



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Body-Mass-Index und Gesichtsform bei Jugendlichen

Karin Patocka

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, November 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 442
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Diplomstudium Anthropologie
Betreuerin / Betreuer:	Ao. Univ. Prof. Dr. Katrin Schäfer

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract.....	4
1 Einleitung	5
1.1 BMI bei Kindern	5
1.2 Grenzwerte für Übergewicht, Adipositas und Untergewicht.....	8
1.3 Körperzusammensetzung in der Pubertät	9
1.4 BMI und Gesichtsform	10
1.5 Wahrnehmung des BMI im Gesicht	12
1.6 Gesichtswachstum	13
1.7 Sexualdimorphismus des Gesichts.....	15
1.8 Hypothesen	17
2 Material und Methode	18
2.1 Datenaufnahme	18
2.2 <i>Geometric Morphometrics</i>	23
2.3 Datenanalyse	27
3 Ergebnisse	34
3.1 Deskriptive Statistik.....	34
3.2 Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen.....	35
3.3 Shape Regressionen	37
3.4 Intervenierende Variablen.....	45
4 Diskussion	48
4.1 Stichprobe	48
4.2 BMI und Gesichtsform	48
4.3 Körperfett und Gesichtsform	50
4.4 Alter und Gesichtsform.....	51
4.5 Geschlecht und Gesichtsform	52
4.6 Intervenierende Variablen.....	53
5 Zusammenfassung und Ausblick	55
Danksagung	56
Referenzen	57
Anhang	61
Lebenslauf	66

Zusammenfassung

Das Gesicht eines Menschen ist zu einem großen Teil dafür verantwortlich, wie dieser eingeschätzt wird. Zum einen ist das Geschlecht und das Alter verlässlich zu erkennen, zum anderen werden auch Attraktivitäts- oder Gesundheitsmerkmale daraus abgelesen. In der Ausbildung der Gesichtszüge spielt auch das Körpergewicht eine wesentliche Rolle.

In dieser Studie wurde untersucht, wie sich die Gesichtsform mit dem Body-Mass-Index (BMI) verändert. Hierfür wurden standardisierte Gesichtsfotos von 77 Jugendlichen (50 Mädchen, 27 Buben) zwischen 10 und 20 Jahren erstellt. Zusätzlich wurden anthropometrische Daten wie Körperhöhe, Gewicht und Körperfettanteil erhoben und der BMI wurde berechnet. Für Kinder erfolgt die Einteilung in unter-, normal-, übergewichtig und adipös mittels Perzentile. Daher wurde für jeden Schüler die Variable BMI [Perzentile] ermittelt, die für die weiteren Berechnungen herangezogen wurde. Die Gestaltanalyse erfolgte mittels *Geometric Morphometrics*.

Bei Mädchen werden 3,63 % der Varianz der Gesichtsform durch den BMI in Perzentilen erklärt, bei Buben sind es 4,46% der Varianz. Durch Deformationsgitter wurden die Unterschiede der Gesichtsform gezeigt. Schüler mit einem hohen BMI haben ein runderes, breiteres Gesicht, sowohl im Bereich des Untergesichts als auch in der Wangenregion, vertikal erscheint das gesamte Gesicht jedoch kürzer. Die Augen wirken relativ klein, die Lippen werden voller und die Nase wird breiter und kürzer. Ein BMI auf einem niedrigen Perzentil bewirkt ein gegenteiliges Muster der Gesichtsformveränderungen. Sehr ähnliche Veränderungen der Gesichtsmerkmale werden durch einen hohen beziehungsweise niedrigen Körperfettanteil bedingt.

Die Studie zeigt, dass die Gesichtsform bei Jugendlichen durch den BMI verändert wird. Die gefundenen Ergebnisse wurden zum Teil auch in früherer Literatur beschrieben. Die subcutane Fetteinlagerung in den Wangen und auch in den Lippen kann vermutlich durch den erhöhten Östrogenlevel bei Übergewicht erklärt werden. Es wird angenommen, dass der im Gesicht wahrgenommene BMI die Fremdeinschätzung verändert, daher wären weiterführende Studien mit Alters-, Dominanz- und Gesundheitsbewertungen von Gesichtern übergewichtiger Personen interessant.

Abstract

Characterising persons is influenced to a big part by the first impression of their faces. Not only sex and age are reliably recognised, moreover attractiveness and health can be assessed. In the development of facial features body weight plays an important role too.

The aim of this study was to investigate how facial shape changes with body-mass-index (BMI). Standardised photographs of the faces of 77 adolescents (50 girls, 27 boys) between 10 and 20 years of age were made. Additionally anthropometric data like body height, weight and percentage of body fat were measured and BMI was calculated. For the classification of under-, normal-, overweight and adiposity in children percentiles are used. Therefore the new variable BMI [percentiles] was determined for each subject which was then used for further statistics. Geometric morphometrics was used to do the shape analysis.

BMI in percentiles explains 3,63% of the variance of facial shape in girls and 4,46% in boys. Using deformation grids the differences in facial shape were visualised. Adolescents with a high BMI have a round face due to the broad chin- and cheekarea, the whole face seems to be shorter vertically. The eyes are relatively small, the lips are full and the nose gets shorter and broader. A BMI on a low percentile effects a pattern of changes in facial shape that is opposite to the described. Variance of the facial shape due to a high respectively a low percentage of body fat are similar to that caused by BMI.

This study showed that the facial shape of adolescents changes with BMI. Parts of the findings were described in literature earlier. The subcutaneous adipose deposition in cheeks and lips respectively could be explained by an increased level of estrogen in overweight persons. Facial adiposity is assumed to change the assessment of others, therefore further studies with ratings for age, dominance and health of faces of overweight persons would be interesting.

1 Einleitung

Für die soziale Interaktion spielt die Wahrnehmung des Gesichts eines Menschen eine wesentliche Rolle, das Geschlecht und das ungefähre Alter können darin abgelesen werden (Burton, Bruce & Dench, 1993). Dementsprechend wird das Verhalten gegenüber einer Person durch diese meist zuverlässige Einschätzung beeinflusst (Montepare & Zebrowitz, 1998). Die Unterschiede in der Gesichtsform entstehen jedoch nicht nur durch Geschlechts- oder Altersmerkmale. Neben genetischen und Umwelteinflüssen oder Hormonen hat zum Beispiel auch der Body-Mass-Index (BMI) oder die Körperzusammensetzung eines Menschen Auswirkungen auf dessen Gesichtsform.

In dieser Studie soll dieser Einfluss des BMI auf die Gestalt des Gesichtes bei Jugendlichen zwischen 10 und 20 Jahren mittels *Geometric Morphometrics* ermittelt werden.

1.1 BMI bei Kindern

Fettleibigkeit im Kindesalter ist ein gesellschaftliches Problem. Viele Risiken sind damit verbunden, wie zum Beispiel ernährungsabhängige Erkrankungen im Erwachsenenalter und auch psychische Belastungen der Kinder (Zwiauer & Wabitsch, 1997). Der Body-Mass-Index (BMI) ist weit verbreitet als Maß für Übergewicht und Adipositas bei Erwachsenen. Er wird nach folgender Formel berechnet: $\text{BMI} = \text{Körpergewicht [kg]} / (\text{Körperhöhe [m]})^2$. Nach den Richtlinien der WHO ist bei Erwachsenen ein BMI zwischen 25 und 29,9 kg/m^2 als Übergewicht und über 30 kg/m^2 als Adipositas zu bezeichnen (zitiert in Cole, Bellizzi, Flegal & Dietz, 2000). Die Werte wurden nach dem Gesundheitsrisiko festgelegt, da Adipositas bedeutet, dass ein pathologischer Anteil an Körperfett vorhanden ist (Wabitsch, 2000). Der BMI ist bei erwachsenen Frauen und Männern stark mit dem Körperfett assoziiert, es ist jedoch auch möglich, dass der BMI im Normbereich liegt, der Anteil an Körperfett aber zu hoch ist oder umgekehrt (Gallagher et al., 2000).

Für Kinder und Jugendliche gibt es keine einheitliche Definition für Adipositas, da die Körperfettverteilung physiologischen altersabhängigen Schwankungen unterliegt und sich das Verhältnis von Fettmasse und fettfreier Masse während der Pubertät verändert. Auch hier wird jedoch der BMI als gutes Beurteilungskriterium für Fettleibigkeit betrachtet (Dietz & Bellizzi, 1999; Kromeyer-Hauschild et al., 2001; Zwiauer & Wabitsch, 1997). Studien zeigten, dass auch bei Kindern und Jugendlichen der BMI stark mit dem

Körperfettanteil korreliert (Review Dietz & Bellizzi, 1999; Pietrobelli et al., 1998 - zitiert in Kromeyer-Hauschild et al., 2001). Jedoch ist der BMI für den oberen Gewichtsbereich besser geeignet als für den unteren Bereich, da er mit der Fettmasse mehr korreliert als mit der fettfreien Masse. Dieser Zusammenhang zeigt sich vor allem bei dicken Buben stärker als bei Mädchen. Die Genauigkeit des BMI als Messwert für Übergewicht bei Kindern und Jugendlichen ist also abhängig vom Grad der Fettleibigkeit und muss als Index bei nicht übergewichtigen Kindern vorsichtig interpretiert werden, da er bei relativ dicken Kindern (≥ 85 . Perzentil) besser mit dem Körperfettanteil korreliert als bei dünnen. Außerdem muss beachtet werden, dass sich der gleiche BMI aus unterschiedlichen Anteilen an Fettmasse und fettfreier Masse zusammensetzen kann (Freedman et al., 2005).

Die alters- und geschlechtsspezifischen Veränderungen des BMI erfordern die Erstellung von Altersperzentilen, bei denen die Schwankungen berücksichtigt werden. Daher wurden Normtabellen und Perzentilkurven für Mädchen und Buben von 0 bis 18 Jahren erstellt. Es gibt Referenzwerte, die europaweit verwendet werden (zum Beispiel Rolland-Cachera et al., 1982), nach und nach wurden aber auch nationale Kurven für Kinder und Jugendliche erstellt. Für Deutschland werden die Perzentile von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) herangezogen, die auch in dieser Studie verwendet wurden. Die Kurvenerstellung der Perzentile basiert auf der LMS-Methode nach Cole (1990 - zitiert in Kromeyer-Hauschild et al., 2001), wobei die Verteilung des BMI in jedem Alter durch drei Parameter charakterisiert ist: L ist hierbei die Box-cox-power-Transformation, M entspricht dem Median und S dem Variationskoeffizienten. Die Altersperzentile für den BMI für Buben und Mädchen, die auch für die vorliegende Studie verwendet wurden, sind in den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich.

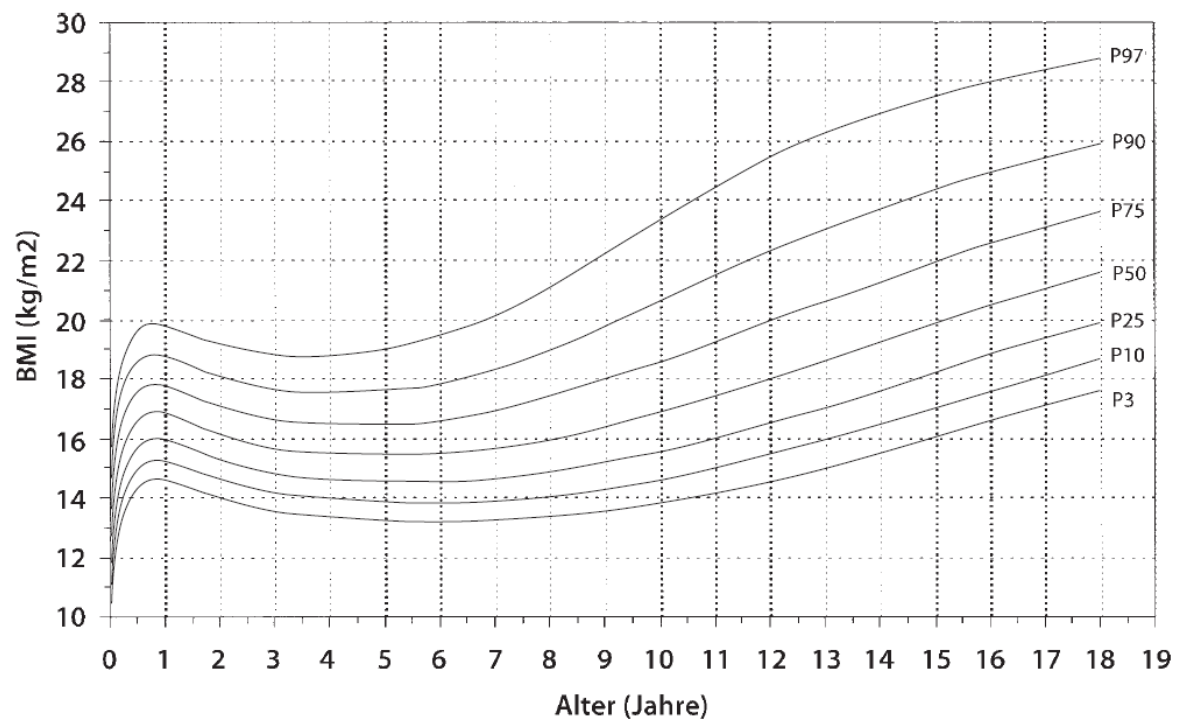


Abbildung 1: BMI-Perzentile für Buben von 0 bis 18 Jahren (aus Kromeyer-Hauschild et al., 2001)

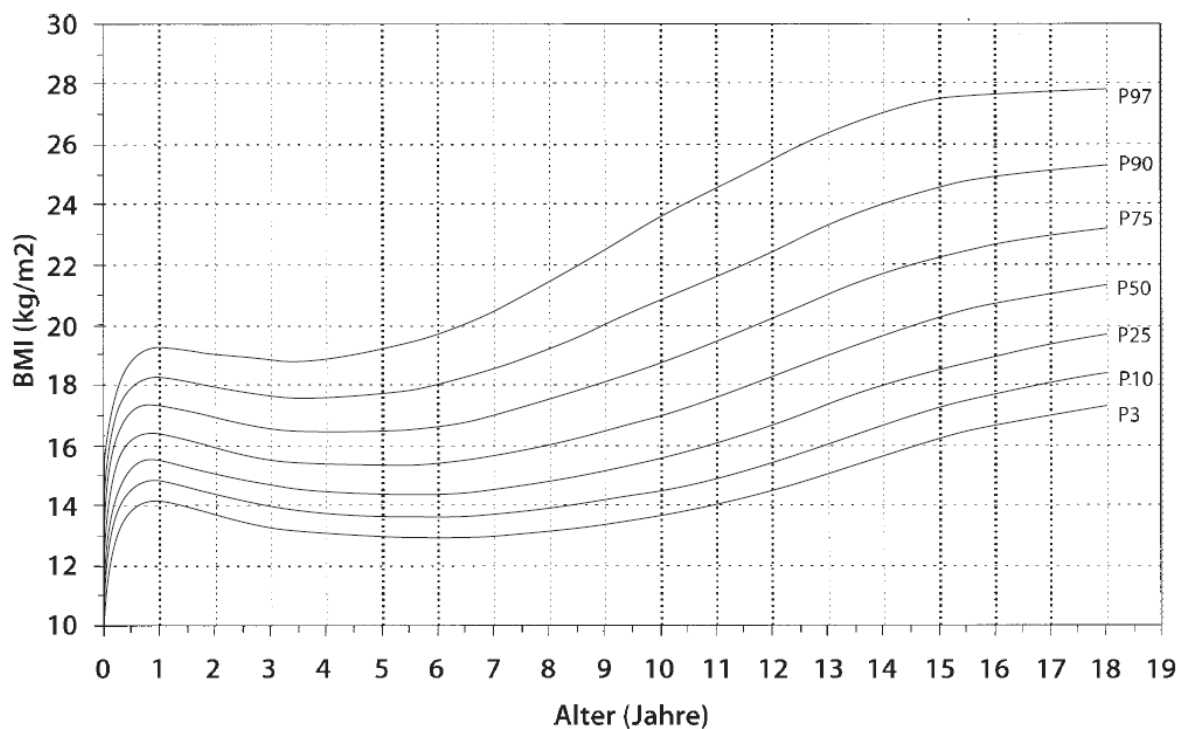


Abbildung 2: BMI-Perzentile für Mädchen von 0 bis 18 Jahren (aus Kromeyer-Hauschild et al., 2001)

Die Veränderungen des BMI erfolgen für Mädchen und Buben zunächst analog – nach der Geburt kommt es zu einem Anstieg des BMI, wobei der Höhepunkt bei Buben bei acht Monaten und bei Mädchen bei neun Monaten liegt. Danach sinkt der BMI bis er bei

Buben mit fünf Jahren und einem Monat und bei Mädchen mit vier Jahren und fünf Monaten sein Minimum erreicht. Danach kommt es zu einem erneuten Anstieg. Mädchen zwischen 11 und 16 Jahren haben einen höheren BMI als Buben in diesem Alter, danach erfolgt die Umkehr. Bei Mädchen flacht die BMI-Kurve ab, bei Buben steigt er weiter an und erreicht höhere Werte als bei Mädchen (Kromeyer-Hauschild et al., 2001).

1.2 Grenzwerte für Übergewicht, Adipositas und Untergewicht

Cole, Bellizzi, Flegal und Dietz (2000) beschreiben, dass die Grenzwerte für Übergewicht und Adipositas bei Kindern anhand des Perzentils mit 18 Jahren und der Grenzwerte für Erwachsene ermittelt wurden. Da sich die Perzentile zwischen verschiedenen Ländern jedoch unterscheiden, gibt es bis jetzt keine einheitliche Definition. In den USA zum Beispiel wird das 85. Perzentil als Grenze für Übergewicht und das 95. Perzentil für Adipositas herangezogen (Cole et al., 2000). Wabitsch (2000) schreibt, dass die European Childhood Obesity Group (ECOG) 1996 beschlossen hat, die relativen, altersabhängigen BMI-Perzentile als Kriterium für die Definition von Fettleibigkeit in der Kindheit zu verwenden. Hier wurden als Grenzwert für Übergewicht das 90. Perzentil und für Adipositas das 97. Perzentil vorgeschlagen. Diese Grenzwerte werden auch von Kromeyer-Hauschild et al. (2001) angeführt und für die vorliegende Studie verwendet.

Cole, Flegal, Nicholls und Jackson (2007) sehen Adipositas und Untergewicht als gegensätzliche Extreme. Untergewicht kann jedoch nicht so wie Übergewicht anhand der Grenzwerte für Erwachsene ermittelt werden, da Untergewicht bei einem Kind nicht dem bei einem Erwachsenen entspricht. Die WHO beschreibt zum Beispiel drei Grade von Dünnheit – Grad eins entspricht einem BMI unter $18,5 \text{ kg/m}^2$, Grad zwei einem BMI unter 17 kg/m^2 und Grad drei einem BMI unter 16 kg/m^2 . Die Studie von Cole et al. (2007) empfiehlt einen BMI von 17 kg/m^2 mit 18 Jahren als guten Basisgrenzwert für die internationale Definition von Untergewicht, da dieser auch -2 Standardabweichungen vom Mittel entspricht. Analog zu den Grenzwerten für Übergewicht und Adipositas empfehlen Kromeyer-Hauschild et al. (2001) das 10. Perzentil als Beurteilung für Untergewicht und das 3. Perzentil für ausgeprägtes Untergewicht.

1.3 Körperzusammensetzung in der Pubertät

Kirchengast und Angelika (2003) beschreiben, dass in der Pubertät sowohl hormonelle und körperliche Veränderungen auftreten als auch Veränderungen der Körperzusammensetzung und der –proportionen eintreten. Östrogen begünstigt die Einlagerung von subcutanem Fett, was die Unterschiede der Körperfettverteilung beeinflusst (Cooke & Naaz, 2004). Buben vor der Pubertät sind kleiner, haben eine höhere Waist-to-Hip-Ratio (WHR), einen höheren Anteil an Körperfett und weniger fettfreie Masse als Buben in der Pubertät. Mädchen in der Pubertät sind größer, schwerer und haben einen höheren Anteil an Fettmasse und eine niedrigere WHR als präpubertär. Die Studie von Kirchengast (2008) zeigt, dass ein Sexualdimorphismus der Körperfettverteilung schon präpubertär feststellbar ist. Mit zunehmendem Alter steigt jedoch auch der Unterschied der Körperzusammensetzung zwischen den Geschlechtern. Bei Mädchen ist der Anteil an Körperfett in jeder Altersstufe höher, der größte relative Wert wurde mit einem Alter von 10 Jahren festgestellt, also kurz vor der Pubertät. Bei Buben ist die fettfreie Masse in den meisten Altersstufen signifikant höher als bei Mädchen. Nach Singh (2002) ist auch die Verteilung des vorhandenen Fettes vom Geschlecht abhängig. Bei Frauen liegt das Fett vor allem im unteren Bereich des Körpers (Gesäß, Oberschenkel), bei Männern eher im oberen (Bauch). Dies ist durch die WHR quantifizierbar – bei gesunden Männern ist sie höher (0,85-0,90) als bei Frauen (0,67-0,80).

Der Eintritt der Pubertät ist von der Körperzusammensetzung beziehungsweise vom Gewicht abhängig. Es wurde festgestellt, dass bei übergewichtigen Personen vermehrt Östrogene gebildet werden. Diese entstehen durch die Umwandlung von Androgenen, was durch das Enzym Aromatase begünstigt wird, das unter anderem im Fettgewebe vorhanden ist (zusammengefasst in Siiteri, 1987; Turgeon, Carr, Maki, Mendelsohn & Wise, 2006). Kirchengast und Angelika (2003) beschrieben, dass bei übergewichtigen Mädchen die Menarche früher eintritt als bei normalgewichtigen. Bei Buben zeigt sich, dass bei jenen, die mit ihrem Gewicht über dem Normbereich liegen, der Stimmbruch später eintritt als bei normalgewichtigen. Der Unterschied des Pubertätsbeginns in Abhängigkeit vom Ernährungsstatus ist bei Buben nicht so stark ausgeprägt wie bei Mädchen, bei beiden wird er jedoch durch den erhöhten Level an Östrogen beeinflusst – bei Mädchen positiv und bei Buben negativ. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Klein et al. (1998). In ihrer Studie erreichten übergewichtige Kinder die gleichen Östrogenlevel und auch das gleiche Knochenalter früher als normalgewichtige Kinder.

1.4 BMI und Gesichtsform

Es gibt nur wenige Studien, die sich mit den Veränderungen der Gesichtsform in Abhängigkeit des BMI beschäftigen. Ferrario, Dellavia, Tartaglia, Turci und Sforza (2004) zum Beispiel analysierten die Gesichtsform von übergewichtigen Jugendlichen zwischen 13 und 17 Jahren. Dazu wurden 50 Landmarks dreidimensional digitalisiert und daraus Gesichtsdimensionen berechnet, die dann mit einer Referenzgruppe verglichen wurden. Es zeigte sich, dass alle Variablen bei den übergewichtigen Jugendlichen größer waren, sich jedoch nicht alle signifikant veränderten. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei Buben bei der Breite der Mandibel (bei Übergewicht breiter), bei der Höhe des Obergesichtes und bei der Breite des Mundes (beide bei Übergewichtigen kleiner). Diese Veränderungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Bei Mädchen mit einem hohen BMI waren die Schädelbreite, die Mandibelbreite, die Höhe des Untergesichts und die Tiefe der Mandibel größer als bei normalgewichtigen. Die Stirn war eher kleiner, auch das gesamte Gesicht war vertikal kürzer (nicht signifikant). Insgesamt gesehen zeigte die Studie von Ferrario et al. (2004), dass die Gesichter bei übergewichtigen Jugendlichen breiter und tiefer, aber vertikal kürzer sind und die Gesichtsdimensionen sich generell erhöhen.

