

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie

der Universität Würzburg

Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

**3D-Analyse von Asymmetrien
der Gesichtsweichteile
vor und nach
kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer
Therapie**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Mirja Staufer

aus Essen

Würzburg, Mai 2009

Referentin: Prof. Dr. med. dent. Angelika Stellzig-Eisenhauer

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Josip S. Bill

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 27.08.2009

Die Promovendin ist Zahnärztin.

Meinen Eltern und Christian
in Liebe und Dankbarkeit
gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung.....	1
1.2	Fragestellung	6
2	Material & Methode.....	10
2.1	Material	10
2.1.1	Kontrollgruppe	10
2.1.2	Patientengruppe	10
2.1.3	Fragebogen	11
2.2	Messgerät und Messmethode	12
2.2.1	Positionierung im Messgerät	12
2.2.2	Sensor	12
2.2.3	Berechnung der Symmetrieebene	15
2.2.4	Ermittlung des Asymmetriegrades.....	17
2.2.5	Bestimmung der Teilbereiche der Gesichtsoberfläche ...	19
2.2.6	Registrierung der prä- zu den postoperativen Datensätzen	20
2.2.7	Berechnung der Winkelabweichung	22
2.3	Statistische Auswertung	23
3	Ergebnisse Teil 1: Asymmetriegrad.....	24
3.1	Kontrollgruppe.....	24
3.1.1	Asymmetriegrad der Kontrollgruppe	24
3.1.2	Grenzwert des Asymmetriegrades	24

3.2	Patientengruppe präoperativ	25
3.2.1	Präoperative Asymmetriegrade der Patientengruppe	25
3.2.2	Ausmaß und Lokalisation der präoperativen Asymmetriegrade der Patientengruppe	27
3.2.3	Präoperative Asymmetriegrade vor transversaler Korrektur	28
3.3	Patientengruppe postoperativ	30
3.3.1	Postoperative Asymmetriegrade der Patientengruppe ...	30
3.3.2	Ausmaß und Lokalisation der postoperativen Asymmetriegrade der Patientengruppe	32
3.3.3	Postoperative Asymmetriegrade nach transversaler Korrektur	33
3.4	Operativ bedingte Veränderung des Asymmetriegrades	34
3.4.1	Veränderung des Asymmetriegrades in den Patientengruppen	34
3.4.2	Veränderung des Asymmetriegrades in Abhängigkeit vom OP-Verfahren	38
3.4.3	Veränderung des Asymmetriegrades in Abhängigkeit von der Transversalverschiebung	38
3.4.4	Veränderung des Asymmetriegrades bei transversaler Korrektur in Abhängigkeit vom Grenzwert	39
3.5	Zusammenhang zwischen dem präoperativen Asymmetriegrad und der operativ bedingten Veränderung	42
3.6	Veränderung der Symmetrieebene in Abhängigkeit vom OP-Verfahren und der Lokalisation der Anomalie	43
4	Ergebnisse Teil 2:	
	Vergleich der Farbkodierung mit dem Asymmetriegrad	45
4.1	Grenzwertabhängige Asymmetriegradveränderungen	45

4.2	Prä- und postoperativer Vergleich bei Patienten mit und ohne transversale Korrektur	46
4.3	Prä- und postoperativer Vergleich bei Patienten mit Laterognathien.....	49
5	Ergebnisse Teil 3: Attraktivitätsbeurteilung.....	51
5.1	Attraktivitätsbewertung in Verbindung mit dem Asymmetriegrad	51
6	Diskussion	55
6.1	Material und Methode.....	55
6.2	Diskussion Teil 1 - Ergebnisse der Asymmetriegrade	57
6.3	Diskussion Teil 2 - Vergleich der Farbkodierung mit dem Asymmetriegrad	60
6.4	Diskussion Teil 3 - Ergebnisse der Attraktivitätsbeurteilung.....	61
6.5	Schlussfolgerung.....	63
7	Zusammenfassung	64
8	Literaturverzeichnis.....	67
9	Abkürzungsverzeichnis.....	79
10	Tabellenverzeichnis	81
11	Abbildungsverzeichnis	85
12	Anhang	87

Einleitung

1.1 Einführung

Das menschliche Gesicht wird durch bilaterale Symmetrie charakterisiert. Unter Symmetrie versteht man die harmonische Anordnung von Elementen zueinander, die bei gedachter Mittelachse ein jeweils spiegelgleiches Bild ergeben (*Strub et al. 1994*). Die vorliegende Spiegelsymmetrie beinhaltet somit die Übereinstimmung und das Gleichgewicht zwischen der linken und der rechten Gesichtshälfte hinsichtlich ihrer Größe, Anordnung und Form.

