, wurden einzelne Gruppen gebildet, die paarweise auf ihre Gestalt verglichen wurden. Die jüngeren Mädchen unterscheiden sich in dieser Stichprobe vor allem im unteren Gesichtsdrittel von den älteren Mädchen. Die Unterlippe ist bei der letzteren Gruppe größer, als die Lippen der jüngeren Mädchen. Auch in der Studie von Nanda und Kollegen (1990) erreichte die Unterlippe ihr volles Volumen früher als die Oberlippe und auch früher als die Nasenwurzel ihre Position erreicht. Ferrario und Kollegen (1998) stellten ebenfalls bereits bei 6- bis 7-jährigen beziehungsweise 8- bis 9-jährigen Mädchen einen Wachstumsschub im unteren Gesichtsdrittel fest. Sie zeigten, dass sich das Mandibel-zu-Maxilla Verhältnis zwischen dem 6. und 7. Lebensjahr zu vergrößern beginnt. Auch die Kinnlinie in der vorliegenden Studie zeigt, dass das Gesicht länglicher und schmaler wird.

Die älteren Buben haben eine verhältnismäßig niedrigere Stirn und die Augenbrauen liegen relativ weiter superior als bei den jüngeren Buben. Die verhältnismäßig höheren Augenbrauen bei älteren Buben könnten sowohl ein Effekt des länglicheren Gesichtes von älteren Kindern sein, als auch den Ansatz des prominenteren *Arcus Superciliaris*, der sich in der Pubertät ausprägt, darstellen (Farkas, 1981; Enlow & Hans, 1996). Durch die verhältnismäßig kürzere Stirn wird aber deutlich, dass die Augenbrauen und Nase relativ höher sitzen, weil sowohl das Mittelgesicht als auch das Untergesicht, dem kraniokaudalen Gradienten folgend, bereits deutlich stärker als das Neurocranium wachsen.

Schon der Vergleich der beiden jüngeren Altersgruppen zeigt, dass die Buben ein länglicheres Gesicht, beziehungsweise eine höhere Stirn und relativ weiter inferior sitzende Lippen, Nase und Mund im Verhältnis zu den Mädchen haben. Diesbezüglich zeigten Bulygina und Kollegen (2006), dass als Kleinkinder Buben ein verhältnismäßig größeres und gewölbteres Stirnbein als Mädchen haben, während als Erwachsene die Männer relativ kleinere und flachere Stirnknochen besitzen. Auch in der 3D-Studie von Ferrario und Kollegen (1998) hatten die Buben in derselben Altersstufe eine größere Gesichtshöhe als die Mädchen.

Die älteren Gruppen differenzieren sich vor allem in der Position der Nase und der Augenbrauen. Die höheren Augenbrauen der älteren Buben lassen auf einen prominenteren *Arcus superciliaris* schließen. Ein Grund dafür, dass die Nase höher liegt, könnte das größere Wachstum der Oberlippenhöhe bei Buben zwischen 9 und 13 Jahren sein, das bereits Nanda und Kollegen (1990) publizierten. In der Untersuchung des Gesichtsprofils von Ferrario und Kollegen (1997) wanderte ebenfalls die Position des Pronasale und des Subnasale im Vergleich zu den Lippenpunkten zwischen dem ersten und dem 18. Lebensjahr relativ stark nach superior. Die Unterschiede in der Nasen- und Mundregion auf den in dieser Studie verwendeten Frontalfotos könnten aber auch eine Projektion sein, die durch die Konvexität des Gesichtes entsteht. Dimaggio und Kollegen (2007) untersuchten in einer Profilstudie Kinder zwischen dem 6. und 7. Lebensjahr in unterschiedlichen Bezahnungsstadien. Sie wiederum fanden einen Unterschied im Nasolabialwinkel und im Interlabialwinkel bei Mädchen und Buben. Die Mädchen hatten größere Winkel im Nasolabialbereich (*Pronasale – Subnasale – Laberale superior*). Die Buben zeigten also eine stärkere Konvexität im Nasen-Lippen-Bereich. Auch im Interlabialbereich (*Subnasale – Laberale superior* zu *Laberale inferior – Sublabiale*) fanden die Autoren bei den Mädchen signifikant größere Winkel. Bezüglich der Prominenz der Nase entdeckten Dimaggio und Kollegen (2007) keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Buben. Auch Halazonetis (2007) verglich mittels lateraler kephalometrischer Röntgenbilder die Gesichter von 170 Kindern zwischen 7 und 17

Jahren und fand einen Unterschied in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen. Die größte Varianz in der Gesichtsform konnte in dieser Studie durch den Vorsprung und die Größe der Lippen sowie die relative Nasen- und Kinngröße erklärt werden. Die Geschlechter unterschieden sich signifikant in diesen Merkmalen. Die Mädchen hatten eine relativ größere Nase und ein Kinn mit weniger prominenten Lippen, die zusammen ein konkaves Untergesicht bilden. Nanda und Kollegen vermaßen (1990) auch das Nasion und fanden ein anteriores Wachstum zwischen dem 7. und 12. Lebensjahr von 4 – 6 mm. Diese Ergebnisse bestätigen den Unterschied in der Position der Nase bei den älteren Buben in der vorliegenden Studie. Für eine eindeutige Erklärung des größeren Nasen- zu Lippenabstands bei Buben in der älteren Gruppe müssten laterale Bilder der Kinder betrachtet werden. Die Lippen und der Unterkiefer unterscheiden sich in der vorliegenden Studie zwischen den älteren Mädchen und Buben allerdings kaum. Es ist möglich, dass die Mädchen den Wachstumsschub im unteren und mittleren Gesichtsdrittel, den Ferrario und Kollegen (1998) zwischen dem 6. und 7. Lebensjahr fanden, eventuell bereits hinter sich haben.