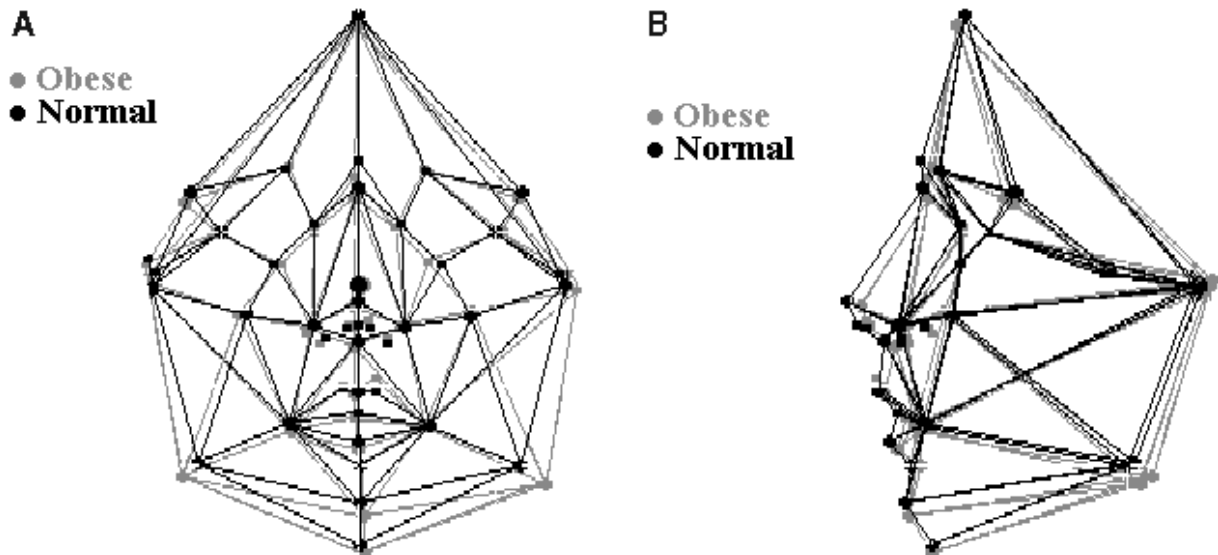


Abbildung 3: Ergebnisse der Studie von Ferrario et al. (2004) für den Unterschied der Weichgewebedimensionen bei übergewichtigen (grau) und normalgewichtigen (schwarz) Buben

Ähnliche Ergebnisse zeigten auch die Studien von Öhrn et al. (2002) und Sadeghianrizi, Forsberg, Marcus und Dahllöf (2005). Bei beiden wurden laterale Schädelröntgen von übergewichtigen Jugendlichen anhand von Referenzpunkten und -distanzen analysiert. Bei Sadeghianrizi et al. (2005) wiesen die Mandibel und die Maxilla

im Vergleich zu normalgewichtigen Jugendlichen höhere Dimensionen auf. Der Kiefer speziell, aber auch die anderen craniofacialen Dimensionen waren bei übergewichtigen Personen relativ größer. Öhrn et al. (2002) fanden ebenfalls heraus, dass bei übergewichtigen Jugendlichen zwischen 14 und 16 Jahren die Mandibel länger ist und das Kinn weiter vorsteht (Prognathismus).

De Greef, Vandermeulen und Claes (2009) untersuchten den Einfluss von Geschlecht, Alter und BMI auf die Weichgewebedicken im Gesicht. Dazu wurden 52 Landmarks mittels Ultraschall vermessen. Es zeigte sich, dass das Gewebe das sich mit dem BMI verändert, an allen Messpunkten positive Änderungen aufweist, also dicker wird. Im Gegensatz dazu zeigen jene Gewebemesspunkte, die sich mit dem Alter oder dem Geschlecht verändern, unterschiedliche Reaktionen - manche werden dicker, andere dünner. Die Oberlippe und die Nasenregion zeigten keinen Zusammenhang mit dem BMI, die Kinn-, Mandibel- und Wangenregion werden hingegen stark durch den BMI beeinflusst. Insgesamt hat der BMI weitaus mehr Einfluss auf die Weichgewebedicke im Gesicht als das Geschlecht oder das Alter. Eine andere Publikation von De Greef et al. (2006) zeigt, dass das Weichgewebe im Bereich der Wangen unabhängig vom Alter mit zunehmendem BMI dicker wird. In verschiedenen Altersstufen mit gleichem BMI gibt es hier keine Unterschiede in der Dicke. Es wurde außerdem herausgefunden, dass der BMI bei Männern einen stärkeren Einfluss auf das Weichgewebe im Gesicht hat als bei Frauen.

Starbuck und Ward (2007) fanden anhand von rekonstruierten Gesichtern heraus, dass der Unterschied zwischen dünnen, normalgewichtigen und übergewichtigen Gesichtern vor allem in der Größe liegt, die morphologischen Muster sind sich jedoch sehr ähnlich (dick und normalgewichtig korrelieren stärker als dünn und normalgewichtig). Die Regionen um die Augen, die Ohren und die Nase verändert sich mit dem BMI kaum. Dünne Gesichter sind kleiner oder gleich groß im Vergleich zu normalgewichtigen, dicke sind gleich groß oder größer. Obwohl die Muster sehr stark korrelieren, werden Gesichter, die sich nur in ihrer Weichgewebedicke (dünn, normalgewichtig, dick) unterscheiden, bei denen jedoch die Position von Augen, Nase und Ohren gleich bleibt, als unterschiedliche Personen wahrgenommen.

1.5 Wahrnehmung des BMI im Gesicht

Die Attraktivität eines Gesichtes hängt von mehreren Faktoren ab. Thornhill und Gangestad (1999) fassen in ihrem Artikel zusammen, dass sie stark mit Symmetrie, Durchschnittlichkeit und den geschlechtsspezifischen Merkmalen assoziiert wird. Das Gewicht, das auch im Gesicht wahrgenommen werden kann, spielt eine bedeutende Rolle in der Einschätzung von Attraktivität (Coetzee, Perrett & Stephen, 2009).

Die Studie von Coetzee et al. (2009) zeigt, dass der BMI nur anhand des Gesichtes einer Person wahrgenommen werden kann (Abbildung 4). Diese Untersuchung wurde mittels Bewertungen von Gesichtsfotos durchgeführt, wobei zusätzlich auch nach der Einschätzung von Attraktivität und Gesundheit gefragt wurde. Hierbei zeigte sich, dass jene Personen, deren Gesicht im mittleren Bereich der wahrgenommenen Gewichtsgruppe (*facial adiposity*) bewertet wurde, auch am attraktivsten und am gesündesten eingeschätzt wurden. Gesichter, bei denen ein zu hoher oder zu niedriger Fettanteil angenommen wurde, wurden sowohl als ungesünder als auch als weniger attraktiv bewertet. Eine weitere Studie von Coetzee, Re, Perrett, Tiddeman und Xiao (2011) untersuchte anhand von 3D-Gesichtern, ob das attraktivste Gesicht auch gleichzeitig am gesündesten eingeschätzt wird. Es zeigte sich, dass Frauen ein niedrigeres Maß an Fett im Gesicht für ihre Einschätzung der Attraktivität bevorzugen als für die Gesundheitseinschätzung. Männer hingegen bewerten Attraktivität und Gesundheit in einem ähnlichen BMI-Bereich. Auch die Studie von Thornhill und Grammer (1999) zeigte, dass die Attraktivitätsbewertung negativ mit dem BMI korreliert. Allerdings war dieses Ergebnis für das Gesicht nicht signifikant, sondern nur für die Bewertung des Körpers.

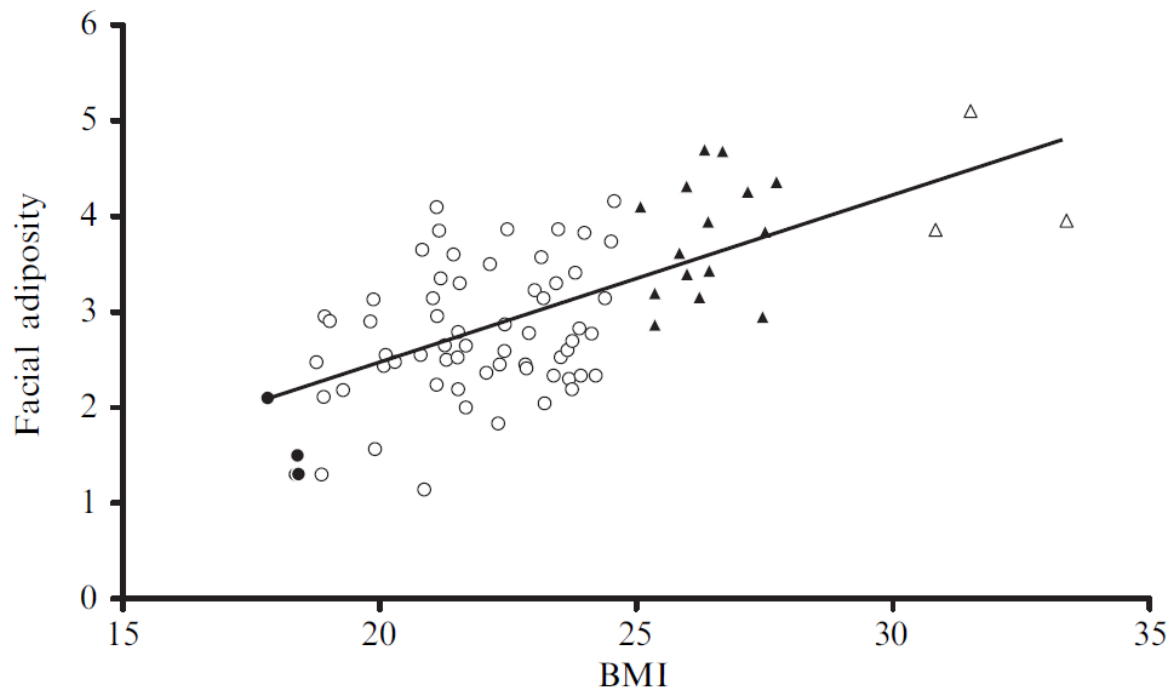


Abbildung 4: Der BMI kann nur anhand des Gesichts gut eingeschätzt werden. Das im Gesicht wahrgenommene Gewicht korreliert positiv mit dem BMI. (aus Coetzee et al., 2009)

Nicht nur die Attraktivität und die Gesundheit werden in einem Gesicht wahrgenommen, auch die Alterseinschätzung spielt eine wichtige Rolle, da sie sich auf die sozialen Interaktionen auswirkt. Eine Person zum Beispiel, die jünger aussieht, wird von ihren Mitmenschen anders behandelt als eine älter wirkende Person. Sie wird möglicherweise als schwächer oder unerfahrener eingestuft und dementsprechend auch eher unterstützend behandelt. Einer Person hingegen, die älter und reifer wirkt – auch wenn sie vielleicht gleich alt ist wie die jung wirkende Person –, wird mehr zugetraut und es wird auch mehr Kompetenz von ihr erwartet (Montepare & Zebrowitz, 1998).

Ein dickes Gesicht hat viel subcutanes Fettgewebe in den Lippen und Wangen. Dadurch wird einerseits die Haut geglättet, andererseits ähnelt es auch einem Kindergesicht, das ebenfalls in diesen Regionen Fettpolster aufweist. Auch der brachycephale Gesichtstyp (breites, kurzes Gesicht) trägt dazu bei, dass ein dickes Gesicht oft jünger wirkt als es vielleicht ist (Enlow & Hans, 1996; Wilkinson, 2004).

1.6 Gesichtswachstum

Nach Baughan, Demirjian, Levesque und Lapalme-Chaput (1979), die das Wachstum von Mädchen anhand einer longitudinalen Studie untersuchten, gibt es unterschiedliche Wachstumsmuster. Der Schädel zum Beispiel hat mit sechs Jahren schon 90% der

Erwachsenengröße und weist keinen Wachstumsschub während der Pubertät auf. Die Gesichtsknochen (Maxilla und Mandibel) sind im Alter von sechs Jahren knapp über 80% gewachsen. Hier gibt es einen pubertären Wachstumsschub, der jedoch geringer ist als der der Langknochen, die am meisten wachsen, da sie mit sechs Jahren etwa 70% der Erwachsenengröße erreicht haben.

Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004) beschreiben die Gesichtsform eines Kindes als relativ breit und vertikal kurz, da das Neurocranium früher wächst als die Gesichtsknochen. Daher ist auch der Kopf eines Kindes im Vergleich zu dem eines Erwachsenen relativ zum Körper groß. Diese kurze, runde Gesichtsform wird als brachycephal bezeichnet. Insgesamt gesehen sind nach Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004) die Merkmale eines Kindergesichts neben der kleinen, runden Stupsnase eine niedrige Nasenbrücke, ein konkaves Nasenprofil, eine gewölbte, aufrechte Stirn, ein flaches Gesicht und groß erscheinende, weit auseinander stehende Augen. Die Wangen erscheinen aufgrund der buccalen und labialen Fetteinlagerungen prominent, der Mund ist eher klein und die relativ kleine, breite Mandibel ist nach hinten versetzt. Das Gesicht eines Erwachsenen kann sich im Vergleich zu seinem Kindergesicht sehr stark verändern. Alle Strukturen im Gesicht wachsen, jedoch in einem unterschiedlichen Ausmaß, wodurch sich auch die Proportionen ändern (Abbildung 5).

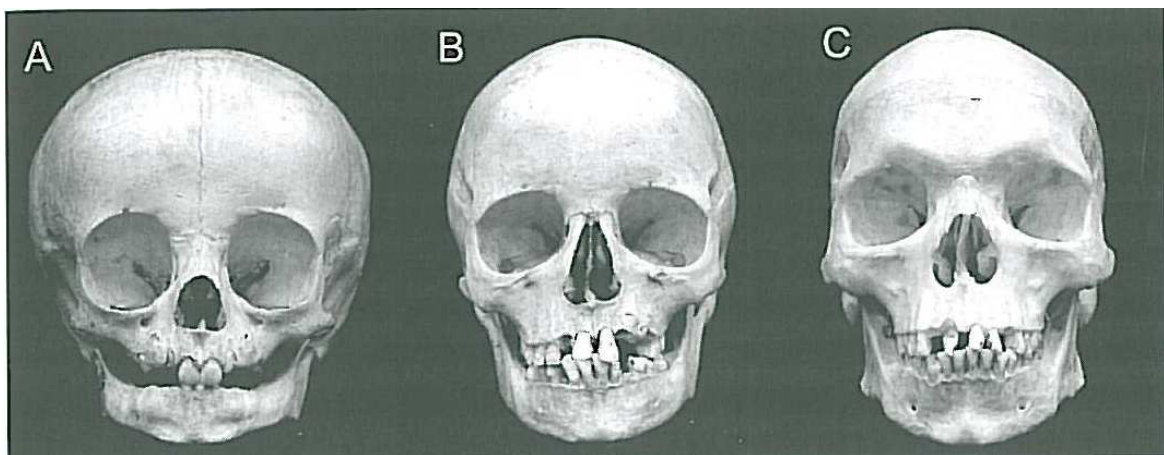


Abbildung 5: Veränderungen des Schädels während des Wachstums. A zeigt den Schädel eines neun Monate alten Kindes, B den Schädel eines neun bis zehn jährigen Kindes und C den eines erwachsenen Mannes. (aus Wilkinson, 2004)

In einem erwachsenen Gesicht erscheinen die Augen wegen der größeren Nase proportional kleiner und näher zusammen, die Stirn ist abfallender, das Gesicht wird aufgrund des vertikalen Wachstums schmaler. Das Mittelgesicht wächst nach vorne, das Gesicht eines Erwachsenen wirkt dadurch tiefer. Mit zunehmender Kaumuskulatur

entwickelt sich auch die Mandibel, das Kinn wird immer prominenter und der Unterkiefer wird quadratischer. Diese Veränderungen vom Kinder- zum Erwachsenengesicht passieren sowohl bei Buben als auch bei Mädchen, jedoch aufgrund des Sexualdimorphismus in unterschiedlichem Ausmaß. Der jugendliche Wachstumsschub führt zum Beispiel bei Buben zu einem verstärkten Mandibelwachstum und auch die Nase wird größer und prominenter als bei Mädchen (Enlow & Hans, 1996; Wilkinson, 2004).

Morphologische Veränderungen im Gesicht kommen außerdem durch die unterschiedliche Fettverteilung zustande. Nach Donofrio (2000) befinden sich in der Kindheit die Fettpolster vor allem in den Wangen, submental und im Bereich der unteren Backen, während des Wachstums verändert sich diese Verteilung. Die Weichgewebeverteilung in einem Kindergesicht führt zu volleren Wangen und einer geraderen Kinnlinie (Wilkinson, 2004).

Bei Mädchen ist das Wachstum des Weichgewebes im Gesicht mit etwa 14 bis 15 Jahren abgeschlossen, bei Buben jedoch findet in diesem Alter noch starkes Wachstum statt (Ferrario, Sforza, Poggio & Schmitz, 1998; Nanda, Meng, Kapila & Goorhuis, 1989). Nanda et al. (1989) beschrieben außerdem, dass es bei Mädchen keinen Wachstumsschub in der Kindheit gibt, bei Buben findet jedoch ein prä-, peri- und postpubertärer Wachstumsschub statt.

Auch nach der Pubertät kommt es zu weiteren Veränderungen der Gesichtsknochen. Die Studie von Love, Murray und Mamandras (1990) zeigte, dass bei Buben auch noch nach der Pubertät craniofaciales Wachstum stattfindet. Die Mandibel wächst zwischen 16 und 18 Jahren mehr als zwischen 18 und 20 Jahren, die Maxilla weist ein konstantes Wachstum in beiden Altersabschnitten auf. Foley und Mamandras (1992) zeigten, dass auch bei Mädchen postpubertär die Mandibel fast doppelt so viel wächst wie die Maxilla. Das postpubertäre Wachstum ist bei Mädchen jedoch geringer als bei Buben.

1.7 Sexualdimorphismus des Gesichts

Das Geschlecht eines Menschen kann an seinem Gesicht gut erkannt werden, auch wenn Haare, Kleidung, Gesichtsbehaarung oder Schmuck fehlen. Die Information muss also in den Gesichtszügen versteckt sein (Burton, Bruce & Dench, 1993). Das Gesicht von Mädchen und Buben ist vor der Pubertät sehr ähnlich, erst während der Pubertät beginnt sich der Sexualdimorphismus auszubilden.

Enlow und Hans (1996) und auch Wilkinson (2004) beschreiben den Sexualdimorphismus im Gesicht wie folgt: Männer haben insgesamt ein größeres Gesicht, was mit der Gesamtkörpergröße zusammen hängt und auch mit den größeren Lungen. Die Nase ist daher proportional größer, länger, breiter und hervorstehender, die Nasenbrücke ist breiter und die Nasenflügel größer und weiter als bei Frauen. Eine weibliche Nase wird nach unten hin eher konkav, die rundere Nasenspitze zeigt tendenziell nach oben. Im Gegensatz dazu ist eine männliche Nase eher konvex mit einer Tendenz nach oben. Bei Männern bewirkt die abfallende, vorstehende Stirn mit der protrusiven Supraorbitalregion und der ausgeprägten Glabellaregion, dass die Augen nach hinten versetzt scheinen und das Gesicht tiefer wirkt. Die eher aufrechte Stirn eines weiblichen Gesichts und die vorne liegenden Augen lassen die Wangenknochen hervorstehender erscheinen. Das Gesicht wirkt dadurch insgesamt flacher, graziler und proportional breiter und kann eher dem brachycephalen Typ zugeordnet werden. Männer haben eher ein dolichocephales Gesicht, das länger und tiefer ist. Die größere, dickere und höhere Mandibel mit dem breiten Ramus bewirkt das gröbere, quadratischere Untergesicht bei einem männlichen Gesicht.

Burton et al. (1993) fanden bei der Vermessung von weiblichen und männlichen Gesichtern außerdem heraus, dass die Augenbrauendicke, die Mundbreite, der Abstand zwischen Augen und Brauen und der Abstand zwischen den Augenbrauen bei Männern größer ist als bei Frauen. Die Wangen sind bei weiblichen Gesichtern wegen der Fetteinlagerung breiter, bei männlichen aber länger. Überlappungen der Merkmalsausprägungen sind bei beiden Geschlechtern vorhanden. Van de Ven (2008) fasst in seinem Artikel zusammen, dass die Augenbrauen bei Frauen cranialer, gebogener und dünner sind, bei Männern sind sie eher gerade und dicker. Der starke M. masseter lässt ein männliches Gesicht quadratisch und das Kinn breiter erscheinen. Die Oberlippe ist bei Frauen kürzer, die Schleimhaut jedoch voller, es ist also mehr vom Lippenrot zu sehen als bei Männern.

Das unterschiedliche Gesichtswachstum von Männern und Frauen passiert vor allem während der Pubertät und wird durch die Sexualhormone gesteuert. Bei Männern bewirkt der hohe Level an Testosteron das laterale Wachstum der Wangenknochen, der Mandibel und des Kinns. Östrogen verhindert bei Frauen ein zu starkes Wachstum der genannten typisch männlichen Strukturen. Außerdem bewirkt es nicht nur eine Einlagerung von Fettgewebe in Oberschenkel, Gesäß und Brüste, sondern auch in die Lippen und den oberen Wangenbereich. Bei Frauen ist also das Untergesicht eher klein,

die Lippen jedoch groß und die Wangen prominent (Symons, 1995 zitiert in Thornhill & Gangestad, 1999; Thornhill & Grammer, 1999; Thornhill & Moller, 1997).

1.8 Hypothesen

Anhand der genannten Literatur wird für die vorliegende Studie erwartet, dass der BMI einen Einfluss auf die Gesichtsform bei Jugendlichen hat. Es wird angenommen, dass sich das Gesicht mit steigendem BMI vor allem im Bereich der Wangen, des Kinns und des Kiefers von dem normalgewichtiger Jugendlicher unterscheidet. Weniger Beeinträchtigung durch einen höheren BMI wird im Bereich der Nase erwartet. Gegenteilige Beobachtungen sind für untergewichtige Jugendliche wahrscheinlich.

Da sich während der Pubertät der Sexualdimorphismus im Gesicht entwickelt, werden die Analysen für beide Geschlechter getrennt durchgeführt. Zusätzlich können die Muster der Gestaltveränderung mit dem Alter und zwischen Buben und Mädchen mit jenem durch BMI-Veränderungen entstehenden Muster verglichen werden.

2 Material und Methode

2.1 Datenaufnahme

2.1.1 Versuchsteilnehmer

Nach Bewilligung der vorliegenden Studie durch den Stadtschulrat Wien (siehe Anhang A) konnte die Datenaufnahme von Dezember 2010 bis Februar 2011 an zwei Wiener Schulen durchgeführt werden. Einige Klassen der Gymnasien GRg XII Erlgasse 32-34 und GRg II Kleine Sperlgasse 2c wurden in einem kurzen Vortrag über die Studie informiert und gebeten, ihren Eltern das Informationsblatt (siehe Anhang B) zu zeigen und bei Interesse eine unterschriebene Einverständniserklärung (siehe Anhang C) abzugeben. Insgesamt nahmen 93 Schüler (31 Buben und 62 Mädchen) im Alter zwischen 10 und 20 Jahren an der Datenaufnahme teil. Zusätzlich konnten die Daten von drei Kindern (2 Buben und 1 Mädchen) aus einer früheren Studie verwendet werden.