Wissenschaftler und Gelehrte beschäftigen sich seit langer Zeit mit der Grundlage für die Attraktivität eines Gesichtes. Bereits in der frühen griechischen Kunst beobachteten Künstler das Phänomen der Gesichtsasymmetrie (*Hönn et al. 2007, Lundstrom 1961*). Für eine Korrelation zwischen Symmetrie und Attraktivität wurden bislang viele unterschiedliche, teils konträre Ergebnisse ermittelt (*Braun et al. 2009, Grammer et al. 1993, Peck et al. 1991, Rhodes et al. 1998, Scheib et al. 1999, Thornhill et al. 1999*). Es ist bislang jedoch nicht gelungen, einheitliche Kriterien über den Zusammenhang zwischen der Attraktivitätsbeurteilung und der Gesichtsasymmetrie ausfindig zu machen (*Hönn et al. 2007*). Studien, die aussagen, dass eine geringfügige Asymmetrie die Attraktivität eines Gesichts steigern kann (*Braun et al. 2009, Strub et al. 1994, Thornhill et al. 1999*), stehen Thesen gegenüber, dass der Grad an Symmetrie die Attraktivität eines Gesichts steigert (*Grammer et al. 1993, Peck et al. 1991*). Im Jahr 2003 wurde von Braun et al. eine Untersuchung durchgeführt, die ergab, dass Gesichter als unattraktiv empfunden werden, wenn sie sehr asymmetrisch sind (*Braun et al. 2009*). Dieses Ergebnis deckt sich mit der Aussage, dass ein Gesicht erst bei größerer Abweichung von der Symmetrie als unnormal und unattraktiv gesehen wird (*Legan 1998*).

In der Natur kommt perfekte Symmetrie kaum vor. Die Ursachen für Asymmetrien sind multikausal (*Bishara et al. 1994, Legan 1998, Liu 2001*) und

beruhen auf Wachstum, Umweltfaktoren, genetischen Vorgaben und Dysfunktionen. Die Tatsache, dass die beiden Gesichtshälften nie vollkommen symmetrisch sind, bezeichnet man als Lateralität (*Becker 2003, Farkas et al. 1981*). Über die Richtung und das Ausmaß der Lateralität werden in der Literatur verschiedene Ausprägungen und Lokalisationen beschrieben (*Becker 2003, Haraguchi et al. 2002, Samman et al. 1992, Severt et al. 1997*). Die Lateralität ist in den meisten Fällen auf das untere Gesichtsdrittel beschränkt (*Haraguchi et al. 2002, Samman et al. 1992, Severt et al. 1997*) und häufig zur linken Seite hin ausgerichtet (*Becker 2003, Severt et al. 1997*), was auf ein geringeres Wachstum der linken Seite der Mandibula zurückzuführen ist. In der Literatur wird beschrieben, dass die rechte Gesichtshälfte sich gegenüber der linken dominant verhält (*Burke 1971, Farkas et al. 1981, Haraguchi et al. 2002, Koff et al. 1981, Peck et al. 1991, Shah et al. 1978*) und die linke Gesichtshälfte asymmetrischer ist als die rechte (*Bishara et al. 1994*).

Bei Asymmetrien wird zwischen fluktuierender und direktonaler Asymmetrie unterschieden (*Becker 2003*). Direktionale Asymmetrie bedeutet, dass eine ungleiche Ausprägung einer Seite eines Merkmals vorliegt. Die Natur gibt diese Ungleichheit vor, die auch bei einzelnen Organen des menschlichen Körpers, wie z.B. dem Herzen, zu finden ist. Fluktuierende Asymmetrie zeigt sich darin, dass paarig angelegte Merkmale wie z.B. Augen, Ohren, Nasenflügel und Mundwinkel unterschiedlich ausgeprägt und angeordnet sind. Somit nimmt die fluktuierende Asymmetrie Einfluss auf die Attraktivität eines Gesichtes.