Die Gegenüberstellung von jüngeren Mädchen und älteren Buben zeigt noch einmal eindrucksvoll, dass die jüngeren Mädchen ein runderes Gesicht haben. Die älteren Buben haben eindeutig prominentere Augenbrauen, vollere Unterlippen und eine schmälere Kinnlinie. Die jüngeren Buben unterscheiden sich von den älteren Mädchen weit weniger deutlich, nur die Unterlippen der Mädchen zeigen mehr Fülle und die Stirn ist etwas niedriger.

Die Vorhersage, dass Buben und Mädchen sich in der Gesichtsform schon präpubertär unterscheiden, konnte unter anderem durch die Unterschiede in der Gesichtsgröße bestätigt werden, auch wenn die Kinder in der jüngeren Altersgruppe sich nicht signifikant in der Gesichtsgröße unterscheiden. Die Gesichtsgröße der älteren Buben ist signifikant größer als die aller anderen Gruppen. Unterschiedliche Wachstumsvektoren zwischen Buben und Mädchen können nur in der Mund- und Nasenpartie signifikant gefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass die Buben

noch keinen pubertären Wachstumsschub hatten. Nach den Ergebnissen von Verdonck und Kollegen (1999) müsste sonst bei den älteren Buben bereits ein Unterschied in der Kinnlinie sowohl im Vergleich zu den Mädchen vor allem aber im Vergleich zu den jüngeren Buben bestehen. Die gefundenen Unterschiede zwischen den Gesichtern von Buben und Mädchen in dieser Studie sind also die vorhergesagten präpubertären Unterschiede in der Gesichtsform und Gesichtsgröße. Würden die gefundenen Unterschiede in der Gesichtsform lediglich allometrisch sein, also nur durch die unterschiedliche Gesichtsgröße zustande kommen, dürften sich die Wachstumsvektoren theoretisch nicht und vor allem nicht Regionsweise unterscheiden. Die divergierenden Wachstumsvektoren in der Mund- und Nasenregion sprechen daher gegen rein allometrische Unterschiede in der Gesichtsform der Buben in dieser Stichprobe. Die Unterschiede in der Gesichtsform zwischen Buben und Mädchen in der vorliegenden Studie kommen also nicht nur deshalb zustande, weil die Buben größer sind. Die Kindergesichter unterscheiden sich ab dem 7. Lebensjahr sowohl in ihrer Größe als auch in der Form des Mittelgesichtes.

5.2. 2D:4D Verhältnis und Gesichtsform

Der Mittelwertvergleich des 2D:4D Verhältnisses der rechten Hand von den 39 RechtshänderInnen dieser Studie ergab, dass Buben kein signifikant niedrigeres 2D:4D Verhältnis als Mädchen aufweisen. Der Mittelwert des 2D:4D Verhältnisses der Buben liegt aber unter dem Wert der Mädchen. In einigen früheren Studien wurde zum Teil ein signifikant niedrigeres 2D:4D Verhältnis bei Buben ab spätestens dem 5. Lebensjahr gefunden (Fink et al., 2004; Manning et al., 1998; McIntyre et al., 2005; Williams et al., 2003; Trivers et al., 2006) und auch die anderen angeführten Studien fanden ein tendenziell niedrigeres 2D:4D Verhältnis bei Buben (Lutchmaya et al., 2004; Fink et al., 2007). Die Tatsache, dass in der vorliegenden Studie kein signifikant niedrigeres 2D:4D Verhältnis gefunden wurde, kann unter anderem an der geringen Probandenzahl liegen. Williams und Kollegen (2003) und Trivers und Kollegen (2006) beschrieben in ihren Arbeiten auch, dass sich das 2D:4D Verhältnis mit dem Alter verändert. In der vorliegenden Studie wurde das Alter jedoch als intervenierende Variable ausgeschlossen.

Frühere Studien zeigten, dass 2D:4D als Stellvertreter für pränatales Testosteron angesehen werden kann. Lutchmaya und Kollegen (2004) fanden, dass Buben einen signifikant höheren fötalen Testosteronspiegel aufwiesen als Mädchen, wohingegen der fötale Östrogenspiegel in beiden Geschlechtern gleich war. Daher führt wahrscheinlich die Höhe des Testosteronlevels per se und nicht das Testosteron- zu Östrogenverhältnis in der embryonalen Entwicklung zu den Unterschieden im 2D:4D Verhältnis und daher auch zu den unterschiedlichen Gesichtsformen. Auch Neave und Kollegen (2003) vermuteten schon, dass ein hoher pränataler Testosteronspiegel die männliche Gesichtsform mitgestaltet. Bisher konnte jedoch noch keine Aussage über den präpubertären Zusammenhang des 2D:4D Verhältnisses mit der Gesichtsform getroffen werden.