In die Analyse konnten 77 der 96 Schüler (27 Buben und 50 Mädchen) mit einbezogen werden. Als Einschlusskriterium galt zum einen aufgrund der ethnischen Unterschiede des Gesichtes das Herkunftsland der Eltern. Schüler mit beiden ($n = 48$) oder zumindest einem Elternteil ($n = 13$) aus Österreich wurden in die Studie eingeschlossen. Auch die Daten der Kinder mit mittel- oder südosteuropäischer Abstammung (Bosnien, Bulgarien, Kosovo, Kroatien, Makedonien, Polen, Serbien) wurden in die Auswertungen inkludiert ($n = 16$). Weiters wurden jene Schüler aus der Analyse ausgeschlossen, deren Fotos nicht den standardisierten Anforderungen (Kapitel 2.1.4) entsprachen ($n = 1$).

2.1.2 Material

Im Rahmen der Datenaufnahme wurden sowohl anthropometrische Messungen als auch Fotoaufnahmen durchgeführt. Die Körperhöhe der Schüler wurde mit Hilfe eines Anthropometers gemessen. Das Körpergewicht, der Fettanteil und der BMI konnten mittels einer Körperfettwaage (Tanita TBF 105) ermittelt werden. Eine elektronische Schublehre, die die Messungen direkt in eine Excel-Tabelle auf einem Netbook übertrug, wurde für die Messung der Längen von Zeige- und Ringfinger herangezogen. Für die Taillen- und Hüftumfangsmessungen wurde ein Maßband verwendet.

Die Fotos der Versuchsteilnehmer wurden mittels einer digitalen Spiegelreflexkamera Canon EOS 40D mit einem 200 mm Objektiv, einer Blende und

einem Profiblitz aufgenommen. Ein externer Auslöser wurde verwendet, um Erschütterungen während des Fotografierens zu vermeiden. Das Stativ (Manfrotto) konnte mit Hilfe von angebrachten Wasserwaagen eingerichtet, gedreht und anhand einer Kurbel in seiner Höhe verstellt werden. Für die Standardisierung der Fotos stand außerdem ein hellgrauer Hintergrund aus Stoff (Walimex) hinter dem Sessel, auf dem die Kinder während der Fotoaufnahme saßen.

Für die Datenaufnahme wurden zwei Datenblätter erstellt, Datenblatt A für die männlichen und Datenblatt B für die weiblichen Schüler (siehe Anhang D und E). Hier sollten von den Schülern sowohl ihr Geburtsdatum und das Herkunftsland der Eltern eingetragen werden als auch die Händigkeit und Verletzungen der Finger oder des Gesichtes (zum Beispiel Geburtskomplikationen, Zahnsperre) wurden erfragt. Zusätzlich wurde nach der Einnahme von Hormonpräparaten gefragt und im Datenblatt für die Mädchen wurde um Angabe des Zeitpunktes der ersten Regel gebeten.

2.1.3 Ablauf der Datenaufnahme

Die Schüler kamen jeweils zu zweit in den Raum, der von der jeweiligen Schule zur Datenaufnahme zur Verfügung gestellt wurde. Zuerst wurden sie gebeten, die Schuhe auszuziehen, um die Körperhöhe messen zu können. Dafür stellte sich die Person mit dem Rücken gerade zu einer Wand ohne die Fersen vom Boden abzuheben. Mit dem Anthropometer wurde die Körperhöhe von der Seite vom Boden bis zum Vertex in Zentimeter, auf eine Kommastelle genau, gemessen und notiert. Danach wurden der Taillen- und der Hüftumfang ebenfalls in Zentimetern auf eine Kommastelle genau ermittelt. Als Taille wurde die schmalste Stelle des Oberkörpers definiert (unterhalb der Rippen) und der Umfang der Hüfte wurde an der breitesten Stelle gemessen (Gesäß). Die Längen von Zeige- und Ringfinger beider Hände wurden anschließend mittels Schublehre ermittelt. Als Messpunkte wurden hier die unterste Beugefalte und die Fingerspitze herangezogen. Die Längen wurden in Millimeter, auf zwei Kommastellen genau, notiert. Die Fingerlängenmessungen standen nicht in Zusammenhang mit dieser Studie, wurden jedoch für andere Untersuchungen mit den gleichen Daten herangezogen. Um Messfehler zu vermeiden wurden alle bisher genannten Messungen von zwei Versuchsleiterinnen hintereinander durchgeführt, für die Analysen wurden dann die Mittelwerte herangezogen. Anschließend wurden die Schüler gebeten, ihre Socken auszuziehen und sich auf die Körperfettwaage zu stellen. Sie wurden nach dem Geburtsdatum gefragt, das auf dem

Datenblatt notiert wurde, da das Alter auf der Waage eingegeben werden muss. Hatte jemand eine Strumpfhose an, wurde die Messung mit dieser durchgeführt.

Nachdem alle Vermessungen durchgeführt worden waren, wurde einer der beiden Schüler, die sich gleichzeitig im Raum der Datenaufnahme befanden, gebeten, das Datenblatt fertig auszufüllen (Herkunftsland der Eltern, Verletzungen des Gesichtes, Zahnsperre etc.) und verdeckt in eine Schachtel zu geben. Dies diente zusätzlich dazu, den Mitschüler nicht zu irritieren, da währenddessen die standardisierten Gesichtsfotos des anderen Versuchsteilnehmers aufgenommen wurden (siehe Kapitel 2.1.4). Nach einem Tausch war die Datenaufnahme abgeschlossen und die Schüler konnten wieder in ihre Klassen gehen.

Als Zusatz wurden bei Buben als Merkmale der Pubertät notiert, ob ein Bartschatten sichtbar war oder nicht und ob sie vor, im oder nach dem Stimmbruch waren. Bei Mädchen wurde hierfür das Brustwachstum herangezogen, das durch die Kleidung wahrgenommen werden konnte. Diese Daten wurden für die weitere Analyse jedoch nicht verwendet.

2.1.4 Ablauf der Fotoaufnahmen

Da für die Analyse alle Gesichter gleich aufgenommen werden müssen, wurde die Aufnahme der Fotos standardisiert durchgeführt. Zu Beginn jeden Tages einer Datenaufnahme wurde die Kamera mittels der Wasserwaagen am Stativ gerade eingerichtet und im Abstand von 3,55m ein Sessel vor den Fotohintergrund platziert. Der Abstand wurde von der Sesselmitte bis zum vordersten Rand des ausgefahrenen Objektivs gemessen und mittels Klebeband am Boden markiert. Die Abmessung konnte dann für die nächsten Tage wieder verwendet werden und blieb somit gleich. Bevor die Datenaufnahme mit den Schülern begann, wurde ein Foto für den Weißabgleich gemacht, indem eine der Versuchsleiterinnen sich ein weißes Papier vor das Gesicht hielt und auf dem Fotosessel Platz nahm. Zusätzlich wurde ein Foto mit einem Lineal, das neben die Schläfe gehalten wurde, aufgenommen, um die Abmessungen des Gesichtes (zum Beispiel Distanzen) auf den Fotografien bestimmen zu können.

Während der Datenaufnahme wurde darauf geachtet, dass die Haare der Schüler nicht ins Gesicht hingen oder die Ohren verdeckten. Hierfür wurden Haarreifen und Spangen zur Verfügung gestellt oder mit Hilfe von Wasser die Stirnfransen aus dem Gesicht gebracht. Danach wurde ein Foto mit einer Tafel aufgenommen, auf der die

Nummer der Versuchsperson gut lesbar war, damit die anonymen Gesichtsfotos den restlichen Daten zugeordnet werden konnten. Der Schüler wurde gebeten sich aufrecht in die Mitte des Sessels zu setzen und geradeaus zur Kamera zu schauen. Der Gesichtsausdruck sollte während des Fotografierens möglichst neutral bleiben, das heißt die Schüler sollten nicht lächeln. Es wurde darauf geachtet, dass die Augen offen und der Mund geschlossen waren.

Zuerst wurden einige Fotos von frontal gemacht. Der Fokus der Kamera lag hierbei genau auf der Nasenwurzel und der Kopf der Schüler wurde in der Frankfurter Horizontalen eingerichtet. Das bedeutet, dass der Unterrand der Orbita und der obere Rand des äußeren Gehörganges (Porion) auf einer horizontalen Linie liegen sollten (Abbildung 6), das Kinn durfte also weder zu hoch gehalten noch zu tief abgesenkt werden. Auch eine Rotation in eine Richtung oder ein Kippen des Kopfes sollten vermieden werden. Aus diesem Grund wurden mehrere Fotos von frontal aufgenommen und die Kopfposition häufiger korrigiert. Für die Analyse wurde dann das Beste der gemachten Fotos ausgewählt.

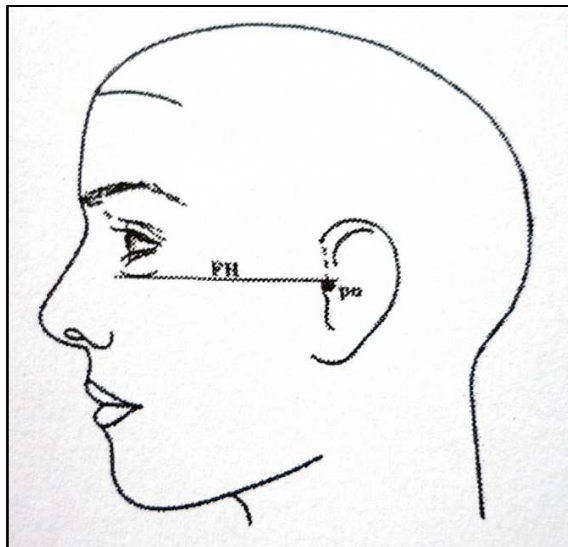


Abbildung 6: Frankfurter Horizontale
(aus Farkas, 1994)

Anschließend wurde der Schüler gebeten, sich auf dem Sessel um 90 Grad nach rechts zu drehen und geradeaus auf ein an der Wand angebrachtes Klebeband zu schauen. Es wurden dann einige Fotos von lateral gemacht, wobei erneut auf einen neutralen Gesichtsausdruck und die Kopfhaltung in der Frankfurter Horizontalen geachtet wurde. Der Fokus lag hierbei wieder in Höhe der Nasenwurzel knapp vor dem Auge. Die lateralen Gesichtsfotos wurden für die Analyse in dieser Studie nicht herangezogen, sind aber möglicherweise für weitere Untersuchungen von Bedeutung.

2.1.5 Vorbereitung der Daten für die Analyse

Es wurde ein SPSS-File erstellt, das alle Angaben aus den Datenblättern enthält. Bei den doppelt gemessenen anthropometrischen Merkmalen wie Körperhöhe, Hüft- und Taillenumfang wurde jeweils für jeden Versuchsteilnehmer der Mittelwert berechnet. Das Alter konnte aus der Differenz von Aufnahmedatum und Geburtsdatum in Jahren auf zwei Kommastellen genau ermittelt werden. Die WHR wurde errechnet, indem der Hüftumfang durch den Taillenumfang geteilt wurde.

Die für die Analyse wichtigsten Angaben waren der BMI und das Körperfett. Beides wurde von der Körperfettwaage angegeben, jedoch nur die hier ermittelten Messwerte für den Fettanteil wurden weiter verwendet. Der BMI wurde in SPSS neu berechnet, damit der genaue zuvor, errechnete Mittelwert der Körperhöhe verwendet werden konnte. Die Formel für die Berechnung lautet $\text{BMI} [\text{kg}/\text{m}^2] = \text{Körpergewicht} [\text{kg}] / \text{Körperhöhe} [\text{m}]^2$.

Für jeden Versuchsteilnehmer wurde dann ermittelt, auf welchem BMI-Perzentil er sich zum Zeitpunkt der Datenaufnahme befand. Die Berechnung wurde mit Hilfe der Homepage <http://www.mybmi.de/main.php> durchgeführt, wobei diese mit den Formeln und Perzentilen nach Kromeyer-Hauschild et al. (2001) arbeitet. Für jene Jugendlichen, die etwas älter als 18 Jahre waren, wurde das Perzentil für 18jährige verwendet, damit sie in die Analysen mit einbezogen werden konnten. Im weiteren Text wird diese Variable als BMI [Perzentile] bezeichnet.

Anhand dieser neu erstellten Variable konnte auch eine Einteilung in untergewichtig (unterhalb des 10. Perzentils), normalgewichtig (zwischen 10. und 90. Perzentil), übergewichtig (zwischen 90. und 97. Perzentil) und adipös (über dem 97. Perzentil) vorgenommen werden. Die Referenzwerte sind ebenfalls der oben genannten Studie entnommen.

Die Auswahl der Fotos, die für die weiteren Analysen verwendet werden konnten, wurde schon in Kapitel 2.1.1 beschrieben. Das SPSS-File mit allen erhobenen Daten und den neu berechneten Variablen wurde auf diese 77 Versuchsteilnehmer reduziert.

2.2 *Geometric Morphometrics*

2.2.1 Einführung

Adams, Rohlf und Slice (2004) bezeichnen die Analyse von Gestalt als einen fundamentalen Teil der biologischen Forschung. Bookstein (1991) definierte die Morphometrie als Erforschung von Gestaltunterschieden und ihrer Kovariation mit anderen Variablen. Die Gestalt ist die Information über ein Individuum, nachdem die Position, die Orientierung und die Größe entfernt wurden (Bookstein, Slice, Gunz & Mitteroecker, 2004). Die traditionelle Morphometrie verwendet meist lineare Distanzen (Längen, Breiten, Höhen), Verhältnisse und Winkel, um die Variationen von Gestalt zu berechnen. Die Größe des Organismus ist in den Messungen noch enthalten. Um die Gestalt mit einer anderen vergleichen zu können, muss daher eine häufig recht komplizierte Größenkorrektur vorgenommen werden. Auch die graphische Darstellung mittels linearer Distanzen kann oft schwierig sein, weil die geometrischen Beziehungen der anatomischen Punkte zueinander nicht eingefangen werden kann (Adams et al., 2004; Rohlf & Marcus, 1993; Slice, 2007).

In den 1980er Jahren begann eine Verschiebung hin zu neuen quantitativen Methoden, die die Geometrie von morphologischen Strukturen mittels kartesischen Koordinaten von anatomischen Punkten erfassen und die erhaltenen Informationen auch während der Analyse beibehalten können (Adams et al., 2004; Slice, 2007). Der Begriff der *Geometric Morphometrics* wurde für diese koordinatenbasierte Methode eingeführt. Klar definierte Landmarks und Punkte entlang von Kurven oder Außenlinien werden hierfür herangezogen (siehe Kapitel 2.2.4 und 2.2.5). So entstehen Rohdaten, die aus den x- und y-Koordinaten (im zweidimensionalen Raum) dieser gesetzten Landmarks bestehen. Die Informationen über die Position, die Orientierung und die Größe des Organismus sind jedoch noch in diesen Daten enthalten. Für einen Vergleich der Gestalt mit anderen Organismen müssen die genannten Informationen entfernt beziehungsweise standardisiert werden (Adams et al., 2004; Rohlf & Marcus, 1993; Slice, 2007).

2.2.2 *Procrustes Superimposition*

Slice (2007) beschreibt, dass es für die Standardisierung der Position, Orientierung und Größe unterschiedliche Methoden gibt, die Methode der *Procrustes Superimposition* ist jedoch die gängigste und auch für die vorliegende Studie relevant. Sie basiert auf der

Schätzung der kleinsten Quadrate und hat die Aufgabe die Rohdaten in Gestaltkoordinaten umzuwandeln, damit statistische Analysen zur Gestaltvariation möglich sind. Hinter der *Procrustes Superimposition* steckt die Idee, dass die Bilder von zwei oder mehr Individuen so überlappen, dass ihre korrespondierenden Landmarks so gut wie möglich zusammen passen (Rohlf & Marcus, 1993; Slice, 2007). Bei der GPA (*generalized Procrustes analysis*) wird eine Standardisierung von Position, Orientierung und Größe für alle Landmarkkonfigurationen in drei Schritten vorgenommen, die unter anderem von Adams et al. (2004), Mitteroecker und Gunz (2009) und Slice (2007) zusammenfassend beschrieben werden und in Abbildung 7 ersichtlich sind. Die mathematischen Formeln, die zur Berechnung der endgültigen Gestaltvariablen dienen, sind bei Gower (1975) nachzulesen.

Die genannten Autoren beschreiben den Vorgang der GPA wie folgt: Der erste Schritt ist die Translation, bei der die Schwerpunkte aller Konfigurationen übereinandergelegt werden, am besten auf den Ursprung des Koordinatensystems (0/0). Danach wird die Information über die Größe entfernt, indem durch die Größe dividiert wird und alle Konfigurationen auf die gleiche Einheitsgröße (*Centroid size*) gebracht werden. Die *Centroid size* ist die Wurzel der Summe der quadrierten Distanzen zwischen den Landmarks und ihrem Schwerpunkt und entspricht dem Skalierungsfaktor. Für Unterschiede in der Form, bei denen die Größe von Bedeutung ist, kann mit Hilfe des Skalierungsfaktors die ursprüngliche Größe wieder rekonstruiert werden. Der dritte Schritt der *Procrustes Superimposition* ist die Rotation. Bei zwei Landmarkkonfigurationen steht eine still, während die andere um ihren Schwerpunkt gedreht wird bis die Summe der quadrierten Distanzen zwischen den korrespondierenden Landmarks (quadrierte *Procrustes distance*) minimal ist. Wenn mehr als zwei Individuen in die Analyse mit einbezogen werden, ist die Rotation ein sich wiederholender Algorithmus. Sie wird in Abhängigkeit einer Durchschnittskonfiguration durchgeführt, das heißt eine Konfiguration (der Durchschnitt) steht still und alle anderen rotieren, bis die minimale quadrierte *Procrustes distance* erreicht ist. Dieser Schritt wird wiederholt bis alle Konfigurationen gleich und mit minimaler Distanz zwischen den homologen Landmarks orientiert sind (Gower, 1975; Mitteroecker & Gunz, 2009).

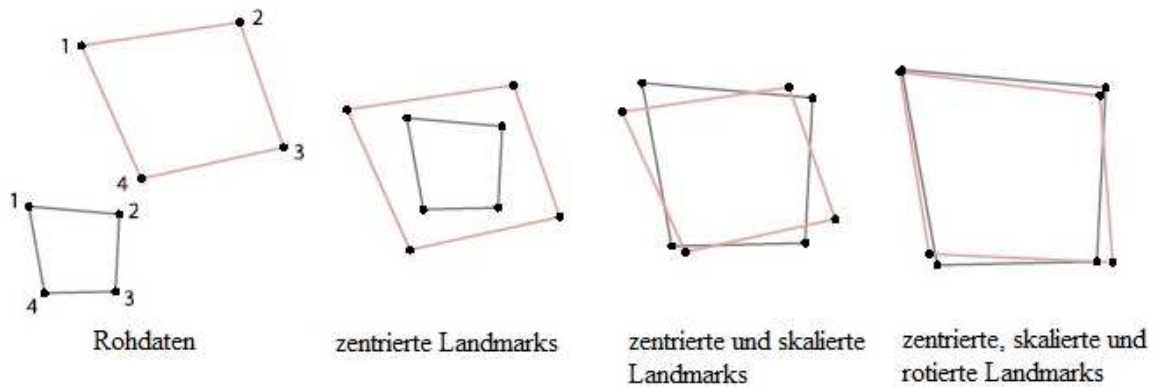


Abbildung 7: Die drei Schritte der *Procrustes superimposition*: Translation zu einem gemeinsamen Ursprung, Skalierung auf die einheitliche *Centroid size* und Rotation. (aus Mitteroecker & Gunz, 2009; frei übersetzt)

Dieser Prozess bringt also alle Landmarkkonfigurationen in ein gemeinsames Koordinatensystem, in dem Gestaltunterschiede erkennbar werden. Mit den nach der Translation, Skalierung und Rotation entstandenen Procrustes Gestaltvariablen können sämtliche statistischen Tests durchgeführt werden. Meist bezieht man sich dabei auf die Durchschnittsgestalt und analysiert die Variabilität der Stichprobe um diese herum (Slice, 2007). Der Durchschnitt ist dabei jene Gestalt, bei der die Summe der quadrierten Distanzen zu den anderen Gestalten minimal ist. Die individuellen Abweichungen vom Durchschnitt werden *Procrustes residuals* genannt. Die Ähnlichkeit beziehungsweise die Unterschiede in der Gestalt zwischen zwei Landmarkkonfigurationen wird durch die *Procrustes distance* (Wurzel der Summe der quadrierten Distanzen zwischen den korrespondierenden Landmarks) angegeben (Mitteroecker & Gunz, 2009).

2.2.3 Visualisierung

In den schon genannten Publikationen von Adams et al. (2004) und Slice (2007) wird außerdem beschrieben, dass die Ergebnisse der statistischen Analysen auch als Landmarkkonfigurationen des Individuums dargestellt werden können. Die Visualisierung mittels Deformationsgittern ist möglich, da die Geometrie der Gestalt während der gesamten Analyse erhalten bleibt. Es werden hierfür so genannte *Thin-Plate Splines* verwendet, die die Deformation einer Konfiguration von Landmarks zu einer anderen zeigen. Die Idee solcher Deformationsgitter benutzten schon Albrecht Dürer im 16. Jahrhundert und auch D’Arcy Thompson im Jahr 1917. Der Begriff *Thin-Plate Spline* wurde von Bookstein (1989) eingeführt und bezieht sich auf ein sehr dünnes Metallblatt,

das in Richtung der Gestaltunterschiede deformiert wird. Hierbei ist wichtig, dass die Beugeenergie (*bending energy*) minimal ist, also das *Thin-plate Spline* die Gestaltveränderungen mit der kleinsten möglichen Variation der Deformierung angleicht, das Gitter trotz Deformierungen also möglichst glatt bleibt (Bookstein, 1997; Mitteroecker & Gunz, 2009; Slice, 2007). Die Beugeenergie ist jene Energie, die benötigt wird, um die dünne Metallplatte so zu deformieren, dass die betroffenen Landmarks in die richtige Richtung verschoben werden (gehoben oder gesenkt) (Slice, Bookstein, Marcus & Rohlf, 2009). Gestaltunterschiede können mittels dieser Deformationsgitter beschrieben werden, da die Unterschiede der Landmarkpositionen eines Organismus relativ zur Position in einem anderen Organismus gezeigt werden (Rohlf & Marcus, 1993).

2.2.4 Landmarktypen

Bookstein (1991) beschreibt drei Haupttypen von Landmarks. Typ 1 Landmarks liegen an der Grenze zwischen unterschiedlichen Geweben. Hierbei sind Punkte inkludiert, an denen drei Strukturen aufeinander treffen, wie zum Beispiel die knöchernen Suturen unterhalb der Nasenbrücke. Typ 1 Landmarks sind im Gegensatz zu den anderen Typen immer eindeutig identifizierbar. Typ 2 Landmarks liegen an Kurvenmaxima, auf Spitzen oder in Wölbungen, zum Beispiel an Knochenvorsprüngen, an denen Muskeln ansetzen. Diese Punkte sind oft gut identifizierbar, aber nicht immer eindeutig. Typ 3 Landmarks liegen an Extrempunkten, das heißt „am weitesten entfernt von ...“ oder zwischen anderen Landmarks. Solche Punkte sind selten aussagekräftig als Landmarks und oft abhängig von der Orientierung des Objektes.