Gesichtsasymmetrien sind ein dreidimensionales Problem, welches häufig bei Dysgnathiepatienten zu beobachten ist (*Proffit 1991*). Asymmetrien, die skelettal manifestiert sind, können sich auf das Weichgewebe auswirken, ebenso wie Weichgewebsasymmetrien nicht zwangsläufig auf eine skelettale Asymmetrie zurückzuführen sind. In der Literatur finden sich konträre Aussagen über die Wechselwirkung zwischen Weich- und Hartgewebe des Gesichtes (*Bastian et al. 2003, Burstone 1998, Dahan 1968, Ferrario et al. 1993, Ferrario et al. 1994, Marsan et al. 2009, Peck et al. 1991, Ras et al. 1994, Shah et al. 1978*). Die Ursache für die Weichgewebsasymmetrien ist primär skelettalen

Ursprungs, wobei der Grad der Asymmetrie im Unterkiefer stärker ausgeprägt ist als im Oberkiefer (*Burstone 1998*). Feststellungen, dass skelettale Strukturen einen höheren Grad der Asymmetrie im Vergleich zu den sie bedeckenden Weichgeweben zeigen (*Ferrario et al. 1994, Peck et al. 1991*), die versuchen, die skelettale Asymmetrie auszugleichen (*Burstone 1998, Ferrario et al. 2001, Ferrario et al. 1993, Melnik 1992*), stehen Aussagen gegenüber, dass die Weichgewebe einen Hinweis auf die Struktur der Hartgewebe liefern (*Burstone 1998*). Hart- und Weichgewebe interagieren miteinander und Funktionen sowie Dysfunktionen haben einen Einfluss auf das reziproke Gefüge. Eine Vorhersage über die Weichgewebsveränderung zu treffen ist schwierig, da sie vom Muskelansatz und der Elastizität des Gewebes abhängt (*Soncul et al. 2004*) und das Ausmaß einer skelettalen Modifikation nicht gleich der Weichgewebsveränderung ist.

Ziel einer kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie ist neben der Korrektur der statischen und dynamischen Okklusion eine ausgewogene skelettale Morphologie als Voraussetzung für ein harmonisches und ästhetisch ansprechendes Gesicht. Die Einstellung einer neutralen Okklusion führt aber nicht zwangsläufig zu einer Harmonisierung des Gesichtes (*Bastian et al. 2003*). Gesichtsasymmetrien sind ein dreidimensionales Phänomen mit sagittalen, vertikalen und transversalen Komponenten, die, um sie beurteilen zu können, ein diagnostisches Mittel benötigen, das die dreidimensionale Konstitution berücksichtigt.

Gesichtsasymmetrien zu erfassen und ihren Einfluss auf die Attraktivität zum Ausdruck zu bringen, sind keine neuen Forschungsziele. Es wurden bislang viele verschiedene Methoden für die Ermittlung von Asymmetrien entwickelt und angewandt. Die herkömmliche und zu diesem Zweck eingesetzte Diagnostik basiert auf frontalen Fotoaufnahmen (Enface-Aufnahmen) sowie auf Fernröntgenfrontalaufnahmen. Bei beiden diagnostischen Mitteln handelt es sich um eine zweidimensionale Darstellung von Gesichtsasymmetrien. In wissenschaftlichen Untersuchungen wird auch heute noch auf die Analyse der Enface-Aufnahme eines Patienten zur Ermittlung von Gesichtsasymmetrien

zurückgegriffen. Durch die Bestimmung einer Symmetrieebene und durch Messung von Strecken- und Flächendifferenzen zwischen den Gesichtshälften können die Enface-Aufnahmen analysiert werden (*Chebib et al. 1981, Edler et al. 2003, Masuoka et al. 2005*). Die Präzision der Symmetrieebenenbestimmung bei dieser Methodik ist fraglich, da Referenzpunkte wie z.B. Kinn, Philtrum und Nase herangezogen werden, die häufig nicht exakt in der Gesichtsmittle oder in asymmetrischen Bereichen des Gesichtes liegen. Je größer der Winkel zwischen der Symmetrieebene und der Projektionsrichtung ist, desto größer erscheint die Asymmetrie eines ideal symmetrischen Gesichtes (*Ehmer et al. 1993, Trpkova et al. 2003*). Die Symmetrieeigenschaft des zweidimensionalen Körpers ist somit sehr empfindlich, was die Projektionsrichtung und die Wiedergabe eines dreidimensionalen Gegenstandes betrifft.