Die nach Geschlechtern getrennten Shape Regressionen auf das 2D:4D Verhältnis der Kinder zeigten eindeutig, dass bei Buben ein signifikanter Zusammenhang zwischen

Gesichtsform und dem 2D:4D Verhältnis besteht und 12,5% der Varianz in den Gesichtsformen durch das 2D:4D Verhältnis erklärt werden. Bubengesichter mit niedrigerem 2D:4D Verhältnis, also höheren pränatalen Testosteronwerten, haben auch robustere Charakteristika in der Gesichtsform, als jene mit höherem 2D:4D Verhältnis, welche sich in grazileren Gesichtszügen äußern. Ein niedriges 2D:4D Verhältnis geht weiters mit prominenten Augenbrauen, einer größeren und breiteren Mandibel und einer verhältnismäßig kürzeren Nase einher. Ein hohes 2D:4D Verhältnis impliziert eine hohe Stirn, große Augen, ein schmäleres Kinn und eine relativ längere Nase. Diese Ergebnisse stimmen im Wesentlichen mit den Ergebnissen von Fink und Kollegen (2005) sowie Schaefer und Kollegen (2005) überein. In der vorliegenden Studie ist der Abstand zwischen Kinn und Lippen bei den Buben mit hohem pränatalem Testosteron größer, ebenso wie der Abstand zwischen Mund und Nase. Vermutlich ist das Untergesicht deshalb größer, weil Buben mit mehr pränatalem Testosteron größere Mandibeln haben. Die Buben mit niedrigem pränatalem Testosteron haben ein deutlich schmäleres Kinn und vollere Lippen. Auch Fink und Kollegen (2005) sowie Schaefer und Kollegen (2005) fanden größere Untergesichter bei den Männern mit höheren pränatalen Testosteronwerten (niedriges 2D:4D). Die Augenbrauen erscheinen höher, weil der *Arcus superciliaris* verhältnismäßig prominenter ist als bei den Buben mit einem hohen 2D:4D Verhältnis. Dies finden Fink und Kollegen (2005) sowie Schaefer und Kollegen (2005) ebenfalls. Die kürzere Nase bei Buben mit höheren pränatalen Testosteronwerten im Gegensatz zu den längeren, schmäleren Nasen bei niedrigem pränatalen Testosteronspiegel wurde in der Literatur bisher noch nicht gefunden. Die unterschiedliche Nasenlänge entsteht vermutlich dadurch, dass bei den Buben mit niedrigem pränatalen Testosteronspiegel die Größe des Mittelgesichtes stärker im Gesicht dominiert, als bei den Buben mit höheren pränatalen Testosteronwerten, bei denen das Untergesicht deutlich größer ist.

Für Mädchen konnte dieser Zusammenhang in der vorliegenden Studie nicht gefunden werden. Dies könnte zwar an der kleinen Probandenzahl liegen, aber vor

allem spricht einiges dafür, dass das 2D:4D Verhältnis ein Indikator für pränatales Testosteron und nicht für das pränatale Testosteron- zu Östrogenverhältnis ist. Bei Mädchen ist der Einfluss von pränatalem Testosteron auf die Gesichtsform vermutlich sehr viel geringer als bei Buben. Auch in den vorangegangenen Studien konnte der Effekt des 2D:4D Verhältnisses auf die Gesichtsform bei Männern stärker als bei Frauen gefunden werden (Fink et al., 2005). In diesen Studien wurde ebenfalls bereits angedeutet, dass der die Formveränderungen bewirkende Faktor eher das Testosteron allein sein könnte, als das Östrogen zu Testosteron Mengenverhältnis.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Kindern wie bei Erwachsenen das gleiche Muster zwischen Gesichtsform und 2D:4D Verhältnis gefunden werden kann. Eine robustere Gesichtsform mit breiterem Kinn und prominenterem *Arcus superciliaris* entspricht einem niedrigen 2D:4D Verhältnis, also hohen pränatalen Testosteronwerten. Gracilere Gesichtszüge wie ein schmales Kinn, eine höhere Stirn und größeren Augen entsprechen niedrigen pränatalen Testosteronwerten. Diese Ergebnisse und die Unterschiede in der Gesichtsform der Mädchen und Buben, lassen zusätzlich vermuten, dass der Testosteronlevel auch schon präpubertär Einfluss auf die Gesichtsform hat.

5.3. Ausblick

Nach Ausschluss der für die Auswertung ungeeigneten Fotos verblieb eine niedrigere Probandenzahl. Manche Effekte (oder der Zeitpunkt ihres Auftretens) könnten dadurch nur zufällig sein oder sich bei einer größeren Stichprobe verstärken und deutlicher werden. Gegen das zufällige Auftreten der Merkmale spricht jedoch, dass bei einer Transversalstudie, wie sie diese vorliegende Studie ist, das Risiko von zufällig generierten Unterschieden aufgrund einer geringen Probandenzahl geringer als bei Longitudinalstudien ist.

Die gefundenen Unterschiede zwischen den Geschlechtern, vor allem bei den Wachstumsvergleichen, könnten durch Projektionen, die durch die Zweidimensionalität zustande kommen, entstehen. Das Problem zweidimensionaler

Daten ist, dass sie nicht wirklich standardisiert ausgerichtet werden können. Die Ohren-Augen-Ebene ist die beste Möglichkeit um den Kopf annähernd vergleichbar auszurichten. Allerdings ist auch diese Methode nicht fehlerfrei. Die Tatsache, dass die Ohren jedes Menschen auf unterschiedlicher Höhe des Kopfes sitzen und der Kopf unterschiedlich geneigt werden muss um in die Ohren-Augen-Ebene zu gelangen, wird vernachlässigt.