2.2.5 Semilandmarks

Nicht überall sind markante Punkte oder homologe Landmarks zu finden, durch fixe Landmarks allein kann daher nicht die gesamte Gestalt erfasst werden. Deshalb wurde die Methode der sliding Semilandmarks entwickelt. Entlang von Kurven oder Außenlinien werden Semilandmarks in gleichen Abständen gesetzt, die entlang dieser Linie rutschen dürfen bis der Gestaltunterschied zwischen den Konfigurationen so gut wie möglich minimiert ist (Adams et al., 2004; Mitteroecker & Gunz, 2009). Mitteroecker und Gunz (2009) und Slice (2007) fassen die zwei Möglichkeiten zusammen, die Semilandmarks entlang einer Kurve zu verschieben. Die Punkte können so weit entlang einer Tangente

rutschen, bis entweder die Beugeenergie des *Thin-plate Splines* oder die *Procrustes distance* minimiert ist. Nach dem Rutschen wird der Punkt wieder zurück auf die Kurve projiziert. Die Beugeenergie misst die Beugung oder die Abweichung des interpolierenden Raumes zwischen den Landmarks. Bookstein (1997) beschreibt, dass die Punkte hierbei von ihrer Startposition wegrutschen dürfen, hin zu Positionen, bei denen diese Beugeenergie minimal ist. Diese Methode wird vor allem verwendet, wenn die Visualisierung mittels *Thin-plate Spline* erfolgt, da dadurch die Deformationsgitter möglichst glatt bleiben. Die zweite Methode minimiert die *Procrustes distance*, also die Unterschiede, die nach der *Procrustes superimposition* bleiben, und ist genauso üblich (Slice, 2007). Die neuen Koordinaten der geslideten Punkte können dann gemeinsam mit den anderen Landmarkkoordinaten statistisch analysiert werden, Daten von Kurven können also mit fixen Landmarkdaten in einer Analyse kombiniert werden. So kann auch die Gestalt besser und als Gesamtes beschrieben werden (Adams et al., 2004; Bookstein, 1997).

2.3 Datenanalyse

2.3.1 Landmarkschema

Für die vorliegende Studie wurde das Landmarkschema von Kolar und Salter (1997) und Farkas (1994) verwendet, einige Definitionen wurden jedoch adaptiert. Das verwendete Schema ist in Abbildung 8 zu sehen und die Definitionen der Landmarks sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Im Programm *tpsDig2* (Rohlf, 2010) wurden die Landmarks in gleicher Reihenfolge auf die 77 ausgewählten Gesichtsfotos der Jugendlichen gesetzt. Von zwei Versuchsleiterinnen wurden zunächst 38 fixe Landmarks digitalisiert und die Kinnlinie und die Augenbrauen wurden als Kurven mit Punkten im gleichen Abstand gesetzt. Die Koordinaten aller Punkte wurden dann in ein File zusammengefügt, wobei die Informationen über die Kurven verloren gehen und insgesamt 73 Landmarks enthalten sind.

Ein Sliders-File wurde in *tpsUtil* (Rohlf, 2010) erstellt, in dem festgelegt wurde, welche Punkte als sliding Semilandmarks entlang der Kurve rutschen dürfen. Abbildung 8 zeigt alle 73 Landmarks, wobei die fixen Landmarks rot und die Semilandmarks gelb gefärbt sind. Im Programm *tpsRelw* (Rohlf, 2010) wurden dann die Semilandmarks mit der Methode der Minimierung der Beugeenergie verschoben (siehe Kapitel 2.2.5) und die dadurch entstandenen neuen Koordinaten gespeichert. Es wurde diese Methode gewählt, da

die Ergebnisse mittels *Thin-plate Spline* dargestellt werden sollten und zudem ein Vergleich der Ergebnisse beider Methoden (minimale Beugeenergie und minimale *Procrustes distance*) keine wesentlichen Unterschiede zeigte. Mit dem neu erstellten File, das sowohl die Koordinaten der fixen Landmarks als auch die der Semilandmarks nach dem Sliden enthält, wurden alle weiteren Analysen durchgeführt.



Abbildung 8: Landmarkschema mit fixen Landmarks (rot) und sliding Semilandmarks (gelb)

Tabelle 1: Definitionen der verwendeten Landmarks (nach Farkas, 1994 und Kolar & Salter, 1997; adaptiert und übersetzt)

Nr.	Landmarkname	Definition
1	Vertex	Höchster Punkt des Kopfes, wenn dieser in der Frankfurter Horizontalen (Farkas, 1994) orientiert ist
2	Trichion	Mittelpunkt der Haarlinie, liegt auf der Haarlinie in der Mitte der Stirn
3 / 13	Exocanthion	Äußerster Punkt der Lidspalte, wo die Lider aufeinander treffen, lateralster sichtbarer Punkt der Sclera

4 / 12	Oberster Punkt der Iris	Höchster sichtbarer Punkt der Iris
5 / 11	Endocanthion	Innerster Punkt der Lidspalte, wo die Lider aufeinander treffen
6 / 14	Unterster Punkt der Iris	Tiefster sichtbarer Punkt der Iris
7 / 15	Lateralster Punkt der Iris	Lateralster Punkt am Rand der Iris
8 / 16	Pupille	Mittelpunkt der Pupille
9 / 17	Medialster Punkt der Iris	Medialster Punkt am Rand der Iris
10 / 18	Medialster Punkt der Sclera	Punkt an der Grenze zwischen Caruncula und Plica semilunaris, zwischen Ober- und Unterlid
19 / 25	Ursprung der Nasenflügel	Seitlicher Punkt, an dem der Nasenflügel beginnt von der Nasenwurzel abzustehen
20 / 24	Alare	Erste lateralste Stelle, wenn man von unten die Kurve des Nasenflügels entlang zieht, lateralster Punkt des Nasenflügels
21 / 23	Columella apex	Höchster Punkt der Nasenlochbegrenzung
22	Subnasale	Mittelpunkt des Winkels, bei dem das Nasenseptum und die Oberlippe aufeinander treffen
26 / 32	Cheilion	Lateralster Punkt des Mundes, wo die Schleimhäute von Ober- und Unterlippe aufeinander treffen
27 / 31	Oberlippenpunkt	Punkt in der Mitte von Cheilion und Crista philtri am Rand des Lippenrots der Oberlippe
28 / 30	Crista philtri	Unterster Punkt am Grat des Philtrums, höchster Punkt des Lippenrots
29	Labrale superius	Mittelpunkt der oberen Lippenrotlinie, tiefster Punkt zwischen den Cristae philtri
33 / 35	Unterlippenpunkt	Punkt in der Mitte von Cheilion und Labrale inferius am Rand des Lippenrots der Unterlippe
34	Labrale inferius	Mittelpunkt des Lippenrots der Unterlippe
36 / 38	Lippenspaltenpunkt	Punkt auf der Lippenspalte in der Mitte von Cheilion und Stomion
37	Stomion	Mittelpunkt der Lippenspalte, Mitte zwischen Ober- und Unterlippe (bei geschlossenen Lippen)
39 / 57	Zygion	Lateralster Punkt des Jochbogens, Kurvenmaximum
40 – 47, 49 - 56	Kinnlinie	Jeweils 8 Punkte im gleichen Abstand voneinander (äquidistant) zwischen Zygion und Gnathion entlang der Kinnlinie
48	Gnathion	Am weitesten vorstehender Punkt des Kinns, Mitte des Unterkiefers am unteren Rand der Mandibula
58 / 70	Superciliare laterale	Lateralster Punkt der Augenbraue
59 – 61, 67 - 69	Oberer Augenbrauenrand	Jeweils 3 Punkte im gleichen Abstand voneinander (äquidistant) zwischen Superciliare laterale und mediale entlang des Oberrandes der Augenbraue
62 / 66	Superciliare mediale	Medialster Punkt der Augenbraue
63 – 65, 71 – 73	Unterer Augenbrauenrand	Jeweils 3 Punkte im gleichen Abstand voneinander (äquidistant) zwischen Superciliare laterale und mediale entlang des Unterrandes der Augenbraue

2.3.2 Deskriptive Statistik

Zunächst wurde die deskriptive Statistik der Daten aus dem SPSS-File durchgeführt. Hierfür wurden die Daten der 77 Jugendlichen einbezogen, die für die weiteren Analysen in Frage kamen. Der Mittelwert sowie die Standardabweichung, Minimum und Maximum der Variablen Alter, Körperfett und BMI [Perzentile] wurden ermittelt. Die Jugendlichen wurden in die Gruppen „untergewichtig“, „normalgewichtig“, „übergewichtig“ und „adipös“ eingeteilt. Das Alter, der BMI in Perzentilen, das Körperfett und die WHR wurden mittels Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung getestet.

2.3.3 Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen

Die Aufgabe der Hauptkomponentenanalyse die Reduktion vieler Variablen zu wenigen Dimensionen, die die Variation in den Daten am besten repräsentieren. Man kann damit unter anderem zwischen Gruppen unterscheiden, Wachstum darstellen oder Ausreißer herausfinden, die nur auf den Gestaltvariablen basieren. Die Hauptkomponentenanalyse wird durch eine Eigendekomposition der Kovarianzmatrix der Stichprobe berechnet und ist eine Rotation der Daten, wobei die Unterschiede zwischen den Individuen (in Form der *Procrustes distance*) erhalten bleiben. Die Werte der Hauptkomponenten (Ladungen) sind die Projektionen der Gestalten auf jenen niedrig-dimensionalen Raum, der durch die Eigenvektoren entsteht (Mitteroecker & Gunz, 2009). Diese Eigenvektoren (Hauptkomponenten) ermöglichen eine Visualisierung der Gestaltvariabilität (Handbuch *Morphologika 2.5*, O'Higgins & Jones, 2006). Nahe beieinander liegende Punkte sind in ihrer Gestalt ähnlicher als Punkte, die weit voneinander entfernt liegen. Die Darstellung der Hauptkomponenten erfolgt durch Vektoren, die orthogonal (im rechten Winkel) zueinander stehen. Die erste Hauptkomponente – der erste Vektor - zeigt in die Richtung der größten Varianz. Die zweite Hauptkomponente steht im rechten Winkel zur ersten und zeigt die Richtung der verbleibenden zweitgrößten Varianz. Es gibt gleich viele Hauptkomponenten wie Ausgangsvariablen, die ebenfalls immer im rechten Winkel zu ihrer vorherigen Achse stehen (Hatzinger & Nagel, 2009; Slice et al., 2009).

Die Hauptkomponentenanalyse wurde im Programm *Morphologika 2.5* (O'Higgins & Jones, 2006) durchgeführt. Hierfür wurden die Koordinaten der Landmarks aller Versuchspersonen nach dem Sliden in *tpsRelw* (Rohlf, 2010) verwendet. Eine zusätzliche Visualisierung der Gestaltvariation an den Maxima der ersten und zweiten Hauptkomponente wurde ebenfalls erstellt.

Die in *Morphologika 2.5* (O'Higgins & Jones, 2006) berechneten Ladungen der originalen Koordinatenkonfigurationen der ersten bis vierten Hauptkomponente aller 77 Jugendlichen wurden in das bestehende SPSS-File übertragen. Nach einer Überprüfung dieser Werte auf Normalverteilung mittels eines Kolmogorow-Smirnow-Tests wurden die Variablen Alter, BMI [Perzentile], Körperfett und WHR mittels Pearson-Korrelation auf ihren Zusammenhang mit den Hauptkomponenten untersucht. Auch das Geschlecht wurde mittels Regression auf seinen Zusammenhang mit den Hauptkomponenten überprüft. Damit konnte ermittelt werden, welche Variablen die Hauptkomponenten und somit die größten Varianzen erklären. Die Signifikanz wurde auf dem 5% Niveau bestimmt.

2.3.4 Shape Regressionen

Mitteroecker und Gunz (2009) beschreiben, dass eine multivariate Regression der Gestaltvariablen auf externe Variablen verwendet wird, um den Einfluss eines einzelnen Faktors auf die Gestalt zu untersuchen (Shape Regression). Der entstehende Vektor der Regressionskoeffizienten, die den durchschnittlichen Effekt auf die Gestalt quantifizieren, kann als Gestaltdeformation in Deformationsgittern dargestellt werden. Aus dem Programm *tpsRegr* (Rohlf, 2009), das für die Berechnung der Shape Regressionen verwendet wurde, kann die durch die jeweilige unabhängige Variable erklärte Varianz abgelesen werden. Zusätzlich kann ein Permutationstest durchgeführt werden, der die statistische Signifikanz angibt.

Alle Shape Regressionen wurden mit den zuvor geslideten Landmarks gerechnet. Die Variablen Geschlecht, Alter, BMI [Perzentile] und Körperfett wurden jeweils auf ihren Einfluss auf die Gesichtsform untersucht. Alle Shape Regressionen auf diese Variablen wurden für alle Versuchsteilnehmer gemeinsam ($n = 77$), aber auch für die Geschlechter einzeln (männlich $n = 27$, weiblich $n = 50$) gerechnet. Um festzustellen, ob ein Unterschied im Muster der Gestaltveränderung zwischen den Mädchen vor der Pubertät und jenen nach der Pubertät besteht (als Grenze wurde die Menarche gewählt), wurden für diese beiden Gruppen zusätzliche Shape Regressionen auf den BMI in Perzentilen gerechnet. Da für drei der Versuchsteilnehmer (2 Buben und 1 Mädchen) keine Werte für den Körperfettanteil vorlagen, wurden sie aus dieser Regression ausgeschlossen.

Es entstanden für jede Berechnung drei Deformationsgitter – ein Durchschnittsgesicht und zwei Gitter, die die Deformationen in beide Richtungen weg vom Durchschnitt zeigen. Die letzteren wurden zur besseren Visualisierung jeweils um fünf

Standardabweichungen verstärkt. Die Permutationstests wurden für jede Shape Regression mit 10000 Permutationen gerechnet. Ein Ergebnis unter der 5% Grenze gilt als signifikant.

2.3.5 Intervenierende Variablen

Da nicht auszuschließen ist, dass die unabhängigen Variablen in Zusammenhang stehen, wurden Pearson-Korrelationen durchgeführt. Es wurde vor allem darauf geachtet, ob das Alter einen Einfluss auf den BMI in Perzentilen und das Körperfett hat. Dieser Einfluss hätte Auswirkungen auf das Muster der Gestaltveränderungen und somit auch einen Effekt auf die Ergebnisse der einzelnen Shape Regressionen. Die Korrelationen wurden wieder für alle Versuchsteilnehmer gemeinsam und für die beiden Geschlechter getrennt gerechnet. Zusätzlich wurde mittels Regressionen der Zusammenhang des BMI [Perzentile] und des Körperfettanteils mit dem Geschlecht überprüft. Zur Beurteilung der Signifikanz wurde bei allen Korrelationen das 5% Niveau als Grenze gewählt.

2.3.6 Reliabilität

Bevor mit den oben genannten Analysen begonnen wurde, wurde die Reliabilität der Landmarksetzung überprüft. Dazu wurden aus der Stichprobe fünf zufällige Gesichtsfotos ausgewählt, die von derselben Person jeweils fünf Mal digitalisiert wurden. Die Koordinaten aller 77 Gesichter und die der 25 Gesichter für die Reliabilitätsanalyse wurden zusammengefügt, in *tpsRelw* (Rohlf, 2010) geslidet und danach ins Programm *Morphologika 2.5* (O'Higgins & Jones, 2006) übertragen. Mittels Hauptkomponentenanalyse konnte überprüft werden, ob die jeweils gleichen fünf Gesichter im Gestaltraum nahe beieinander liegen und somit die Landmarks mit hoher Reliabilität gesetzt wurden. Eine hohe Reliabilität ist gegeben, wenn der Abstand zwischen den gleichen Gesichtern zueinander geringer ist als zu anderen Gesichtern.

Abbildung 9 zeigt die Hauptkomponentenanalyse zur Reliabilitätsermittlung. Die Reliabilität der Landmarksetzung ist recht gut, da die jeweils fünf gleichen Gesichter nahe zusammen liegen. Der Abstand zwischen diesen Gruppen und dem jeweiligen entsprechenden Gesicht, das für die Analysen digitalisiert wurde, ist jedoch etwas größer, was für eine geringere Reliabilität spricht. Der Grund dafür ist, dass die Definitionen einiger Landmarks erst nach der Reliabilitätsanalyse neu formuliert wurden. Es kann angenommen werden, dass die verbesserten und genaueren Definitionen zu einer höheren

Übereinstimmung der gesetzten Landmarks führen. Da die Gesichter außerdem von zwei Personen gemeinsam digitalisiert wurden, konnten Fehler besser erkannt und dadurch vermieden werden.

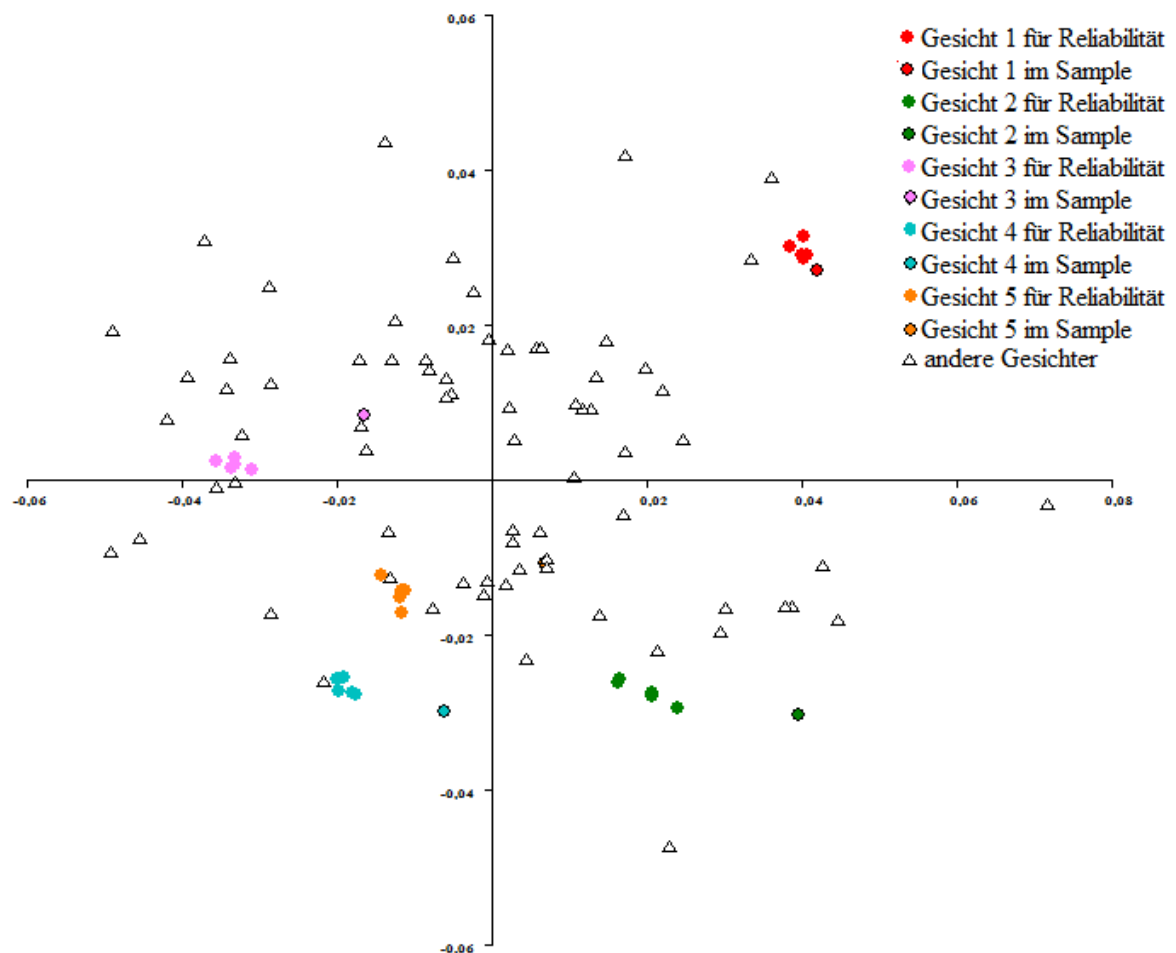


Abbildung 9: Hauptkomponentenanalyse zur Bestimmung der Reliabilität. Die Dreiecke stellen die Gesichter aus der Stichprobe dar. Die farbigen Kreise sind jene Gesichter, die für die Reliabilität jeweils fünf Mal digitalisiert wurden. Die dazugehörigen Gesichter aus der Stichprobe sind mit der gleichen Farbe und einem schwarzen Rand dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Insgesamt wurden 77 Schüler in die Analyse mit einbezogen. Davon waren 50 weiblich und 27 männlich. Die Jugendlichen waren zwischen 10 und 20 Jahren alt, wobei der Durchschnitt bei 15,0 Jahren lag. Tabelle 2 zeigt die Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima der Variablen Alter, BMI [Perzentile] und Körperfett sowohl für alle Versuchsteilnehmer gemeinsam als auch für Mädchen und Buben getrennt.

Tabelle 2: Deskriptive Statistik für Alter, BMI [Perzentile] und Körperfett

Variablen	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	N
Gesamt					
Alter [Jahre]	15,00	2,82	10,33	20,17	77
BMI [Perzentile]	51,01	29,80	1,00	99,00	77
Körperfett [%]	19,39	8,49	4,80	44,80	74
Mädchen					
Alter [Jahre]	15,22	2,95	10,33	20,17	50
BMI [Perzentile]	52,80	29,16	1,00	99,00	50
Körperfett [%]	22,85	7,59	6,20	44,80	49
Buben					
Alter [Jahre]	14,60	2,57	10,42	18,33	27
BMI [Perzentile]	47,70	31,22	1,00	96,00	27
Körperfett [%]	12,62	5,64	4,80	27,20	25

Sieben der untersuchten Schüler (vier Mädchen und drei Buben) lagen unterhalb des 10. BMI-Perzentils, wurden also als „untergewichtig“ eingestuft. Der Großteil der untersuchten Jugendlichen lag mit dem BMI im Mittelbereich ihrer jeweiligen Altersgruppe, insgesamt 63 Versuchsteilnehmer (40 Mädchen, 23 Buben) wurden als „normalgewichtig“ eingestuft. Ein Bub und vier Mädchen lagen oberhalb der 90. und unterhalb des 97. Perzentils, sie wurden als „übergewichtig“ eingestuft und zwei der untersuchten Mädchen lagen mit ihrem BMI über dem 97. Perzentil und galten somit als „adipös“.

Der Kolmogorow-Smirnow-Test der getesteten Variablen ergab, dass sowohl das Alter ($p = 0,128$) und die Perzentile ($p = 0,648$) als auch das Körperfett ($p = 0,604$) und die WHR ($p = 0,946$) normalverteilt sind. Auch für Buben und Mädchen getrennt sind diese Variablen normalverteilt. Für alle weiteren Analysen wurden daher parametrische Tests verwendet.

3.2 Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen

Die Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen wurde für alle Schüler mit geslideten Landmarks durchgeführt. Die erste Hauptkomponente erklärt 24,4% der Varianz, die zweite 14,9% und die dritte 12,6%. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der 77 Gesichter auf der ersten und zweiten Hauptkomponente.