Bei Betrachtung der Visualisierung der Shape Regression auf das 2D:4D Verhältnis beispielsweise könnte man den Eindruck bekommen, dass der Effekt des großen Untergesichtes bei hohen pränatalen Testosteronwerten im Verhältnis zu dem eines kurzen Untergesichtes bei niedrigen pränatalen Testosteronwerten durch die Kopfhaltung der Kinder zustande kommt. Tatsächlich wäre dies aber an den Augen erkennbar. Nachdem hier die Pupille der Kinder jeweils in der Mitte des Auges und nicht mit dem Unterlid beziehungsweise dem Oberlid zusammenfällt, wie dies bei einer Rückwärtsneigung oder Kopfneigung nach vorne der Fall wäre, kann in diesem Fall eine unterschiedliche Kopfhaltung als Einflussfaktor ausgeschlossen werden. Die Projektionen, die dadurch in einem zweidimensionalen Foto eines Kopfes entstehen können, sind aber oft nicht eindeutig zu interpretieren und führen unter anderem zu dem Schluss, dass 3D Daten besser vergleichbar wären. Eine 3D Daten Aufnahme beispielsweise mit einem Oberflächenscanner hätte aber aus mehreren Gründen den Rahmen einer Diplomarbeit überschritten. So gibt es derzeit noch kein getestetes Landmarksset, zudem ist das notwendige Equipment sehr teuer und aufwendig zu transportieren.

Das 2D:4D Verhältnis der Linkshänder zu vergleichen wäre eine weitere Auswertungsmöglichkeit. Fink und Kollegen (2004) fanden, dass höheres pränatales Testosteron, also niedrigeres 2D:4D, mit einer schnelleren Reaktion der linken Hand im Verhältnis zur rechten Hand zusammenhängt. In der vorliegenden Studie beläuft sich die Anzahl der Linkshänder auf nur fünf Personen und deshalb wurde die Auswertung lediglich mit den Rechtshändern durchgeführt.

Um Hinweise zu finden, warum bei den Mädchen kein Zusammenhang von Gesichtsform und 2D:4D Verhältnis gefunden werden konnte, könnte man auch noch versuchen weitere Einflussfaktoren, wie verschiedene Umweltfaktoren oder unterschiedliche Hormoneinflüsse, auszuschließen. Dennoch hat es den Anschein, als ob das pränatale Testosteron sich stärker im 2D:4D Verhältnis niederschlägt und deshalb der Zusammenhang bei Mädchen nicht so groß ist wie bei den Buben.

Auch der Vergleich mit Attraktivität könnte die Unterschiede genauer beschreiben. Sforza und Kollegen (2008) untersuchten beispielsweise das Wachstum von besonders attraktiven gegenüber normalen Kindern anhand von 3D Daten. Sie fanden, dass die Gesichtshöhe der attraktiven Mädchen und Buben kleiner ist als jene der Referenzgruppe, insgesamt waren alle untersuchten „Gesichtsvolumen“ der attraktiven Kinder „homogener“ als jene der Referenzgruppe. Attraktive Kinder hatten signifikant kleinere Nasen, die Mädchen signifikant breiter Mittelgesichter als jene in der Referenzgruppe. Bezüglich der Konvexität des Gesichtes fand man bei attraktiven Buben kleinere Winkel, bei attraktiven Mädchen hingegen wurden weniger prominente Gesichtsprofile im Vergleich zu Referenzgruppe gefunden. (Sforza et al., 2008). Der Aspekt der Symmetrie könnte ebenfalls noch eine Rolle spielen.

Die Tatsache, dass besonders attraktive Kinder anders ausgeprägte Gesichtsscharakteristika haben, wirft die Frage der unterschiedlichen Wahrnehmung von Kindergesichtern auf. Die Kinder in der vorliegenden Studie wurden nicht nach ihrer Attraktivität unterteilt, weil dies eine sehr subjektive Beurteilung wäre. Es wurde aber auch keine Bewertungsstudie auf Attraktivität oder andere Eigenschaften angehängt. Bei Erwachsenen wird beispielsweise Dominanz und Männlichkeit entsprechend den Gesichtsunterschieden aufgrund von unterschiedlichen pränatalem Testosteron bewertet (Schaefer et al., 2008). Es wäre interessant Kindergesichter ebenfalls bewerten zu lassen und mit den vorliegenden Gesichtsformen zu vergleichen. Dominanz und Männlichkeit sind vielleicht keine Eigenschaften, die man Kindern zuschreibt, aber Begriffe wie Kindlichkeit oder

Attraktivität ließen sich schon unterschiedlichen Gesichtsformen zuordnen. Möglicherweise könnte man Eigenschaften finden, welche die Wahrnehmung der durch pränatales Testosteron bedingten Unterschiede in der Gesichtsform erklären können.

Danksagung

Ich danke vor allem Ao. Univ. Prof. Dr. Katrin Schaefer, die mir die Relevanz dieses Themas näher gebracht und mich bei der Durchführung der Studie betreut und unterstützt hat. Ich habe viel über mich und die Komplexität der biologischen Auswertung gelernt. Bei Mag. Sonja Windhager möchte ich mich für die Unterstützung in wichtigen Fragen der Auswertung danken. Vor allem die Vielzahl der verwendeten Programme und ihre Anwendbarkeit waren oftmals nicht auf Anhieb ohne Hilfe zu verstehen.

Meiner Mutter, Diplom-RTA Ingrid Meindl, danke ich für Ihre immerwährende Unterstützung und darüber hinaus für Ihre fachliche und tatkräftige Hilfe bei der Erstellung der standardisierten Fotos. Mag. Dr. Simone Meindl und Mag. Niki Ritter danke ich unter anderem für Ihre Unterstützung und konstruktive Kritik bei der Erstellung der Arbeit. Außerdem möchte ich allen anderen Freunden und Bekannten, sowohl am Institut als auch privat, danken, dass sie mir immer Mut zugesprochen haben und ein offenes Ohr für mich hatten.