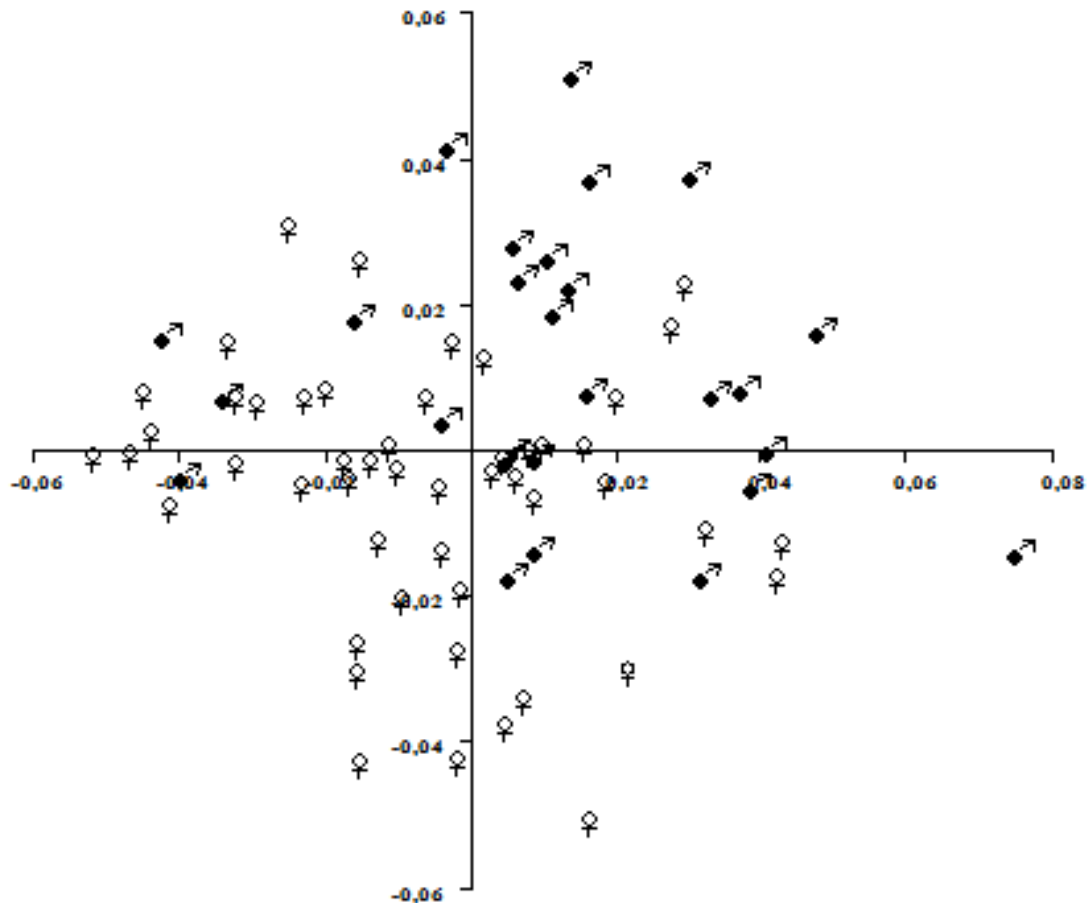


Abbildung 10: Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen aller 77 Gesichter. Die x-Achse zeigt die erste Hauptkomponente (erklärt 24,4% der Varianz), auf der y-Achse ist die zweite Hauptkomponente abgebildet (erklärt 14,9% der Varianz).

Es ist ersichtlich, dass die weiblichen Jugendlichen vor allem im linken unteren Quadranten liegen, also bei den negativen Werten der beiden Hauptkomponenten. Die Buben hingegen befinden sich jeweils hauptsächlich bei den positiven Werten der ersten beiden Hauptkomponenten. Eine Veranschaulichung dieses Ergebnisses ist in Abbildung 11 zu sehen. Die vier Gesichter zeigen die jeweilige Gestaltveränderung an den Maxima der ersten und zweiten Hauptkomponente bei den Werten $-0,06$ und $0,06$. Im Gegensatz zum rechten Gesicht ist das linke runder, hat relativ größere Augen, schmalere, weiter

auseinander stehende und Augenbrauen und einen breiteren Mund. Das obere Gesicht weist im Vergleich zum unteren ein längeres Kinn, breitere, näher aneinander liegende und caudaler liegende Augenbrauen, relativ kleinere Augen und einen schmäleren Mund auf. Die beiden Gesichter auf den negativen Achsen (links und unten) ähneln einander und auch die beiden anderen Gesichter (oben und rechts) zeigen ähnliche Merkmale.

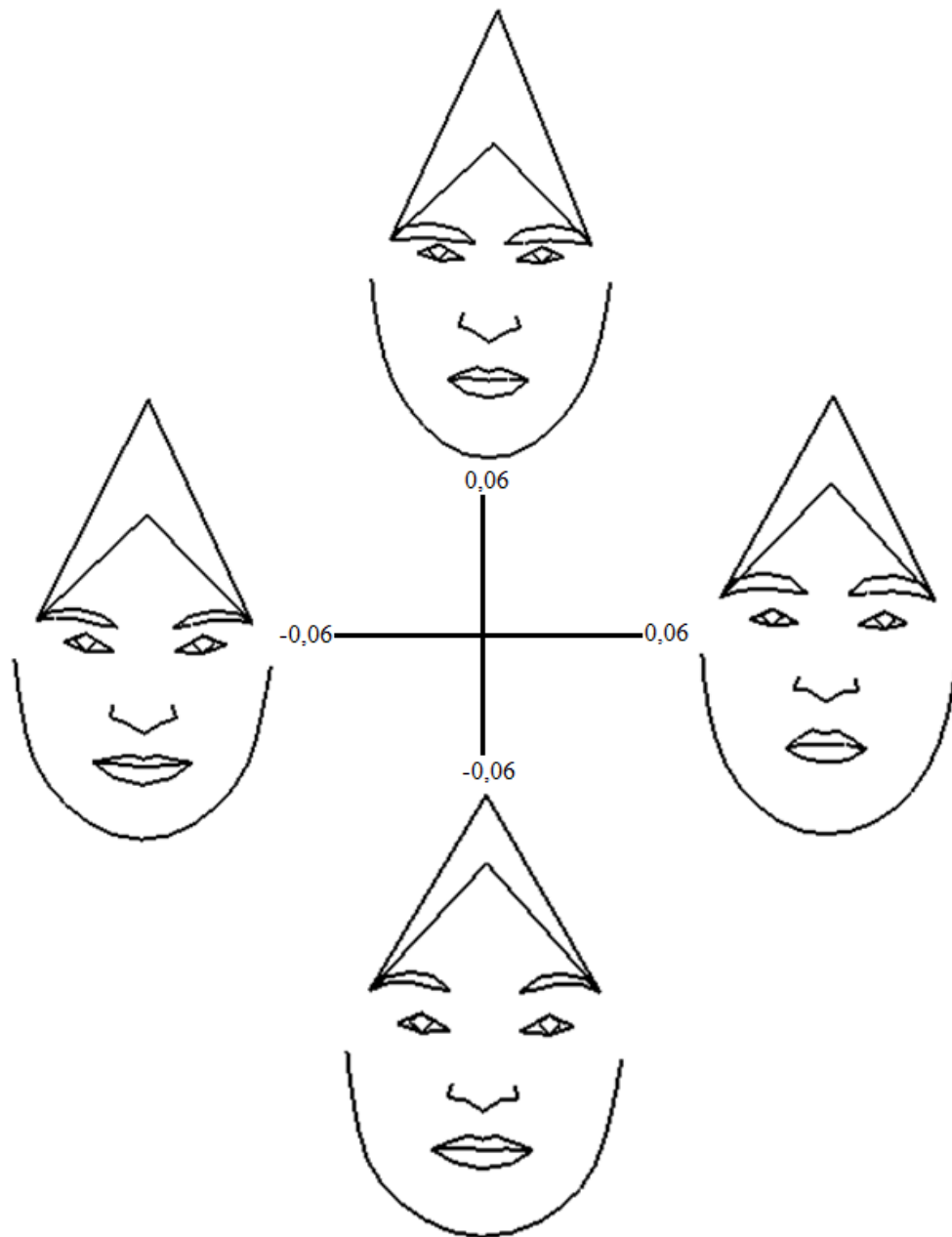


Abbildung 11: Gestaltvariabilität der Gesichter auf der ersten (x-Achse) und zweiten (y-Achse) Hauptkomponente. Die Gesichter liegen jeweils bei den Werten $0,06$ beziehungsweise $-0,06$ auf den Achsen.

Der Kolmogorow-Smirnow-Test der *loadings* aller 77 Gesichter ergab eine Normalverteilung aller vier Hauptkomponenten (1. PC: $p = 0,989$; 2. PC: $p = 0,379$; 3. PC: $p = 0,938$; 4. PC: $p = 0,854$). Sowohl die Regression des Geschlechtes auf die erste ($r^2 = 0,13$, $p = 0,001$) als auch auf die zweite Hauptkomponente ($r^2 = 0,19$, $p < 0,001$) ist signifikant. Zusätzlich gibt es für die erste Hauptkomponente eine signifikante negative Korrelation mit dem Körperfettanteil ($r = -0,25$, $p = 0,033$) und für die zweite einen Zusammenhang mit dem Körperfett ($r = -0,30$, $p = 0,010$) und der WHR ($r = 0,28$, $p = 0,017$). Für das Alter und den BMI [Perzentile] wurde hier kein Zusammenhang festgestellt.

Die genannten Korrelationen erklären die Veränderungen der Gesichtsform, die in Abbildung 11 dargestellt sind. Links ist ein weibliches Gesicht mit einem höheren Anteil an Körperfett zu sehen, rechts ist das Gesicht eines Buben mit einem niedrigen Körperfettanteil abgebildet. Das obere Gesicht ist männlich, ebenfalls mit einem niedrigen Anteil an Körperfett und einer hohen WHR. Unten ist ein weibliches Gesicht mit hohem Fettanteil und einer niedrigen WHR zu sehen.

3.3 Shape Regressionen

3.3.1 BMI [Perzentile]

Die Shape-Regression auf den BMI [Perzentile] wurde sowohl für alle gemeinsam als auch für Buben und Mädchen getrennt durchgeführt. Der Unterschied der Gesichtsform zwischen unter- und übergewichtigen Jugendlichen ist signifikant ($p = 0,031$ nach 10000 Permutationen, $n = 77$) und es werden 2,67% der Varianz durch den BMI in Perzentilen erklärt.

Bei den Mädchen werden 3,63% der Varianz durch den BMI [Perzentile] erklärt, das Ergebnis ist knapp nicht signifikant ($p = 0,058$ nach 10000 Permutationen, $n = 50$). Das Muster der Veränderungen im Gesicht, die durch den BMI bedingt sind, ist in Abbildung 12 ersichtlich. Das gesamte Gesicht von Mädchen mit höherem BMI (rechtes Bild) wirkt runder und breiter, sowohl im Bereich der Wangen als auch im Untergesicht. Das Kinn ist etwas länger, da der Mund nach oben gezogen wird. Die Augen wirken relativ klein und auch der Mund ist schmaler. Die Lippen, vor allem die Oberlippe, sind bei höherem BMI dicker. Die Nase wirkt breiter und kürzer. Auch die Augenbrauen sind dicker und liegen näher bei den Augen, stehen aber weiter auseinander. Im Gegensatz dazu steht auf der linken Seite das Deformationsgitter der Mädchen, die mit ihrem BMI im

unteren Bereich der Perzentile liegen. Hier ist das Untergesicht schmaler und kantiger, wirkt aber insgesamt länger. Das Kinn ist kürzer und der Mund breiter, die Lippen jedoch schmaler. Auch die Nase ist eher lang und schmal. Der Abstand zwischen Nasenseptum und dem Lippenrot der Oberlippe ist größer als bei Mädchen mit höherem BMI. Die Augen wirken relativ größer, die Augenbrauen sind schmaler und cranialer, liegen jedoch etwas weiter zusammen.

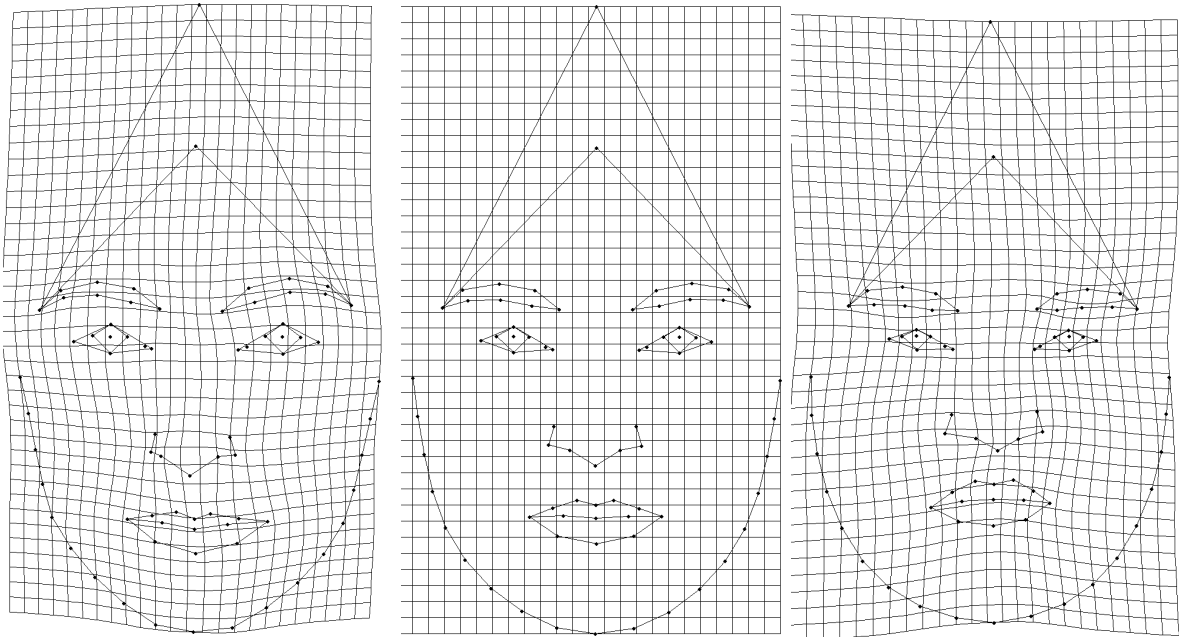


Abbildung 12: Shape Regression auf den BMI in Perzentilen bei Mädchen. Unterschied der Gesichtsform von Mädchen mit einem BMI auf den unteren Perzentilen (links, -5 SD) und Mädchen mit einem BMI auf den oberen Perzentilen (rechts, $+5$ SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 3,63% der Varianz durch den BMI [Perzentile] erklärt ($p = 0,058$ nach 10000 Permutationen, $n = 50$).

Das Muster der Gestaltveränderung bei Mädchen vor und nach der Menarche ist das gleiche wie in Abbildung 12, daher werden hier nur die Deformationsgitter von allen Mädchen gemeinsam abgebildet. Nur bei den Augenbrauen zeigt sich ein kleiner Unterschied, da diese bei auf einem höheren Perzentil gelegenen Mädchen vor der Menarche ($n = 13$) etwas weiter cranial stehen als bei Mädchen nach der Menarche ($n = 36$).

Bei den Buben erklärt der BMI in Perzentilen eine Varianz von 4,46%. Die Gestaltveränderung ist nicht signifikant ($p = 0,28$ nach 10000 Permutationen, $n = 27$). Abbildung 13 zeigt die Unterschiede der Gesichtsform zwischen Buben mit niedrigem (linkes Bild) und höherem (rechtes Bild) BMI [Perzentile]. Übergewichtige Buben haben ein breiteres Untergesicht und auch der Wangenbereich ist breiter. Der Mund ist ebenfalls breiter und die Lippen dicker. Die Nase wirkt im Bereich der Nasenwurzel kürzer, aber

breiter. Die Augen sind relativ kleiner und die Augenbrauen sind bei Buben mit höherem BMI dünner und liegen weiter cranial. Buben, die mit ihrem BMI auf einem unteren Perzentil liegen, haben dagegen ein schmales, kantiges, langgezogenes Gesicht mit einem eher längeren Kinn. Die Lippen sind schmal und dünn und der Abstand zwischen Oberlippe und Nasenwurzel ist groß. Die Nase ist eher lang und der Wangenbereich ist schmal. Die Augen wirken groß und die dicken Augenbrauen liegen nahe an den Augen.

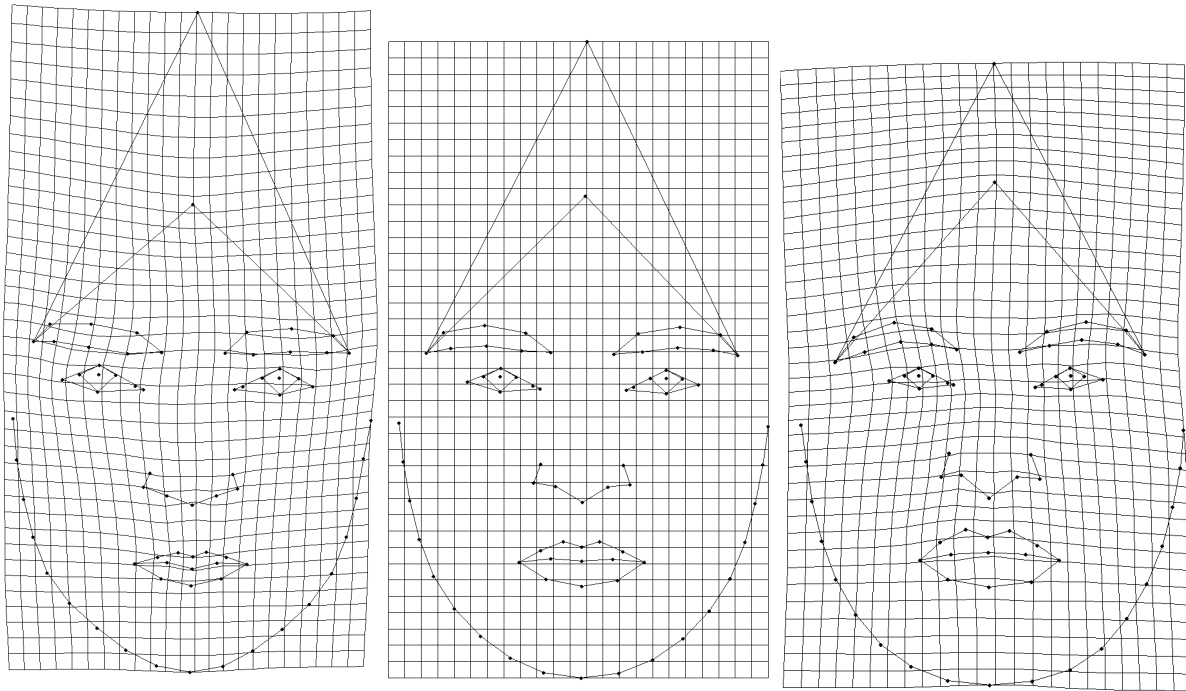


Abbildung 13: Shape Regression auf den BMI in Perzentilen bei Buben. Unterschied der Gesichtsform von Buben mit einem BMI auf den unteren Perzentilen (links, -5 SD) und Buben mit einem BMI auf den oberen Perzentilen (rechts, $+5$ SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 4,46% der Varianz durch den BMI [Perzentile] erklärt ($p = 0,28$ nach 10000 Permutationen, $n = 27$).

3.3.2 Körperfett

Durch den Körperfettanteil werden bei allen Jugendlichen gemeinsam 4,79% der Varianz erklärt. Der Unterschied der Gesichtsform zwischen Schülern mit niedrigem und hohem Körperfettanteil ist nach 10000 Permutationen hoch signifikant ($p = 0,0004$, $n = 74$). Für die Geschlechter getrennt zeigt die Shape Regression auf das Körperfett nur bei den Mädchen ein signifikantes Ergebnis. Hier beträgt die erklärte Varianz 5,12% ($p = 0,008$ nach 10000 Permutationen, $n = 49$). Bei den Buben werden 4,73% der Varianz durch das Körperfett erklärt ($p = 0,316$ nach 10000 Permutationen, $n = 25$).

Abbildung 14 zeigt die Veränderungen der Gesichtsform von Mädchen mit niedrigem (linkes Bild) und hohem (rechtes Bild) Körperfettanteil zum Durchschnittsgesicht (Mitte). Ein hoher Körperfettanteil wirkt sich auf das Untergesicht

aus, indem es runder wird und das Kinn etwas länger erscheint. Der Mund ist schmaler, die Lippen hingegen voller. Der Wangenbereich verbreitert sich etwas im Vergleich zum Durchschnittsgesicht und die Nase erscheint kürzer. Der Abstand zwischen Oberlippe und Nasenseptum nimmt ab. Die Augen werden relativ kleiner, die Augenbrauen stehen etwas weiter auseinander und wandern nach caudal. Mädchen mit einem geringen Anteil an Körperfett hingegen haben insgesamt ein schmäleres, kantigeres Gesicht, das Kinn erscheint jedoch kürzer. Der Mund wird breiter, die Oberlippe dünner. Der Nasenrücken erscheint schmaler und die Augen werden relativ größer. Die Augenbrauen stehen weiter cranial zu den Augen und näher zusammen.

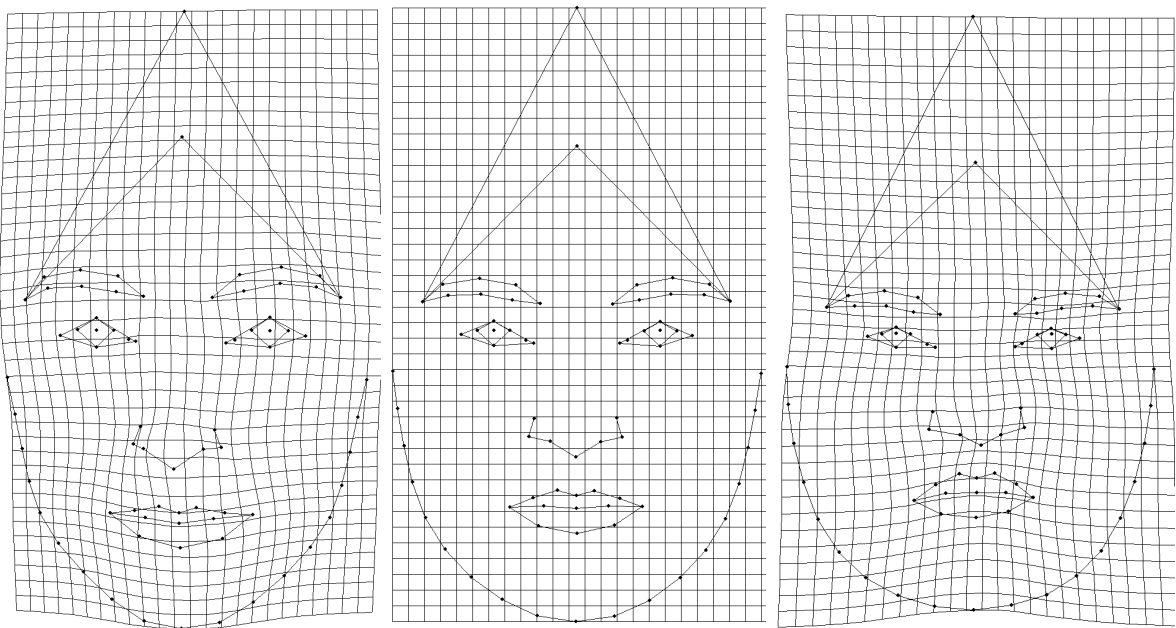


Abbildung 14: Shape Regression auf den Körperfettanteil bei Mädchen. Unterschied der Gesichtsform von Mädchen mit niedrigem Anteil an Körperfett (links, -5 SD) und Mädchen mit hohem Fettanteil (rechts, +5 SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 5,12% der Varianz durch den Körperfettanteil erklärt ($p = 0,008$ nach 10000 Permutationen, $n = 49$).

Die Shape Regression auf den Körperfettanteil bei Buben ist in Abbildung 15 zu sehen. Jene Buben mit einem hohen Anteil an Körperfett (rechtes Bild) haben ein breites Untergesicht im Bereich des Kinns und auch im Bereich der Wangen. Das Kinn ist außerdem eher kurz und die Lippen (vor allem die Unterlippe) nehmen im Vergleich zum Durchschnitt an Dicke zu. Die Nase wirkt eher kurz und breit, die Augen hingegen verändern sich kaum. Die Augenbrauen liegen durch die breite Nasenwurzel weiter auseinander, sind dünner und stehen weiter cranial. Das linke Bild zeigt das Gesicht von Buben mit niedrigem Körperfettanteil. Das Kinn ist lang und spitz, das gesamte Gesicht wirkt länger und ist sehr schmal und kantig. Die Lippen sind schmal, genauso wie die

Nase. Vor allem der Nasenwurzelbereich erscheint langgezogen und schmal, so dass die Augenbrauen, die eher dick sind und knapp oberhalb der Augen liegen, nahe beieinander stehen. Die Stirn bei Buben mit wenig Körperfett erscheint im Gegensatz zum rechten Bild eher flach.

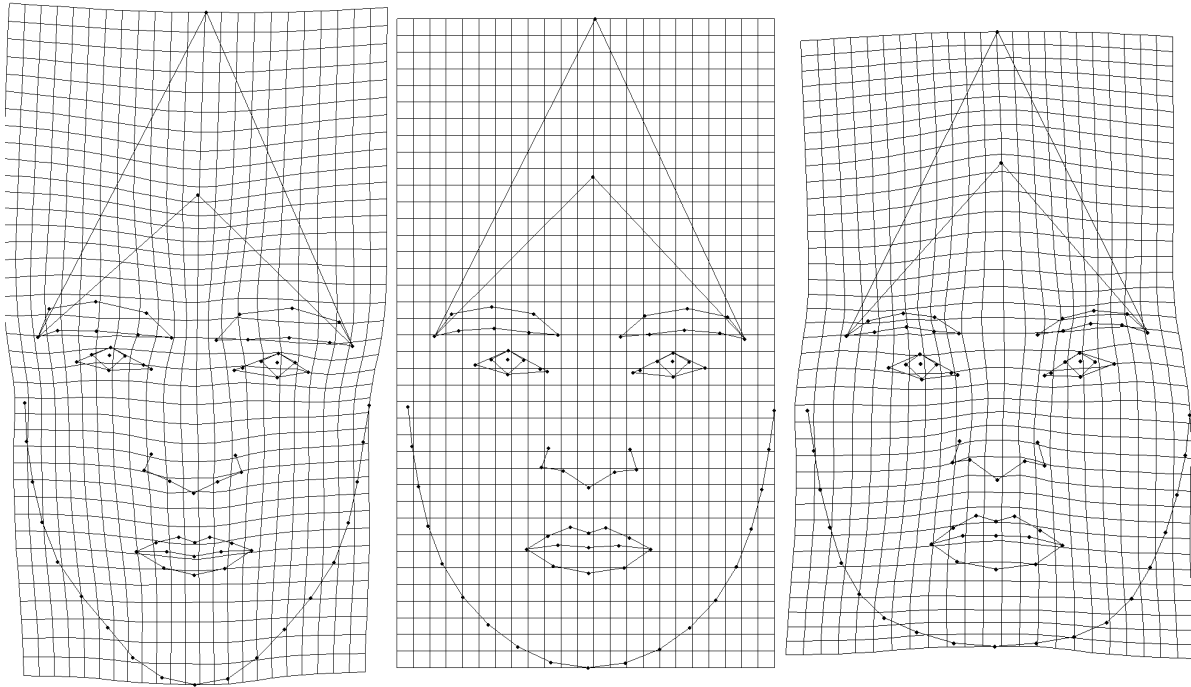


Abbildung 15: Shape Regression auf den Körperfettanteil bei Buben. Unterschied der Gesichtsform von Buben mit niedrigem Anteil an Körperfett (links, -5 SD) und Buben mit hohem Fettanteil (rechts, +5 SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 4,73% der Varianz durch den Körperfettanteil erklärt ($p = 0,316$ nach 10000 Permutationen, $n = 25$).

3.3.3 Vergleich der Muster des BMI in Perzentilen und des Körperfetts

Zum Vergleich der beiden Muster der Gestaltveränderungen bei Jugendlichen mit hohem BMI [Perzentile] (linkes Bild) und Jugendlichen mit hohem Körperfettanteil (rechtes Bild) sind in Abbildung 16 diese beiden Deformationsgitter abgebildet. Die Muster sind sehr ähnlich, dennoch gibt es kleine Unterschiede. Mit hohem BMI werden die Augen in Relation wesentlich kleiner, während sich in diesem Bereich bei steigendem Körperfettanteil keine Veränderung zeigt. Auch in der Kinnregion ist ein Unterschied der beiden Muster erkennbar. Bei Schülern, die mit ihrem BMI auf einem höheren Perzentil liegen, erscheint das Kinn länger und der Mund nach oben verschoben. Ein hoher Anteil an Körperfett hingegen wirkt sich eher auf die Breite des Kinns aus, da es eher kürzer und breiter erscheint. Die übrigen Merkmale wie Nase, Lippen oder Augenbrauen verhalten sich bei beiden Deformationsgittern sehr ähnlich und wurden in den vorigen Kapiteln beschrieben.

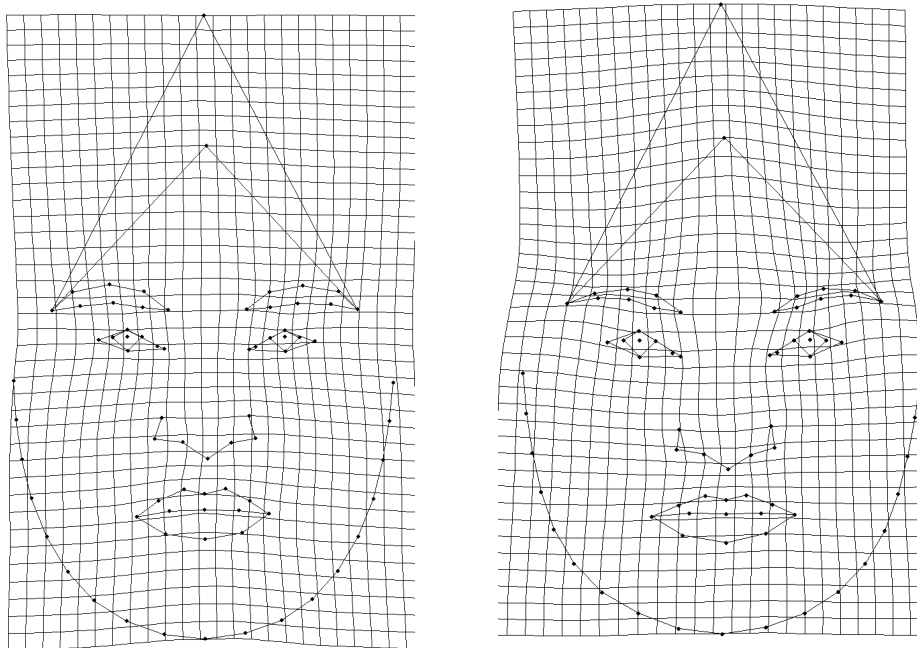


Abbildung 16: Vergleich der Shape Regressionen auf den BMI in Perzentilen (links, +5 SD, $n = 77$) und den Körperfettanteil (rechts, +5 SD, $n = 74$) für alle Jugendlichen zusammen zur Veranschaulichung der Muster der Gestaltveränderungen. Die Muster sind sehr ähnlich, im Bereich der Augen und des Kinns gibt es jedoch kleine Unterschiede.

Die starke Ähnlichkeit der beiden Muster kommt durch den Zusammenhang von BMI [Perzentilen] und Körperfett zustande. Die berechneten Korrelationen sind in Tabelle 3 aufgelistet. Der BMI (sowohl als kg/m^2 als auch in Perzentilen) und der Körperfettanteil korrelieren sowohl bei allen Schülern gemeinsam als auch für die Geschlechter getrennt hoch signifikant. Auch zwischen Körperfettanteil und WHR ist für alle Jugendlichen gemeinsam ein Zusammenhang feststellbar.

Tabelle 2: Pearson-Korrelationen zwischen BMI [kg/m^2] bzw. BMI [Perzentilen] und Körperfett

Korrelationen	Gesamt	Mädchen	Buben
BMI - Körperfett	$n = 74$ $r = 0,66 \quad p < 0,001$	$n = 49$ $r = 0,80 \quad p < 0,001$	$n = 25$ $r = 0,68 \quad p < 0,001$
BMI-Perzentile - Körperfett	$n = 74$ $r = 0,69 \quad p < 0,001$	$n = 49$ $r = 0,80 \quad p < 0,001$	$n = 25$ $r = 0,80 \quad p < 0,001$
Körperfett - WHR	$n = 74$ $r = -0,26 \quad p = 0,026$		

3.3.4 Alter

Die erklärte Varianz durch das Alter für alle Jugendlichen gemeinsam beträgt 1,66%. Der Permutationstest mit 10000 Permutationen ist nicht signifikant ($p = 0,221$, $n = 77$). Die Shape Regressionen auf Alter wurden auch für beide Geschlechter getrennt gerechnet. Die durch das Alter erklärte Varianz beträgt bei den Mädchen 2,15% (nicht signifikant nach 10000 Permutationen, $p = 0,36$, $n = 50$) und bei den Buben 8,54%. Bei den Buben ist der Unterschied der Gestalt zwischen jünger und älter signifikant ($p = 0,016$ nach 10000 Permutationen, $n = 27$).

Der Unterschied zwischen jüngeren und älteren Mädchen ist mittels Deformationsgittern in Abbildung 17 dargestellt. Das Untergesicht wird während der Pubertät runder und breiter, das Kinn wird kürzer. Jüngere Mädchen haben schmalere Lippen, sowohl Unter- als auch Oberlippe sind bei den älteren Mädchen voller. Auch bei der Nasenwurzel und den Augenbrauen sind Veränderungen sichtbar. Die Nasenwurzel der jüngeren Mädchen ist breiter und wird während der Pubertät schmaler. Die Augenbrauen werden dünner und wandern nach cranial. Die Stirn scheint bei älteren Mädchen etwas breiter zu werden.

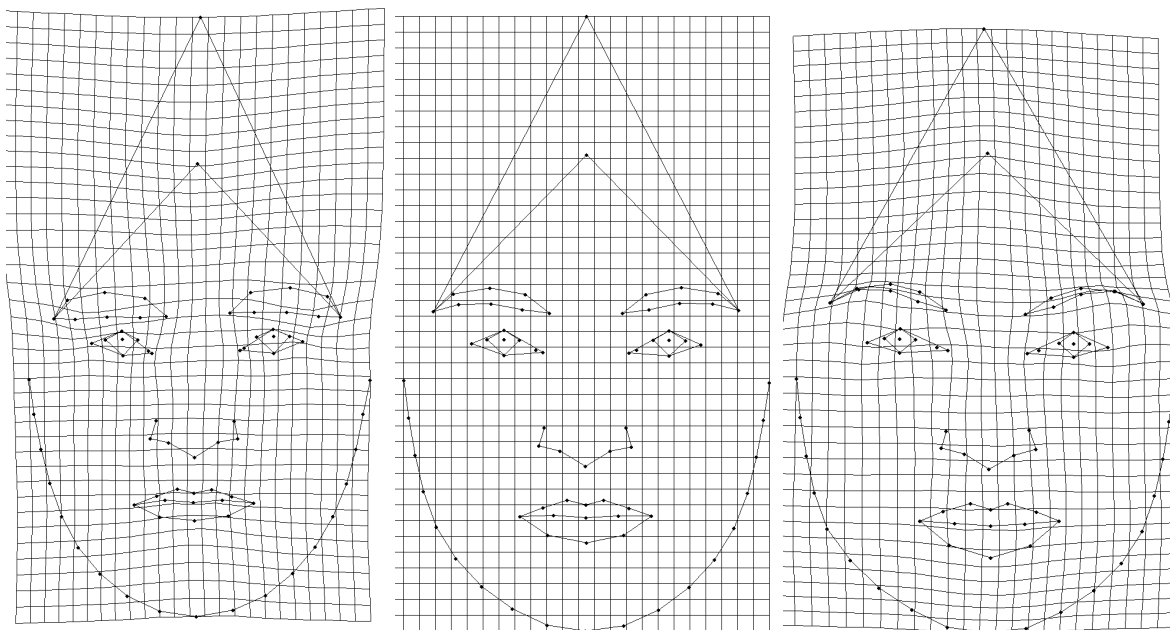


Abbildung 17: Shape Regression auf das Alter bei Mädchen. Unterschied der Gesichtsform von jüngeren Mädchen (links, -5 SD) und älteren Mädchen (rechts, +5 SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 2,5% der Varianz durch das Alter erklärt ($p = 0,36$ nach 10000 Permutationen, $n = 50$).

Die Gestaltveränderung des Gesichtes von jüngeren zu älteren Buben ist in Abbildung 18 zu sehen. Das Untergesicht verändert sich von einem runden Kindergesicht zu einem schmalen, eher langen und kantigen Gesicht. Bei älteren Burschen werden das

Kinn vertikal länger, der Mund breiter und die Lippen verlieren an Dicke. Die Nase wird schmaler und länger. Bei jüngeren Buben ist die Nasenwurzel breiter, die Augen und Augenbrauen scheinen weiter auseinander zu stehen. Während der Pubertät wandern die Augenbrauen dann Richtung caudal, werden breiter und die Augen liegen näher zusammen. Jüngere Buben haben außerdem eine etwas höhere Stirn als ältere.

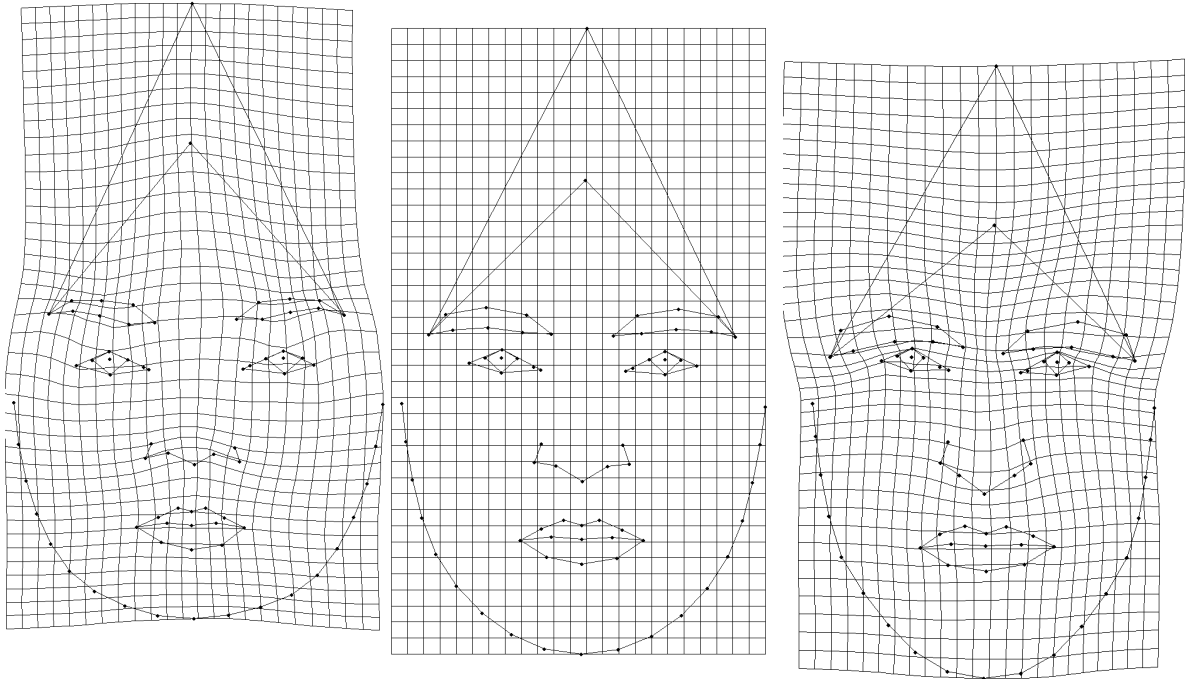


Abbildung 18: Shape Regression auf das Alter bei Buben. Unterschied der Gesichtsform von jüngeren Buben (links, -5 SD) und älteren Buben (rechts, +5 SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte). Es werden 8,54% der Varianz durch das Alter erklärt ($p = 0,016$ nach 10000 Permutationen, $n = 27$).

3.3.5 Geschlecht

7,37 % der Varianz können durch das Geschlecht erklärt werden. Der Unterschied zwischen Mädchen und Buben ist hoch signifikant ($p = 0,0001$ nach 10000 Permutationen, $n = 77$). Der Sexualdimorphismus ist am besten in den schon in Kapitel 3.3.4 gezeigten Deformationsgittern für das Alter (ältere Mädchen gegenüber älteren Buben) zu erkennen (Abbildung 19).

Das gesamte Gesicht der Mädchen wirkt runder, das Kinn ist vertikal kürzer und die Lippen (vor allem die Unterlippe) voller. Die Augen und Augenbrauen liegen weiter auseinander. Die Augen wirken außerdem größer und die Augenbrauen sind schmaler und liegen weiter cranial als bei den Buben. Bei den Gesichtern der Buben hingegen ist das Untergesicht, vor allem das Kinn, länger und kantiger. Die Nase ist länger und die Augen sind relativ kleiner und näher beisammen. Die Augenbrauen sind breiter und liegen näher

zusammen und auch näher zu den Augen. Außerdem ist erkennbar, dass die Stirn der Mädchen höher ist als die der Buben.

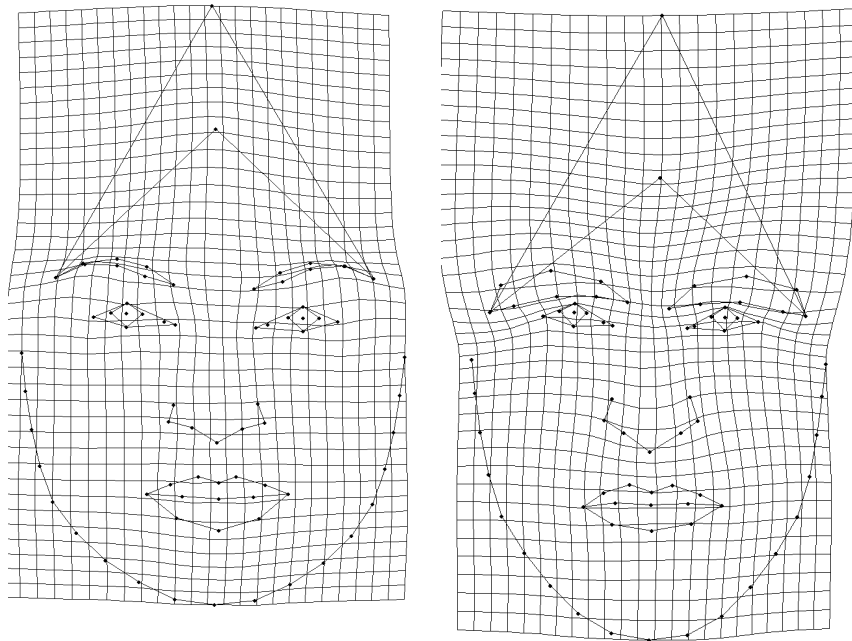


Abbildung 19: Sexualdimorphismus im Gesicht. Die TPS-Deformationsgitter zeigen die Gestaltveränderungen mit zunehmendem Alter links für Mädchen (+5 SD, $n = 50$) und rechts für Buben (+5 SD, $n = 27$) zur Veranschaulichung der Geschlechtsunterschiede.

3.4 Intervenierende Variablen

Das Alter zeigt keine signifikante Korrelation mit dem Körperfett, weder bei allen Jugendlichen gemeinsam noch bei Mädchen und Buben getrennt. Bei den männlichen Jugendlichen und bei der gesamten Stichprobe gibt es auch keinen Zusammenhang zwischen Alter und BMI [Perzentilen]. Bei den Mädchen ist die Korrelation zwischen Alter und BMI in Perzentilen jedoch signifikant negativ ($r = -0,31$, $p = 0,027$). Das heißt je älter sie werden, desto niedriger wird ihr BMI [Perzentile] beziehungsweise desto schlanker werden sie. Der Scatter-Plot in Abbildung 20 zeigt diesen Zusammenhang.

Die Regression auf das Geschlecht ergab einen Zusammenhang mit dem Körperfettanteil ($r^2 = 0,33$, $p < 0,001$).

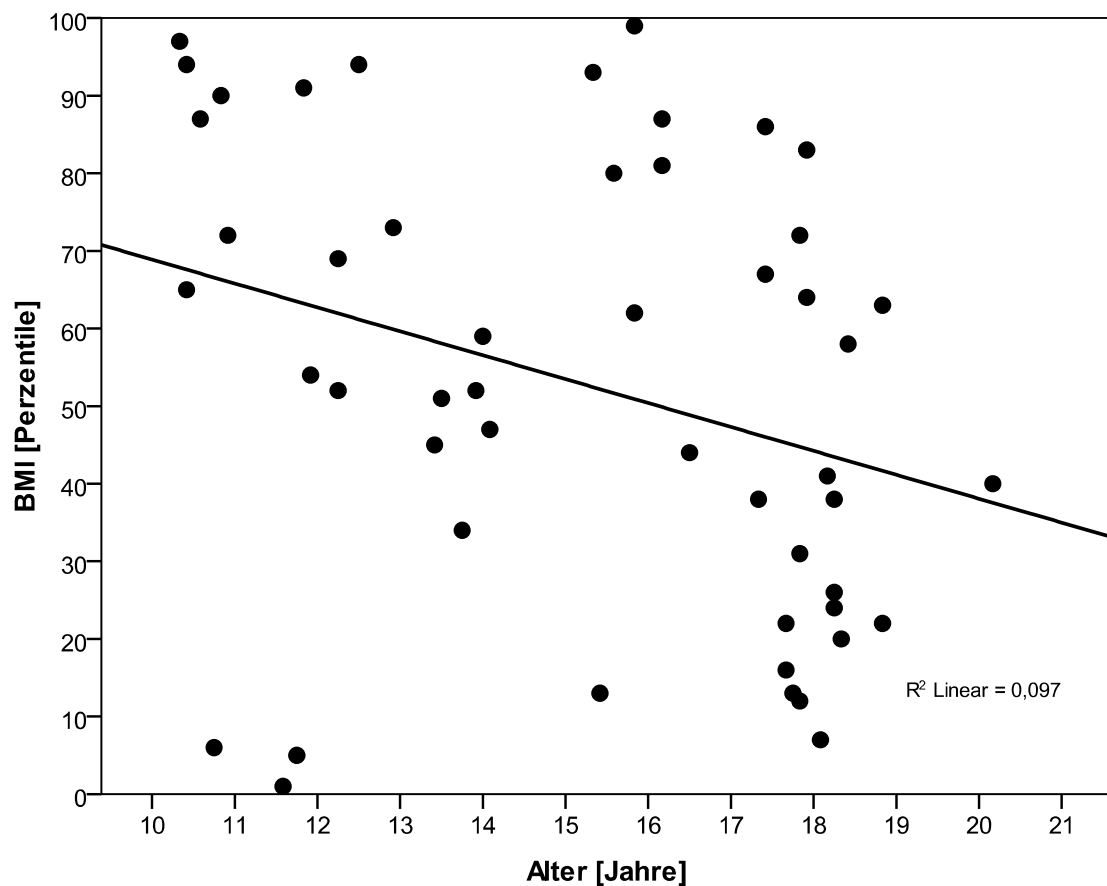


Abbildung 20: Korrelation von Alter und BMI [Perzentilen] bei den Mädchen ($r = -0,31$, $p = 0,027$, $n = 50$).