Referenzen

- Blackith, R.E. und Reyment, R.A. (1971). *Multivariate Morphometrics*, Academic Press.
- Bogin, B. (1999). *Patterns of Human Growth, 2nd Edition*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bookstein, F. L. (1989). *Principal Warps: Thin-Plate Splines and the Decomposition of Deformations*. Pattern Anal. Mach. Intell. 11 (6): 567-585.
- Bookstein, F. L. (1991). *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bookstein, F.L., et al. (2004). *The Geometry of Anthropometrics: A New Typology of Landmarks*. American Journal of Physical Anthropology 123 (S38): 66.
- Bulygina, E., Mitteroecker, P., et al. (2006). *Ontogeny of Facial Dimorphism and Patterns of Individual Development within One Human Population*. Am. J. Phys. Anthropol. 131 (3): 432-43.
- Dimaggio, F. R., Ciusa, V., et al. (2007). *Photographic Soft-Tissue Profile Analysis in Children at 6 Years of Age*. Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop. 132 (4): 475-480.
- Enlow, D.H. (1996). *Essentials of Facial Growth*. Saunders, Philadelphia
- Farkas, L.G. (1981). *Anthropometry of the Head and Face in Medicine*. Elsevier, New York.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., et al. (1997). *A Size-Standardized Analysis of Soft Tissue Facial Profile During Growth*. Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop. 112 (1): 28-33.
- Ferrario, V. F., Carlo C. S., Poggio E., Schmitz, J. H. (1998). *Facial Volume Changes During Normal Human Growth and Development*. The Anatomical Record 250 (4): 480-487.
- Fink, B., Grammer, K. et al. (2005). *Second to Fourth Digit Ratio and Face Shape*. Proc. Biol. Sci. 272 (1576): 1995-2001.
- Fink, B., Manning, J. T., et al. (2004). *Second to Fourth Digit Ratio and Hand Skill in Austrian Children*. Biological Psychology 67 (3): 375-384.

- Fink, B., Manning, J. T., et al. (2007). *The 2nd to 4th Digit Ratio and Developmental Psychopathology in School-aged Children*. *Personality and Individual Differences* 42 (2): 369-379.
- Garn, S. M., Burdi, A. R., et al. (1975). *Early Prenatal Attainment of Adult Metacarpal-Phalangeal Rankings and Proportions*. *Am. J. Phys. Anthropol.* 43 (3): 327-32.
- Genecov, J. S., Sinclair, P. M., et al. (1990). *Development of the Nose and Soft Tissue Profile*. *Angle Orthod.* 60 (3): 191-8.
- Good, P. I. (2000). *Permutation Tests: a Practical Guide to Resampling Methods for Testing Hypotheses*. Springer, New York.
- Gunz, P., Mitteroecker, P., and Bookstein, F. 2005. *Semilandmarks in Three Dimensions*. In: D. E. Slice (ed.). *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Kluwer Press, New York.
- Halazonetis, D. J. (2007). *Morphometric Evaluation of Soft-Tissue Profile Shape*. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.* 131 (4): 481-9.
- Knußmann, R. (1996). *Vergleichende Biologie des Menschen; Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kolar, J.C., Salter, E.M. (1997). *Craniofacial Anthropology*. Springfield, Charles C. Thomas, Illinois.
- Lorenz, K. (1943). *Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung*. *Zeitschrift für Tierphysiologie* 5: 235-409.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., et al. (2004). *2nd to 4th Digit Ratios, Fetal Testosterone and Estradiol*. *Early Human Development* 77 (1-2): 23-28.
- Malas, M. A., Dogan, S. et al. (2006). *Fetal Development of the Hand, Digits and Digit Ratio (2D:4D)*. *Early Human Development* 82 (7): 469-475.
- Manning, J. T., Scutt, D., et al. (1998). *The Ratio of 2nd to 4th Digit Length: a Predictor of Sperm Numbers and Concentrations of Testosterone, Luteinizing Hormone and Oestrogen*. *Hum. Reprod.* 13 (11): 3000-4.

- Manning, J. T., Barley, L., et al. (2000). *The 2nd:4th Digit Ratio, Sexual Dimorphism, Population Differences and Reproductive Success: Evidence for Sexually Antagonistic Genes?* *Evolution and Human Behavior* 21(3): 163-183.
- Manning, J. T., Baron-Cohen, S., et al. (2001). *The 2nd to 4th Digit Ratio and Autism.* *Dev. Med. Child Neurol.* 43 (3): 160-4.
- Manning, J. T., Stewart, A. et al. (2004). *Sex and Ethnic Differences in 2nd to 4th Digit Ratio of Children.* *Early Human Development* 80 (2): 161-168.
- Manning, J. T., Fink, B., et al. (2005). *Photocopies Yield Lower Digit Ratios (2D:4D) Than Direct Finger Measurements.* *Archives of Sexual Behavior* 34 (3): 329-333.
- Marcus, L.F. (1990). *In Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop* (Rohlf, F.J. and Bookstein, F.L. eds.) pp. 77-122, Ann Arbor.
- Marcus, L.F. und Corti, M. (1996). *Overview of the New, or Geometric Morphometrics. In: Advances in Morphometrics.* Edited by L.F. Marcus et al.; Plenum Press, New York, pp. 1-11.
- Martin, R. und Saller, K. (1928). *Lehrbuch der Anthropologie.* Fisher Verlag, Stuttgart.
- McFadden, D. und Shubel, E. (2002). *Relative Lengths of Fingers and Toes in Human Males and Females.* *Hormones and Behavior* 42 (4): 492-500.
- McIntyre, M. H., Ellison, P. T., et al. (2005). *The Development of Sex Differences in Digital Formula from Infancy in the Fels Longitudinal Study.* *Proc. Biol. Sci.* 272 (1571): 1473-9.
- Nanda, R. S., Meng, H., et al. (1990). *Growth Changes in the Soft Tissue Facial Profile.* *Angle Orthod.* 60 (3): 177-90.
- Neave, N., Laing, S., et al. (2003). *Second to Fourth Digit Ratio, Testosterone and Perceived Male Dominance.* *Proc. Biol. Sci.* 270 (1529): 2167-72.
- O'Higgins, P. und Jones, N. (1998). *Facial Growth in Cercopithecus Torquatus: An Application of Three Dimensional Geometric Morphometric Techniques to the Study of Morphological Variation.* *Journal of Anatomy.* 193: 251-272