Um ausschließen zu können, dass bei den Mädchen das Alter in das Muster der Gestaltveränderungen durch den BMI [Perzentile] hineinspielt, wurden die weiblichen Jugendlichen in zwei Gruppen unterteilt. Hierfür wurde als Grenze das Alter von 15 Jahren herangezogen, was dem Altersmittelwert entspricht. Für beide Gruppen wurde dann erneut eine Korrelation zwischen Alter und BMI [Perzentilen] berechnet. Bei den unter 15jährigen Mädchen gibt es hier keinen Zusammenhang ($r = -0,261$, $p = 0,254$, $n = 21$). Bei den Mädchen über 15 Jahren gibt es erneut eine signifikante negative Korrelation zwischen Alter und BMI [Perzentilen] ($r = -0,445$, $p = 0,016$, $n = 29$).

Um die Muster der Veränderungen bei unter und über 15jährigen Mädchen vergleichen zu können, wurden jeweils Deformationsgitter erstellt, die die Gestaltveränderungen mit dem BMI [Perzentilen] zeigen. Es gibt keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gittern beider Gruppen und die Muster sind die gleichen, die auch in Kapitel 3.3.1 beschrieben wurden (Abbildung 21 und 22).

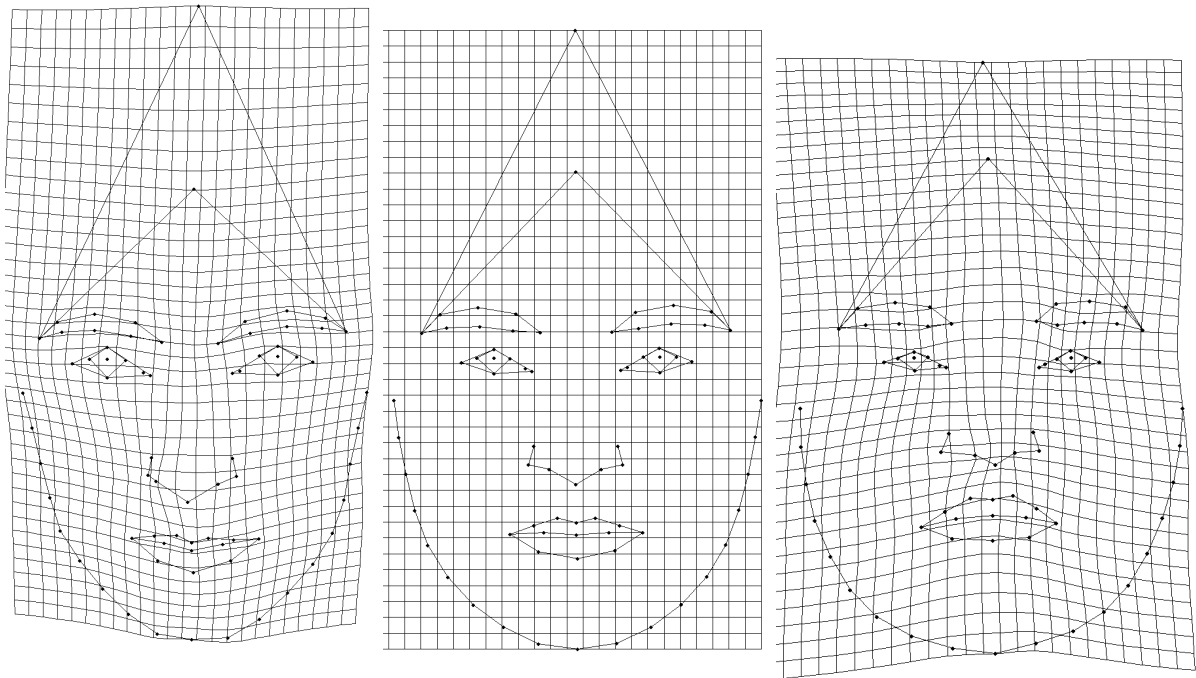


Abbildung 21: Shape Regression auf den BMI in Perzentilen bei Mädchen unter 15 Jahren ($n = 21$). Unterschied der Gesichtsform von Mädchen mit einem BMI auf den unteren Perzentilen (links, -5 SD) und Mädchen mit einem BMI auf den oberen Perzentilen (rechts, $+5$ SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte).

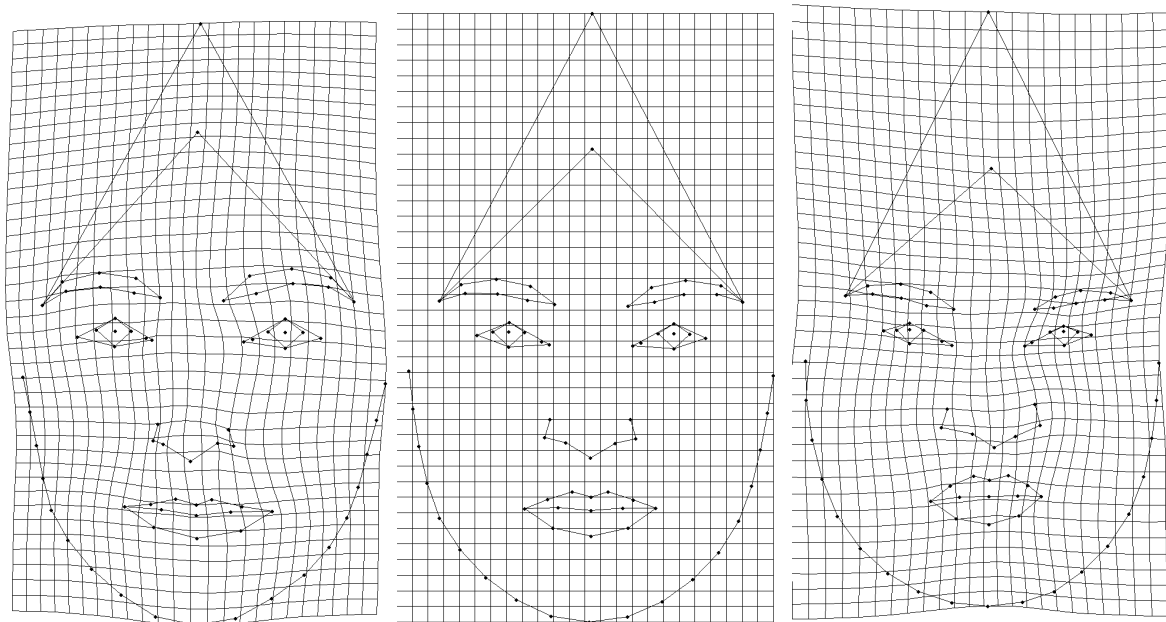


Abbildung 22: Shape Regression auf den BMI in Perzentilen bei Mädchen über 15 Jahren ($n = 29$). Unterschied der Gesichtsform von Mädchen mit einem BMI auf den unteren Perzentilen (links, -5 SD) und Mädchen mit einem BMI auf den oberen Perzentilen (rechts, $+5$ SD) zum Durchschnittsgesicht dieser Stichprobe (Mitte).

4 Diskussion

4.1 Stichprobe

In den beiden Schulen meldeten sich mehr Mädchen als Buben freiwillig, daher besteht die Stichprobe für die vorliegende Studie aus fast doppelt so vielen weiblichen Versuchsteilnehmern wie männlichen. Die Teilnahme der älteren Schüler war größer, daher liegt der Gesamterschnitt bei etwa 15 Jahren. Die Buben waren im Durchschnitt etwas jünger (14,60 Jahre alt) als die Mädchen (15,22 Jahre alt).

In der deskriptiven Statistik zeigt sich, dass Mädchen einen deutlich höheren Körperfettanteil (Durchschnitt 22,85%) haben als Buben (Durchschnitt 12,62%). Dieser Unterschied in der Körperzusammensetzung kommt in der Pubertät durch die Sexualhormone zustande und deckt sich mit der Studie von Kirchengast (2008). Die meisten Jugendlichen waren normalgewichtig, daher liegen die Perzentil-Durchschnittswerte der weiblichen und männlichen Jugendlichen der Stichprobe nahe am 50. Perzentil von Kromeyer-Hauschild et al. (2001). Es ist jedoch anhand der Werte zu erkennen, dass mehr Mädchen (Durchschnitt 53. Perzentil) im übergewichtigen beziehungsweise adipösen Bereich lagen als Buben (Durchschnitt 48. Perzentil).

4.2 BMI und Gesichtsform

Das Muster der Gesichtsformveränderungen mit steigendem BMI ist für Mädchen und Buben bis auf kleine Unterschiede sehr ähnlich. Das Gesicht eines Jugendlichen, dessen BMI auf einem höheren Perzentil liegt, ist vor allem im Bereich der Wangen und des Untergesichtes runder und breiter. Auch Ferrario, Dellavia, Tartaglia, Turci und Sforza (2004) kamen zu diesem Ergebnis. Die Weichgewebe-Studie von De Greef, Vandermeulen und Claes (2009) zeigte ebenfalls, dass bei einem höheren BMI vor allem das Kinn, die Mandibel und die Wangen an Dicke zunehmen. Dies ist ein zusätzlicher Grund für die runde und auch breitere Gesichtsform, die in den abgebildeten Deformationsgittern nachgewiesen wurde. Das bei Öhrn et al. (2002) beschriebene vorstehende Kinn bei übergewichtigen Personen, kann im Deformationsgitter der Mädchen beobachtet werden, da das Kinn bei einem BMI auf einem höheren Perzentil länger wird. Zur genaueren Abklärung wäre es hierfür jedoch sinnvoll, die Profilfotos, die bei der Datenaufnahme ebenfalls gemacht wurden, zu analysieren. Sowohl bei den Mädchen als auch bei den

Buben der vorliegenden Studie ist mit zunehmendem BMI eine Verkürzung und Verbreiterung der Nase zu sehen, was das Gesicht insgesamt kürzer wirken lässt und damit das Ergebnis von Ferrario et al. (2004) bestärkt. Insgesamt ist die Gesichtsform von übergewichtigen Jugendlichen also breiter, aber in der Vertikalen kürzer.

Starbuck und Ward (2007) beschrieben, dass ein dickes Gesicht größer und ein dünnes kleiner ist. In den Deformationsgittern entsteht allerdings der Eindruck, dass ein dünnes Gesicht eher langgezogen ist und ein dickes – wie schon beschrieben – kurz und breit. Wahrscheinlich täuscht jedoch diese vertikale Verkürzung mit zunehmendem BMI und die Gesamtgröße nimmt zu, was mittels der *Centroid size* überprüfbar wäre.

Dass die Breite des Mundes bei übergewichtigen Buben abnimmt (Ferrario et al., 2004), konnte nicht bestätigt werden, da bei Buben in dieser Studie der Mund eher breiter wirkt, bei Mädchen allerdings nimmt die relative Mundbreite im Vergleich zum Durchschnittsgesicht etwas ab. Dies könnte dadurch zustande kommen, dass in der Stichprobe die Buben nicht so übergewichtig (Buben zu Mädchen 1:4) oder adipös (Buben zu Mädchen 0:2) wie die Mädchen waren. Die Einlagerung von Fettgewebe in den Wangen und am seitlichen Kinn lässt vermutlich den Mund schmaler erscheinen. Da das Übergewicht der Buben jedoch nicht so ausgeprägt ist und die Wangenbreite zwar zunimmt, wahrscheinlich aber dennoch weniger Fett eingelagert wird, bleibt die Mundbreite annähernd gleich.

Die in den abgebildeten Deformationsgittern bei übergewichtigen Jugendlichen sichtbare abnehmende Länge der Oberlippe, also der kleinere Abstand zwischen Lippenrot und Nasenseptum, könnte mit der Zunahme der Lippendicke zusammenhängen. Bei beiden Geschlechtern werden die Lippen mit zunehmendem BMI voller. Eine Fetteinlagerung in diesem Bereich passiert bei weiblichen Jugendlichen in der Pubertät und wird durch das Östrogen angeregt (Symons, 1995, zitiert in Thornhill & Gangestad, 1999; Thornhill & Grammer, 1999; Thornhill & Moller, 1997). Studien zeigten, dass durch das Enzym Aromatase, das im Fettgewebe vorhanden ist, bei übergewichtigen Personen vermehrt Androgene in Östrogene umgewandelt werden (zusammengefasst in Siiteri, 1987; Turgeon, Carr, Maki, Mendelsohn & Wise, 2006). Nach Cooke und Naaz (2004) begünstigt Östrogen die subcutane Fetteinlagerung, was der Grund dafür sein könnte, dass sowohl bei Mädchen als auch bei Buben mit einem höheren BMI nicht nur in den Wangen Fett eingelagert wird, sondern auch die Lippen an Dicke zunehmen. Der erhöhte Level an weiblichen Hormonen könnte außerdem eine Erklärung für die dünneren Augenbrauen bei übergewichtigen männlichen Jugendlichen sein.

Obwohl Starbuck und Ward (2007) in ihrer Studie beschrieben, dass sich das Weichgewebe in der Augenregion kaum mit dem BMI verändert, ist in den Deformationsgittern beider Geschlechter erkennbar, dass die Größe der Augen mit zunehmendem BMI relativ abnimmt. Die Augen selbst verändern sich wahrscheinlich größenmäßig nicht, was durch die *Centroid size* feststellbar wäre, die breitere Wangenregion lässt die Augen jedoch kleiner erscheinen.

Einen Unterschied der Veränderungen der Gesichtsform zwischen den Geschlechtern findet sich bei den Augenbrauen, die bei Mädchen dicker werden und nach caudal wandern, bei Buben werden sie dünner und stehen cranialer. Eine Erklärung für dieses Phänomen konnte nicht gefunden werden.

Für Gesichtsmuster untergewichtiger Personen konnten in der Literatur keine Ergebnisse gefunden werden. Die Deformationsgitter zeigen jedoch, dass sich die Gesichtsform gegensätzlich zum Muster bei übergewichtigen Jugendlichen verändert. Sowohl bei Mädchen als auch bei Buben, die im unteren Bereich der Perzentile liegen, ist das lang und schmal, das Untergesicht kantiger. Die Augen sind relativ größer und die Nase ist lang. Bei dünnen Mädchen wirkt der Mund breiter, bei Buben schmaler, bei beiden sind jedoch die Lippen dünn. Ein Unterschied besteht auch bei den Augenbrauen, die bei untergewichtigen männlichen Jugendlichen eher caudal liegen, bei weiblichen cranial.

4.3 Körperfett und Gesichtsform

Da in den Deformationsgittern von BMI [Perzentilen] und Körperfettanteil kleine Unterschiede in den Mustern der Gesichtsform festgestellt wurden, ist ein Vergleich dieser naheliegend. Die meisten Merkmale verändern sich mit zunehmendem BMI genauso wie mit steigendem Körperfettanteil. Es ist jedoch auffällig, dass – wie schon beschrieben – bei einem höheren BMI die Augen relativ kleiner werden. Bei einem vermehrten Anteil an Körperfett verändert sich hier im Vergleich zum Durchschnittsgesicht kaum etwas. Auch im Bereich des Kinns unterscheiden sich die Muster. Das Kinn erscheint mit steigendem BMI länger, der Mund ist leicht nach oben verschoben. Ein hoher Anteil an Körperfett hingegen hat keinen Einfluss auf die Höhe des Kinns, es wird jedoch etwas breiter.

Die starke Korrelation zwischen dem BMI [kg/m^2] beziehungsweise dem BMI [Perzentilen], der aus dem BMI [kg/m^2] berechnet wurde und dem Körperfett ist der Grund dafür, dass die Veränderungen der Gesichtsform sehr ähnlich sind. Dieser Zusammenhang

wurde schon bei Gallagher et al. (2000) für Erwachsene und bei Dietz und Bellizzi (Review 1999) und Pietrobelli et al. (1998 - zitiert in Kromeyer-Hauschild et al., 2001) für Kinder gezeigt.

Die leicht unterschiedlichen Muster kommen vermutlich dadurch zustande, dass ein erhöhter Anteil an Fett nicht unbedingt mit einem hohen BMI verbunden sein muss beziehungsweise ein hoher BMI heißt nicht, dass zu viel Körperfett vorhanden ist (Gallagher et al., 2000). Eine vermehrte Einlagerung von Fett im Bereich des Kinns und der unteren Wangen bei einem hohen Anteil an Körperfett könnte die Breite des Kinns verursachen, wodurch die vertikale Veränderung kaum mehr sichtbar ist. Ein hoher BMI wirkt vor allem auf die Länge des Kinns, es ist aber möglicherweise der Fettanteil nicht so hoch, dass sich die Wangen im unteren Bereich stark verbreitern. Die relativ kleineren Augen bei Jugendlichen, deren BMI auf einem unteren Perzentil liegt, sind möglicherweise ebenfalls durch den Umstand bedingt, dass hier die Fetteinlagerung im oberen Wangenbereich stattfindet und die Augen dadurch kleiner erscheinen. Da bei erhöhtem Körperfettanteil auch der untere Bereich der Wangen an Größe zunimmt, verändert sich die relative Größe der Augen kaum.

4.4 Alter und Gesichtsform

Die Shape Regressionen auf das Alter für alle Jugendlichen gemeinsam und für Mädchen sind nicht signifikant, bei Buben gibt es jedoch einen signifikanten Unterschied zwischen jungen und älteren Schülern. Bei beiden Geschlechtern sind in den Deformationsgittern Veränderungen sichtbar.

Das von Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004) beschriebene Wachstum des Gesichtes konnte in dieser Studie vor allem bei den Buben deutlich gezeigt werden. Jüngere Schüler haben ein runderes, breiteres Untergesicht als ältere, bei denen das Kinn vertikal an Länge zunimmt und das gesamte Untergesicht schmaler, länger und kantiger wird. Auch die Nase wird mit zunehmendem Alter länger und schmaler. In einem jungen männlichen Gesicht liegen die Augen weiter auseinander und auch die Brauen haben wegen der breiteren Nasenwurzel einen größeren Abstand zueinander. Auch die in der genannten Literatur beschriebene höhere Stirn eines Kindes ist im Vergleich der Deformationsgitter bei jüngeren Buben zu sehen.

Bei Mädchen ist die Veränderung der Gesichtsform mit dem Alter weniger deutlich. Hier wird das Untergesicht während der Pubertät breiter und runder, das Kinn

wird kürzer, was mit den Ergebnissen von Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004) nicht übereinstimmt. Allerdings verändert sich in der Pubertät die Körperzusammensetzung (Kirchengast, 2008) und bewirkt Fetteinlagerungen in Wangen und Lippen (Burton, Bruce & Dench, 1993), die das Gesicht breiter machen und die Abweichung von der Literatur erklären würden. Die von Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004) beschriebene breite Nasenwurzel und die dadurch weiter auseinander stehenden Augen bei jüngeren Mädchen sind auch in den Deformationsgittern nachweisbar. Dass die Lippen in der Pubertät voller werden, kann durch die TPS-Gitter ebenfalls gezeigt werden und bestätigt die Aussage von Symons (1995, zitiert in Thornhill & Gangestad, 1999; Thornhill & Grammer, 1999; Thornhill & Moller, 1997), dass diese bei Mädchen durch den Einfluss von Östrogen vermehrt Fett einlagern. Es ist außerdem eine Veränderung der Augenbrauen zu sehen. Sie sind bei älteren Mädchen dünner und liegen weiter cranial. Dies kommt vermutlich dadurch zustande, dass viele der älteren Schülerinnen ihre Augenbrauen zupfen. Der Grund dafür, dass bei den Mädchen kein so deutlicher Unterschied zwischen jungen und älteren Gesichtern nachgewiesen werden konnte wie bei den Buben, könnte sein, dass ein weibliches erwachsenes Gesicht einem Kindergesicht ähnlicher ist als ein männliches. Mädchen hören früher auf zu wachsen und behalten dadurch einige der kindlichen Merkmale.

4.5 Geschlecht und Gesichtsform

Schon in der Hauptkomponentenanalyse der Gestaltvariablen zeigt sich deutlich, dass ein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Gesichtern besteht. In der Darstellung der ersten beiden Hauptkomponenten (Abbildung 9) ist eine Abgrenzung zwischen Buben und Mädchen ersichtlich. Beide Achsen korrelieren außerdem negativ mit dem Körperfett, was erneut auf den höheren Fettanteil bei Mädchen hinweist (Kirchengast, 2008). Die zweite Hauptkomponente korreliert auch positiv mit der WHR und zeigt somit, dass Buben eine höhere WHR haben als Mädchen. Dieses Ergebnis wird auch durch die Studie von Singh (2002) bestätigt.

Es gibt einen signifikanten Unterschied in der Gesichtsform von Mädchen und Buben. Die gefundenen geschlechtstypischen Gesichtsmerkmale entsprechen den Beschreibungen von Enlow und Hans (1996) und Wilkinson (2004). Frauen haben ein runderes, breiteres Gesicht als Männer. Das Kinn ist kurz, ein männliches Untergesicht hingegen ist eher langezogen und kantig. Die Nase ist bei Männern länger. Die in den

Deformationsgittern nachgewiesene höhere Stirn bei Mädchen wird auch in der Studie von Burton, Bruce und Dench (1993) genannt. Diese Merkmale zeigen erneut, dass ein adultes weibliches Gesicht einem Kindergesicht mehr ähnelt als das Gesicht eines erwachsenen Mannes, da das Wachstum bei Mädchen früher beendet ist als bei Buben.

Männer haben dickere Augenbrauen als Frauen, was auch von Burton et al. (1993) beschrieben wurde. In Bezug auf den Abstand zwischen Augen und Brauen gibt es von Burton et al. (1993) und van de Ven (2008) gegensätzliche Aussagen. Das Ergebnis der vorliegenden Studie trifft auf die Aussage von van de Ven (2008) zu, da die Brauen bei einem weiblichen Gesicht cranialer liegen als bei einem männlichen. Dass im Deformationsgitter zu sehen ist, dass die Augenbrauen bei Frauen weiter voneinander entfernt liegen, widerspricht ebenfalls der Aussage von Burton et al. (1993), der dieses Merkmal einem männlichen Gesicht zuordnet. Da die TPS-Gitter zum Vergleich des Sexualdimorphismus jedoch die älteren Mädchen zeigen und einige davon wie schon erwähnt ihre Augenbrauen zupfen, könnte hier der Grund für die Abweichung des Ergebnisses von der Literatur liegen.

Die vollen Lippen werden eindeutig als weibliches Merkmal gesehen und konnten auch in der vorliegenden Studie gezeigt werden. Sie kommen durch die Einwirkung von Östrogen zustande, sind ein Zeichen für Weiblichkeit und werden von Männern als attraktiv bewertet (Symons, 1995, zitiert in Thornhill & Gangestad, 1999; Thornhill & Grammer, 1999; Thornhill & Moller, 1997).

4.6 Intervenierende Variablen

Die in der Gesamtstichprobe der Mädchen bestehende negative Korrelation zwischen Alter und BMI [Perzentilen] ist bei den über 15jährigen ebenfalls vorhanden, bei Mädchen unter 15 Jahren jedoch nicht. Dem Scatter-Plot (Abbildung 20) nach zu urteilen kommt sie durch einige sehr schlanke 18jährige Mädchen zustande, ansonsten ist im Diagramm jedoch kein Zusammenhang ersichtlich. Viele Mädchen beginnen ab der Menarche bewusst abzunehmen, da sich die Körperzusammensetzung und auch das Gewicht in der Pubertät verändern (Abraham, 2003). In Deutschland haben fast 30% der weiblichen Jugendlichen zwischen 11 und 17 Jahren durch ihr Essverhalten ein erhöhtes Risiko an einer Essstörung zu erkranken, da sie einem Idealbild entsprechen möchten. Dieses Risiko steigt mit dem Alter an (Hölling & Schlack, 2007). Es ist möglich, dass dieser Trend in der vorliegenden Studie eingefangen wurde und dadurch einige der Schülerinnen mit ihrem BMI auf einem

niedrigen Perzentil liegen, da sie sehr auf ihr Gewicht achten. Da davon auszugehen ist, dass ohne den Einfluss dieser wenigen 18jährigen dünnen Mädchen kein Zusammenhang zwischen Alter und BMI [Perzentilen] bestehen würde, ist dieser vernachlässigbar und die Gestaltveränderungen durch den BMI [Perzentile] können als eigenes Muster angesehen werden, das nicht durch Altersmerkmale beeinflusst wird.

Dass keine Korrelationen zwischen Alter und Körperfett beziehungsweise zwischen Alter und BMI [Perzentilen] vorliegen zeigt, dass das Muster der Gesichtsveränderungen, die durch das Alter bedingt sind, ein anderes ist als das bei sinkendem oder steigendem BMI oder Körperfettanteil. Das Alter spielt also in den Deformationsgittern von Körperfett und BMI [Perzentilen] keine Rolle und beeinflusst die Veränderungen nicht. Dass sich jedoch die Gesichter bei zunehmendem BMI und bei hohem Fettanteil so ähnlich sind, ist durch den Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen bedingt.

Es wurde ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und Körperfettanteil festgestellt, der den Sexualdimorphismus in der Körperzusammensetzung bestätigt – Mädchen haben einen höheren Anteil an Körperfett als Buben (Kirchengast, 2008). Da jedoch die Muster der Gestaltveränderungen von Buben und Mädchen getrennt voneinander analysiert wurden, beeinträchtigt diese Korrelation die Ergebnisse nicht.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die zu Beginn aufgestellten Hypothesen konnten bestätigt werden, da ein hoher BMI beziehungsweise in diesem Fall der BMI in Perzentilen einen Einfluss auf die Gesichtsform bei Jugendlichen hat. Auch dass diese Veränderungen vor allem im Bereich des Untergesichtes stattfinden, wurde nachgewiesen. Das gegenteilige Muster bei untergewichtigen Jugendlichen konnte ebenfalls gezeigt werden. Die durch die untersuchten Variablen eher geringe erklärte Varianz der Gesichtsformveränderungen ist darauf zurückzuführen, dass diese durch sehr viele Variablen beeinflusst wird und jede nur einen geringen Teil ausmacht.

Weitere Untersuchungen könnten dahin führen, eine Bewertung der fotografierten Gesichter durchzuführen. Es wäre interessant herauszufinden, wie ein höherer BMI wahrgenommen wird. Da zum Beispiel ein dickes Gesicht einem Kindergesicht ähnelt (Enlow & Hans, 1996; Wilkinson, 2004), wäre es möglich, dass dickere Menschen jünger eingeschätzt werden als sie sind. Dies wäre für die sozialen Interaktionen von großer Bedeutung, da jünger wirkende Personen anders behandelt werden als ältere. Sie werden zum Teil als unerfahrener und unselbstständiger eingeschätzt (Montepare & Zebrowitz, 1998). Dies könnte dazu führen, dass dickere Menschen aufgrund ihres jünger wirkenden Gesichts von Lehrern oder später von Arbeitgebern als naiver und hilfsbedürftiger betrachtet werden, was zu sozialen, vielleicht auch zu psychischen Problemen führen könnte.

Ein männliches Gesicht hat wegen der Testosteroneinwirkung ein prominenteres Kinn und ein robusteres Gesicht (z.B. Fink et al., 2005). Swaddle und Reiersen (2002) fanden heraus, dass ein durch mehr Testosteron stärker ausgeprägtes Untergesicht dominanter wirkt. Da mit steigendem BMI auch die Breite des Kinns und der Mandibel zunimmt, ist es daher möglich, dass übergewichtige Personen dominanter wahrgenommen werden, was ebenfalls Auswirkungen auf die sozialen Interaktionen haben kann.

Da es auch Studien dazu gibt, die zeigen, dass ein Gesicht mit mehr Fett ungesunder und unattraktiver wirkt (Coetzee, Perrett & Stephen, 2009; Thornhill & Grammer, 1999), wäre auch eine Bewertungsstudie zu diesem Thema interessant. Es könnte dadurch eventuell herausgefunden werden, welche Gesichtsmerkmale in einem dicken Gesicht dafür verantwortlich sind, dass eine übergewichtige Person als ungesund oder unattraktiv eingeschätzt wird.

Danksagung

Vielen Dank an meine Diplomarbeitsbetreuerin Ao. Univ. Prof. Dr. Katrin Schäfer für die Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung der Studie und die Beantwortung vieler Fragen. Danke auch an Mag. Sonja Windhager für die zahlreichen Ideen und Tipps bei der Auswertung.

Ich bedanke mich bei den Direktoren der beiden Schulen, Herrn Mag. Feyrer und Frau Mag. Wotke, die die Datenaufnahme in ihren Schulen ermöglicht haben. Vielen Dank an alle Professoren und an die Schüler, die an der Studie beteiligt waren.

Danke an Veronika Svoboda für die gute Zusammenarbeit, die die gemeinsame Datenaufnahme und die Auswertung um einiges erleichtert hat.

Außerdem danke ich meinem Vater für die konstruktive Kritik und Unterstützung und meiner Mutter, meinem Bruder, meinem Freund und allen Freunden für die stets aufbauenden Worte.

Referenzen

- Abraham, S. F. (2003). Dieting, body weight, body image and self-esteem in young women: doctors' dilemmas. *Medical Journal of Australia*, 178, 607-611.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71, 5-16.
- Baughan, B., Demirjian, A., Levesque, G. Y., & Lapalme-Chaput, L. (1979). The pattern of facial growth before and during puberty, as shown by french-canadian girls. *Annals of Human Biology*, 6(1), 59-76.
- Bookstein, F. L. (1989). Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11, 567-585.
- Bookstein, F. L. (1991). *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bookstein, F. L. (1996). Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, 1, 225-243.
- Bookstein, F. L., Slice, D. E., Gunz, P., & Mitteroecker, P. (2004). Anthropology takes control of morphometrics. *Collegium Antropologicum*, 28, 121-132.
- Burton, A. M., Bruce, V., & Dench, N. (1993). What's the difference between men and women? Evidence from facial measurement. *Perception*, 22, 153-176.
- Coetzee, V., Perrett, D. I., & Stephen, I. D. (2009). Facial adiposity: a cue to health? *Perception*, 38, 1700-1711.
- Coetzee, V., Re, D., Perrett, D. I., Tiddeman, B. P., & Xiao, D. (2011). Judging the health and attractiveness of female faces: is the most attractive level of facial adiposity also considered the healthiest? *Body Image*, 8, 190-193.
- Cole, T. J. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*, 44, 45-60.
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., & Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal*, 320.
- Cole, T. J., Flegal, K. M., Nicholls, D., & Jackson, A. A. (2007). Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *British Medical Journal*, 335.
- Cooke, P. S., & Naaz, A. (2004). Role of estrogens in adipocyte development and function. *Experimental Biology and Medicine*, 229, 1127-1135.
- De Greef, S., Vandermeulen, D., & Claes, P. (2009). The influence of sex, age and body mass index on soft tissue depths. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, 5, 60-65.
- De Greef, S. et al. (2006). Large-scale in-vivo caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction. *Forensic Science International*, 159, 126-146.
- Dietz, W. H., & Bellizzi, M. C. (1999). Introduction: the use of body mass index to assess obesity in children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 123-125.

- Donofrio, L. M. (2000). Fat distribution: a morphologic study of the aging face. *Dermatologic Surgery*, 26, 1107-1112.
- Enlow, D. H., & Hans, M. G. (1996). Facial form and pattern. In *Essentials of facial growth*. Philadelphia: Saunders, 122-145 (Chapter 8).
- Farkas, L. G. (1994). Examination. In L. G. Farkas (Ed.), *Anthropometry of the head and face* (pp. 3-56). New York: Raven Press.
- Ferrario, V. F., Dellavia, C., Tartaglia, G. M., Turci, M., & Sforza, C. (2004). Soft tissue facial morphology in obese adolescents: a three-dimensional noninvasive assessment. *Angle Orthodontist*, 74(1), 37-42.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Poggio, C. E., & Schmitz, J. H. (1998). Facial volume changes during normal human growth and development. *The Anatomical Record*, 250, 480-487.
- Fink, B., Grammer, K., Mitteroecker, P., Gunz, P., Schaefer, K., Bookstein, F. L., & Manning, J. T. (2005). Second to fourth digit ratio and face shape. *Proceedings of the Royal Society Biology*, 272, 1995-2001.
- Foley, T. F., & Mamandras, A. H. (1992). Facial growth in females 14 to 20 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 101, 248-254.
- Freedman, D. S. et al. (2005). Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *International Journal of Obesity*, 29, 1-8.
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 694-701.
- Gower, J. C. (1975). Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*, 40, 33-51.
- Hatzinger, R., & Nagel, H. (2009). *PASW Statistics: Statistische Methoden und Fallbeispiele (ehemals SPSS)*. München: Pearson Studium.
- Hölling, H., & Schlack, R. (2007). Essstörungen im Kindes- und Jugendalter: Erste Ergebnisse aus dem Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50, 794-799.
- Kirchengast, S. (2008). Biocultural aspects of gender differences in body composition and obesity during childhood and adolescence. *Anthropologischer Anzeiger*, 66, 337-348.
- Kirchengast, S., & Angelika, G. (2003). Body composition characteristics during puberty in girls and boys from eastern Austria. *International Journal of Anthropology*, 18, 139-151.
- Klein, K. O. et al. (1998). Effect of obesity on estradiol level, and its relationship to leptin, bone maturation, and bone mineral density in children. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 83, 3469-3475.
- Kolar, J. C., & Salter, E. M. (1997). *Craniofacial Anthropometry: Practical Measurement of the Head and Face for clinical, surgical and research use*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Kromeyer-Hauschild, K. et al. (2001). Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 149(8), 807-818.

- Love, R. J., Murray, J. M., & Mamandras, A. H. (1990). Facial growth in males 16 to 20 years of age. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 97, 200-206.
- Mitteroecker, P., & Gunz, P. (2009). Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36, 235-247.
- Montepare, J. M., & Zebrowitz, L. A. (1998). Person perception comes of age: the salience and significance of age in social judgements. In M. P. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (Vol. 30, pp. 93-163). New York: Academic Press.
- Nanda, R. S., Meng, H., Kapila, S., & Goorhuis, J. (1989). Growth changes in the soft tissue facial profile. *The Angle Orthodontist*, 60(3), 177-190.
- O'Higgins, P., & Jones, N. (2006). Morphologika² – Tools for Shape Analysis, Version 2.5.
- Öhrn, K. et al. (2002). Craniofacial morphology in obese adolescents. *Acta Odontologica Scandinavica*, 60(4), 193-197.
- Pietrobelli, A. et al. (1998). Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *Journal of Pediatrics*, 132, 204-210.
- Rohlf, F. J. & M. L. F. (1993). A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology and Evolution*, 8(4), 129-132.
- Rohlf, F. J. (2010). tpsDig, Version 2.16. *Ecology & Evolution*, SUNY at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2009). tpsRegr, Version 1.37. *Ecology & Evolution*, SUNY at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2010). tpsRelw – Relative warps, Version 1.49. *Ecology & Evolution*, SUNY at Stony Brook.
- Rohlf, F. J. (2010). tpsUtil – Utility program, Version 1.46. *Ecology & Evolution*, SUNY at Stony Brook.
- Rolland-Cachera, M. F. et al. (1982). Adiposity indices in children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 36, 178-184.
- Sadeghianrizi, A., Forsberg, C., Marcus, C., & Dahllöf, G. (2005). Craniofacial development in obese adolescents. *European Journal of Orthodontics*, 27, 550-555.
- Siiteri, P. K. (1987). Adipose tissue as a source of hormones. *American Journal of Clinical Nutrition*, 45, 277-282.
- Singh, D. (2002). Female mate value at a glance: relationship of waist-to-hip ratio to health, fecundity and attractiveness. *Neuroendocrinology Letters*, 23, 81-91.
- Slice, D. E. (2007). Geometric morphometrics. *Annual Review of Anthropology*, 36, 261-281.
- Slice, D. E., Bookstein, F. L., Marcus, L. F., & Rohlf, F. J. (letztes Update 2009). A glossary for geometric morphometrics. <http://Life.Bio.Sunysb.Edu/Morph/Glossary/Gloss1.Html>.
- Starbuck, J. M., & Ward, R. E. (2007). The affect of tissue depth variation in craniofacial reconstructions. *Forensic Science International*, 172, 130-136.
- Swaddle, J. P., & Reiersen, G. W. (2002). Testosterone increases perceived dominance but not attractiveness in human males. *Proceedings of the Royal Society Biology*, 269, 2285-2289.

- Symons, D. (1995). Beauty is in the adaptations of the beholder: the evolutionary psychology of human female sexual attractiveness. In P. R. Abramson & S. D. Pinkerton (Ed.), *Sexual nature, sexual culture*. University of Chicago Press, 80-118 (Chapter 5).
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(12), 452-460.
- Thornhill, R., & Grammer, K. (1999). The body and face of woman: one ornament that signals quality? *Evolution and Human Behavior*, 20, 105-120.
- Thornhill, R., & Moller, A. P. (1997). Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews*, 72, 497-548.
- Turgeon, J. L., Carr, M. C., Maki, P. M., Mendelsohn, M. E., & Wise, P. M. (2006). Complex actions of sex steroids in adipose tissue, the cardiovascular system, and brain: insights from basic science and clinical studies. *Endocrine Reviews*, 27, 575-605.
- van de Ven, B. F. M. L. (2008). Facial feminisation, why and how? *Sexologies*, 17, 291-298.
- Wabitsch, M. (2000). Overweight and obesity in european children: definition and diagnostic procedures, risk factors and consequences for later health outcome. *European Journal of Pediatrics*, 159, 8-13.
- Wilkinson, C. (2004). *Forensic facial reconstruction*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 76-82 & 220-259.
- Zwiauer, K., & Wabitsch, M. (1997). Relativer Body-mass-Index (BMI) zur Beurteilung von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 145, 1312-1318.

Anhang

Anhang A: Bewilligung der Studie durch den Stadtschulrat



Ihr Zeichen, Unser Zeichen/GZ
Ihre Nachricht 240.128/0028-kanz2/2010

BearbeiterIn
MMag. Claudia Engleder
office@ssr-wien.gv.at

TEL 525 25 Datum
DW 77221 02.11.2010
FAX 9977221

Sehr geehrte Frau Patocka!
Sehr geehrte Frau Svoboda!

Der Stadtschulrat für Wien erteilt Ihnen die Bewilligung, im Rahmen Ihrer Diplomarbeit mit dem Titel

***„Fotografien von menschlichen Gesichtern
zur Erforschung von Veränderungen im Wachstum“***

eine Fragebogenerhebung bei Schüler/innen vorbehaltlich der Zustimmung der Direktion an den von Ihnen in Ihrem Ansuchen genannten Wiener Schulen

GRg 2 Kleine Sperlgasse 2c
GRg 12 Erlgasse 32-34

durchzuführen.

Für die Untersuchung sind die vorgelegten Unterlagen verbindlich. Bei der Mitarbeit von Lehrer/innen muss der Nachweis der Freiwilligkeit vorliegen.

Alle Untersuchungsergebnisse unterliegen der Anonymität und dürfen nur für die wissenschaftliche Arbeit Verwendung finden.

Mit freundlichen Grüßen
für die Amtsführende Präsidentin:

Mag. Margit Auer eh.
Abteilungsleiterin

**Fakultät für Lebenswissenschaften
Department für Anthropologie**
Althanstrasse 14, 1090 Wien

INFORMATIONSBLETT

Karin Patocka
Tel.: 0676 / 5057764
E-Mail: karin.pat@inode.at

Fotografien von menschlichen Gesichtern zur Erforschung von Veränderungen im Wachstum

Veronika Svoboda
Tel.: 0699 / 81457388
E-Mail: veronika.svoboda@gmx.at

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe SchülerInnen und Eltern!

Im Rahmen unserer Diplomarbeiten, unter der Leitung von ao.Univ.Prof. Dr. Katrin Schäfer am Department für Anthropologie der Universität Wien, möchten wir untersuchen, wie sich die Gesichter von Jugendlichen im Wachstum verändern. Neue morphometrische und statistische Methoden erlauben eine ganzheitlichere Betrachtung der Formveränderung des Gesichtes als es bisher möglich war.

Dazu machen wir standardisierte Fotos des Gesichtes von vorne und seitlich. Zusätzlich werden anthropometrische Daten wie Körperhöhe, Körpergewicht und Fingerlängen der TeilnehmerInnen gemessen. Anschließend werden Geschlecht, Geburtsdatum und Informationen wie bisherige Verletzungen des Gesichtes notiert. Die gesamte Datenaufnahme nimmt pro Person nicht länger als eine Viertelstunde in Anspruch. Die erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt.

Im weiteren Verlauf der Studie werden auf die Fotos digital Messpunkte gesetzt und die Koordinatenwerte dieser Punkte statistisch ausgewertet.

In unserer Diplomarbeit werden die Fotos nur dann gezeigt, wenn Sie ausdrücklich Ihre Genehmigung dazu erteilen.

Alle erhobenen Daten werden anonymisiert und streng vertraulich behandelt.

Wenn Sie unsere Diplomarbeit und die Wissenschaft unterstützen wollen, unterschreiben Sie bitte die beiliegende Einverständniserklärung.

Für weitere Erklärungen stehen wir gerne zur Verfügung.
Mit herzlichem Dank im Voraus und freundlichen Grüßen



Karin Patocka & Veronika Svoboda
Wien, im Dezember 2010

Anhang C: Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie. Von den Eltern oder den Schülern selbst (abhängig vom Alter) zu unterschreiben

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich damit einverstanden, dass Karin Patocka und Veronika Svoboda, Department für Anthropologie, Universität Wien, im Zuge ihrer Untersuchungen zum Gesichtswachstum Fotos meines bzw. des Gesichtes meiner Tochter/meines Sohnes machen und die Messwerte unter Wahrung der Anonymität im Rahmen ihrer Diplomarbeit für wissenschaftliche Zwecke verwenden.

Name des Schülers / der Schülerin: _____

Ich erteile darüber hinaus die Genehmigung, diese Fotos in wissenschaftlichen Publikationen im Rahmen der Diplomarbeit zu veröffentlichen: ☐ ja ☐ nein
(Zutreffendes bitte ankreuzen).

Der/die Erziehungsberechtigte bzw. bei Volljährigkeit die Schülerin/der Schüler:

Name: _____

Unterschrift: _____

Datum: _____ Ort: _____

Ich möchte bei Erscheinen der Studie per E-Mail verständigt werden:

Meine E-Mailadresse: _____

Von den Studienleiterinnen auszufüllen
Teilnehmer-Nr.:

Datenblatt Gesichter A

Teilnehmer-Nr.:

Datum der Datenaufnahme:

Ort:

Geburtsdatum:

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Körperhöhe (cm):

Taille (cm):

Hüfte (cm):

Körpergewicht (kg):

Körperfett (%):

	2D (Zeigefinger, mm)		4D (Ringfinger, mm)	
Linke Hand				
Rechte Hand				

Händigkeit: ☐ RechtshänderIn ☐ LinkshänderIn

Verletzungen der Finger:

Herkunftsland der Mutter:

Herkunftsland des Vaters:

Geburtskomplikationen, Verletzungen oder Operationen im Gesicht, kieferorthopädische oder kieferchirurgische Maßnahmen (z.B. Zahnsperre):

Frühere oder derzeitige Einnahme von Hormonpräparaten:

DANKE FÜR DEINE MITARBEIT!

Bemerkungen:

Datenblatt Gesichter B

Teilnehmer-Nr.:

Datum der Datenaufnahme:

Ort:

Geburtsdatum:

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Körperhöhe (cm):

Taille (cm):

Hüfte (cm):

Körpergewicht (kg):

Körperfett (%):

	2D (Zeigefinger, mm)		4D (Ringfinger, mm)	
Linke Hand				
Rechte Hand				

Händigkeit: ☐ RechtshänderIn ☐ LinkshänderIn

Verletzungen der Finger:

Herkunftsland der Mutter:

Herkunftsland des Vaters:

Geburtskomplikationen, Verletzungen oder Operationen im Gesicht, kieferorthopädische oder kieferchirurgische Maßnahmen (z.B. Zahnsperre):

Zeitpunkt der 1. Regel (ungefähr):

Frühere oder derzeitige Einnahme von Hormonpräparaten (z.B. Pille):

DANKE FÜR DEINE MITARBEIT!

Bemerkungen:

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Karin Patocka
Geburtsdatum & -ort:	29. 04. 1985 in Wien
Adresse:	Moselgasse 25/2/207, 1100 Wien
Kontakt:	karin.pat@gmx.at

Ausbildung

seit Oktober 2008	Diplomstudium Anthropologie mit Spezialgebiet Humanethologie Diplomarbeit seit September 2011
Oktober 2006 – Oktober 2008	Diplomstudium Biologie
Oktober 2003 – Oktober 2006	Akademie für den physiotherapeutischen Dienst im AKH Wien Diplom mit Auszeichnung im Oktober 2006
1995-2003	BG Erlgasse 32-34, 1120 Wien Matura mit Auszeichnung im Juni 2003
1991-1995	Volksschule Bischoffgasse 10, 1120 Wien

Berufspraxis

seit Februar 2011	regelmäßige Vortragstätigkeit im Rahmen von Atemschulen
seit Juni 2009	Physiotherapeutin und Ordinationsassistentin in pulmologischer Facharztordination
Mai 2007 – Juni 2009	Physiotherapeutin im Institut für pulmonale Rehabilitation Prof. Zwick Mitarbeit an mehreren wissenschaftlichen Studien zum Thema pulmonale Rehabilitation
seit März 2007	selbstständige Physiotherapeutin

Fortbildungen

Regelmäßige Fortbildungen (Kurse bei Physio Austria, ERS, ÖGP)

Mitgliedschaft bei Fachgesellschaften

Physio Austria, ERS, ÖGP

Sprachkenntnisse

Englisch Wort und Schrift

Russisch Grundkenntnisse

Italienisch Grundkenntnisse

EDV-Kenntnisse

SPSS, MS Office, Morphologika, tps-Programme

Interessen

Sport: Badminton (Wiener Landesliga), Outdoor-Aktivitäten

Sonstiges: Lesen, Musik, Film