- Penton-Voak, I. S. und Chen, J. Y. (2004). *High Salivary Testosterone is Linked to Masculine Male Facial Appearance in Humans*. *Evolution and Human Behavior* 25 (4): 229-241.
- Reyment, R.A. (1991). *Multidimensional Paleobiology*, Pergamon Press.
- Rohlf, F.J., Slice, D.E. (1990). *Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks*. *Systematic Zool.* 39: 40-59.
- Rohlf, F. J., Marcus, L. F. (1993). *A Revolution in Morphometrics*. *Trends Ecol. Evol.*, 8: 129-132.
- Rohlf, F. J. (2006). *TpsDig2, Digitize Landmarks and Outlines, Version 2.10*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2006). *TpsUtil, Version 1.38*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2007). *TpsRegr, Version 1.34*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2007). *TpsRegr, Version 1.45*. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook.
- Schaefer, K., Fink, B., et al. (2005). *Visualizing Facial Shape Regression upon 2nd to 4th Digit Ratio and Testosterone*. *Coll. Antropol.* 29 (2): 415-9.
- Schaefer, K., Fink, B., et al. (2008). *From Biology to Perception by Way of the Face: The Role of Geometric Morphometrics in Interdisciplinary Ethological Studies*. XIX Biennial Conference of the International Society for Human Ethology. Cooperativa Libraria Universitaria Editrice Bologna.
- Sforza, C., Laino, A., et al. (2008). *Soft-Tissue Facial Characteristics of Attractive and Normal Adolescent Boys and Girls*. *Angle Orthod.* 78 (5): 799-807.
- Slice, D.E. (1998). *Morpheus et al.: Software for Morphometric Research*. Revision 1-30-98, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, New York.
- Slice, D.E. (ed.) (2005). *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Kluwer Press, New York.

- Strand Viðarsdóttir, U., O'Higgins, P., et al. (2002). *A Geometric Morphometric Study of Regional Differences in the Ontogeny of the Modern Human Facial Skeleton*. J. Anat. 201: 211–229.
- Swaddle, J. P. und Reiersen, G. W. (2002). *Testosterone Increases Perceived Dominance But Not Attractiveness in Human Males*. Proc. Biol. Sci. 269 (1507): 2285-9.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H. (1976). *Clinical Longitudinal Standards for Height, Weight, Height Velocity, Weight Velocity, and Stages of Puberty*. Arch. Dis. Child. 51 (3): 170-9.
- Tanner, J. M. (1978). *Fetus Into Man*. Harvard University Press. Cambridge, UK
- Trenouth, M. J. und Joshi, M. (2006). *Proportional Growth of Craniofacial Regions*. J. Orofac. Orthop. 67 (2): 92-104.
- Trivers, R., Manning, J. T., et al. (2006). *A Longitudinal Study of Digit Ratio (2D:4D) and Other Finger Ratios in Jamaican Children*. Hormones and Behavior 49 (2): 150-156.
- Ulijaszek, S. J., Johnston, F.E., Preece, M.A (eds) (1998). *Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*. Cambridge University Press, pp. 404-407.
- Verdonck, A., Gaethofs, M., et al. (1999). *Effect of Low-Dose Testosterone Treatment on Craniofacial Growth in Boys With Delayed Puberty*. Eur. J. Orthod. 21 (2): 137-43.
- Weston, E. M., Friday, A. E., et al. (2007). *Biometric Evidence That Sexual Selection Has Shaped the Hominin Face*. PLoS ONE 2 (1): e710.
- Weber G.W., Schaefer, K., et al. (2001) *Virtual Anthropology: The Digital Evolution in Anthropological Science*. Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science 20 (2): 69-80.

Weblinks

http://www.bzga-essstoerungen.de/allgemeine-infos/zu_dick_oder_zu_duenn/bmi-rechner-test.php

<http://ernaehrungsstudio.nestle.de/TippsTools/Rechner/BMIKinder.htm?sid=2b08bb22-4c04-419d-bd50-7ffc32b4aeed>

Abbildungsverzeichnis

Einleitung

Abbildung 1: Kraniofaziales Wachstum

Material & Methoden

Abbildung 2: Verwendetes Landmarkschema mit Semilandmarks

Abbildung 3: Procrustes Superimposition

Abbildung 4: Landmarkkoordinaten vor/nach Procrustes Superimposition

Abbildung 5: Verzerrung eines Deformationsgitters

Ergebnisse

Abbildung 6: Hauptkomponentenanalyse in Form Space, PC 1& PC 2

Abbildung 7: PC1 & Alter in Form Space

Abbildung 8: PC1 & ln CS in Form Space

Abbildung 9: Änderungen entlang der PC1

Abbildung 10: Kleines & Größtes Bild „scaled in Form Space“

Abbildung 11: Shape Regression auf das Alter der Mädchen

Abbildung 12: Shape Regression auf das Alter der Buben

Abbildung 13: Gesichtsform von jüngeren und älteren Mädchen im Vergleich

Abbildung 14: Gesichtsform von jüngeren und älteren Buben im Vergleich

Abbildung 15: Gesichtsform von jüngeren Mädchen und jüngeren Buben im Vergleich

Abbildung 16: Gesichtsform von älteren Mädchen und älteren Buben im Vergleich

Abbildung 17: Gesichtsform von jüngeren Mädchen und älteren Buben im Vergleich

Abbildung 18: Gesichtsform von jüngeren Buben und älteren Mädchen im Vergleich

Abbildung 19: Fehlerbalkendiagramm der Altersgruppen mit der CS

Abbildung 20: Shape Regression auf das 2D:4D Verhältnis der Buben

Tabellenverzeichnis

Material & Methoden

Tabelle 1: Landmarkschema

Ergebnisse

Tabelle 2: Statistik der zusätzlichen Daten

Tabelle 3: Statistik der einzelnen Altersgruppen

Tabelle 4: 2D:4D Verhältnis nach Geschlechtern

Anhang 1

Elternbrief

Betreff:

Fotografien von Kindergesichtern zur Erforschung der menschlichen Gesichtsentwicklung

Sehr geehrte Damen und Herrn, liebe Eltern!

Ich, Konstanze Meindl, arbeite unter der Betreuung von Ao. Univ. Prof. Dr. Katrin Schaefer im Rahmen meiner Diplomarbeit an einem Projekt zur Beschreibung der Veränderung in der Entwicklung des menschlichen Gesichtes. Ich möchte untersuchen wie genau die Unterschiede zwischen Burschen und Mädchen aussehen und wann diese auftreten. Ich bitte sie daher Ihr Kind an meiner Studie teilnehmen zu lassen.

Um das Gesicht möglichst komplett zu erfassen, mache ich standardisierte Fotos sowohl von vorne als auch von beiden Seiten. Zusätzlich benötige ich das Alter, das Gewicht, die Körpergröße und die Fingerlängen Ihres Kindes. Dieser Vorgang wird maximal 10 Minuten in Anspruch nehmen. Die Fotos werden vor Ort in der Bildungsstätte ihres Kindes unter Aufsicht des verantwortlichen Betreuers gemacht.

In Veröffentlichungen wird nur dann das Foto Ihres Kindes verwendet, wenn Sie uns ausdrücklich Ihre Genehmigung dazu erteilen. Alle Daten die ich erhebe werden von uns vertraulich behandelt und in keiner Form weitergegeben. Sie dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken.

Wenn Sie sich dazu entscheiden, unsere Forschung zu unterstützen, unterschreiben Sie bitte beiliegende Einverständniserklärung und geben Sie diese bitte Ihrem Kind wieder mit in die Schule/Kindergarten.

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung und ich verbleibe mit freundlichen Grüßen

Konstanze Meindl
Wien, am 22. April 2007



Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass Frau Konstanze Meindl im Zuge ihrer Untersuchungen zur Entwicklung der Gesichtsform, eine frontale und zwei laterale Fotos des Gesichtes meiner Tochter/meines Sohnes mit Namen:

_____ macht, sowie das Alter, das Gewicht, die Körperhöhe und die Fingerlänge des Zeige- und Ringfingers des Kindes aufnehmen darf.

Ich erteile die Genehmigung, diese Bilder für Veröffentlichungen in Fachzeitschriften zu verwenden: ja____ nein ____ (Zutreffendes bitte ankreuzen).

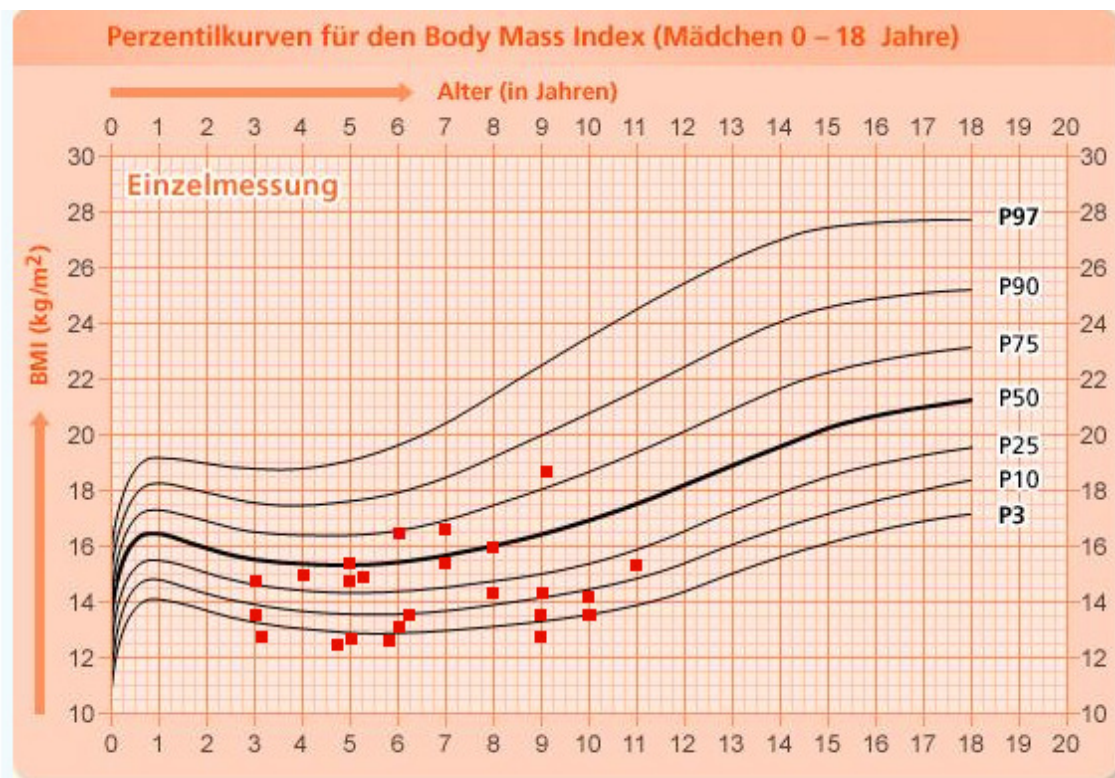
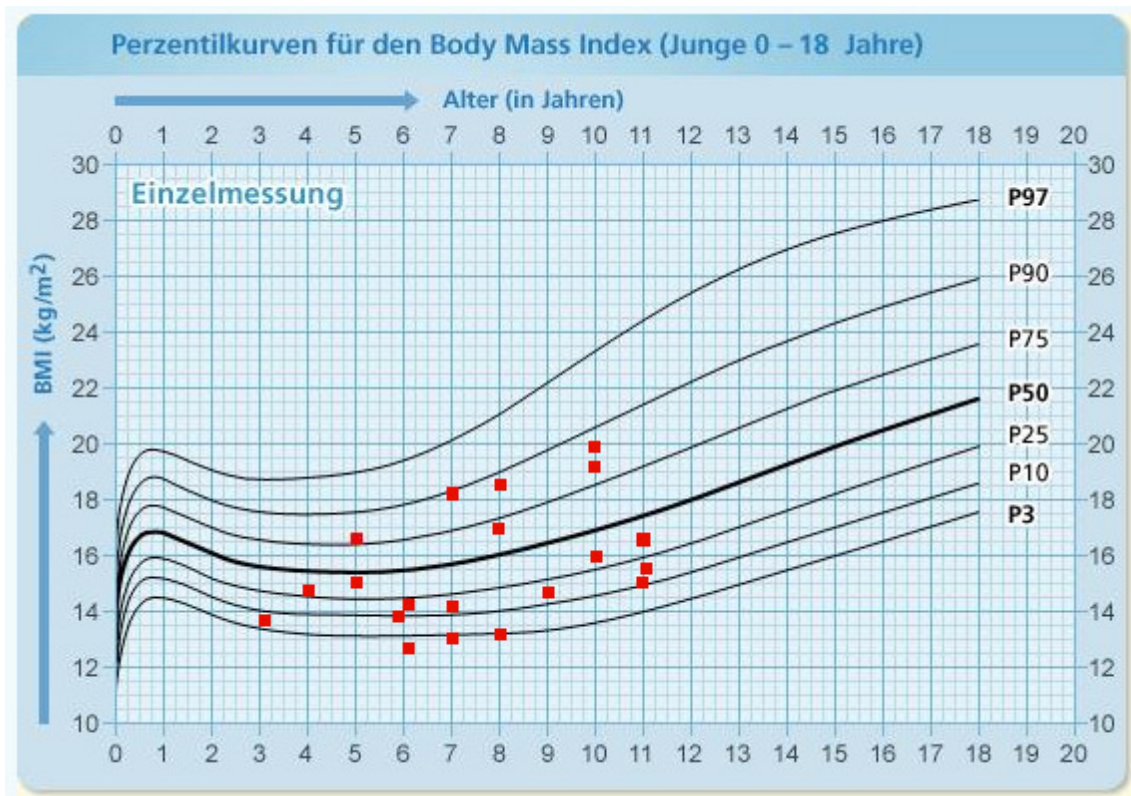
Der/die Erziehungsberechtigte:

Name: _____

Unterschrift: _____

Datum: _____ Ort _____

Anhang 2



Projektion der einzelnen Individuen dieser Studie auf die Perzentilcurven aus <http://ernaehrungsstudio.nestle.de/TippsTools/Rechner/BMIKinder.htm?sid=2b08bb22-4c04-419d-bd50-7ffc32b4aeed>.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Konstanze Meindl
Geburtsdatum:	05. November 1982
Geburtsort:	Steyr / OÖ
Nationalität:	Österreich
Adresse:	Liechtensteinstraße 112/9 A-1090 Wien, Österreich
Kontakt:	konstanze.meindl@gmx.at

Ausbildung

05/2004 – dato	Studienzweig Anthropologie
10/2001 – 05/2004	Diplomstudium Biologie
09/1993 – 06/2001	Bundesgymnasium Steyr, Österreich
09/1989 – 06/1993	Volksschule Berggasse, Steyr, Österreich

Berufspraxis

09/2007 – dato	CT-Daten Bearbeitung für das Digital Archiv Fossiler Hominiden auf Werksvertragsbasis
2002 – 2006	jeweils 1 Monat Feriapraxis im Routinelabor Dr. Ruthensteiner, Linz, Österreich

Weitere Qualifikationen

Sprachen:	Deutsch – Muttersprache Englisch – Wort & Schrift Spanisch – Grundkenntnisse
-----------	--

EDV:	MS Office, Adobe Acrobat und Photoshop Erweiterte Grundkenntnisse in Amira 4.1.1 und Analyze 7.0 Statistische Auswertungsmethoden
Zusatzqualifikation:	Mitglied der österreichischen Pfadfinder & Pfadfinderinnen seit 1993
02/2004 – dato	Jugendleiterin der Vienna International Scout Group 88 - Betreuung von 10- bis 13-Jährigen der Stufe Guides/Späher der PPÖ
02/2008	Grundlagenseminar für JugendleiterInnen für die Stufe Guides/Späher der PPÖ
04/2008	Grundlagenseminar „Methoden“ für JugendleiterInnen für die Stufe Guides/Späher der PPÖ

Interessen

Sport:	Volleyball, Yoga, Outdoor-Aktivitäten
Sonstiges:	Fotographie, Reisen, Film und Musik