Die Vermessung des knöchernen Gesichtsschädels anhand von posterior-anterioren Fernröntgenaufnahmen sind neben den Fotostataufnahmen eine weit verbreitete Methode für die Analyse von Asymmetrien (*Dahan 1968, Douglas 2004, Ehmer et al. 1993, Peck et al. 1991, Shah et al. 1978, Trpkova et al. 2003*). Masuoka et al. und Peck et al. untersuchten, ob das Ausmaß der anhand von kephalometrischen Messungen diagnostizierten skelettalen Asymmetrien mit der subjektiven Beurteilung der Gesichter übereinstimmt (*Masuoka et al. 2005, Peck et al. 1991*). Dabei stellten sie deutliche Abweichungen fest, die sie mit der unterschiedlichen Weichteildicke in transversaler und sagittaler Richtung erklärten. Die klinische Wahrnehmung einer skelettalen Asymmetrie kann durch die Weichgewebe verfälscht werden (*Dahan 1968, Masuoka et al. 2005, Peck et al. 1991*). Zweidimensionale Analysen sind, egal ob sie auf Enface-Aufnahmen oder Fernröntgenbildern beruhen, für die Darstellung und die Analyse von dreidimensionalen Gesichtsasymmetrien nicht geeignet. Bei jeder Behandlungsplanung, die sich nur auf eine zweidimensionale Diagnostik stützt, kann die Korrektur von dentalen und skelettalen Anomalien ein funktionell ausreichendes Ergebnis liefern. Fraglich bleibt allerdings, ob dies auch eine Verbesserung der Gesichtsästhetik zur Folge hat, die für den Patienten neben der Korrektur von

Frontzahnfehlstellungen und Kieferlageabweichungen von großer Bedeutung ist. Um die besten chirurgischen Ergebnisse zu erzielen, muss der dreidimensionale Aufbau der Gesichtsschweichteile in der Diagnostik berücksichtigt werden.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Techniken zur Erfassung der dreidimensionalen Gesichtsoberfläche haben zahlreiche Arbeitsgruppen Verfahren entwickelt, die zur Analyse von Gesichtssymmetrien herangezogen werden können. Dazu zählen die Holographie (*Bongartz 2002*), Moiré-Topographie (*Kawai et al. 1990*), Laserscanning (*McCance et al. 1997, O'Grady et al. 1999*), Stereophotogrammetrie (*Ferrario et al. 1994, Hajeer et al. 2004, Ras et al. 1995*), 3D-Ultraschall (*Hell 1995*), Stereolithographie (*Bill et al. 1995*) und die 3D-CT (*Khambay et al. 2002, Nkenke et al. 2004*).

Viele der genannten Methoden beruhen auf landmarkenabhängiger Bestimmung der Gesichtssymmetrieebene. Wie es von anthropometrischen Methoden bekannt ist, werden Referenzpunkte für die Ermittlung von Asymmetrien, die durch Differenzen zwischen paarweisen Messungen der linken und rechten Gesichtshälfte bestimmt werden, herangezogen (*Farkas et al. 1981, Ferrario et al. 1994, Landes et al. 2002, Ras et al. 1995*). Da die Symmetrieebene nur durch wenige Referenzpunkte, die zusätzlich auch noch in asymmetrischen Bereichen liegen können, ermittelt wird und es bei deren Bestimmung zu Ungenauigkeiten kommen kann, ist die Reliabilität dieser Methode in Frage zu stellen. Darüber hinaus sind die auf Landmarken basierten Methoden nicht in der Lage, Asymmetrien in Regionen zu identifizieren, in denen kaum Referenzpunkte liegen.

Im Institut für Optik, Information und Photonik wurde in Kooperation mit der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Erlangen-Nürnberg eine landmarkenunabhängige Methode zur Erfassung von dreidimensionalen Oberflächen entwickelt (*Benz 2005, Nkenke et al. 2003, Nkenke et al. 2006, Nkenke et al. 2004*). Die Datenakquisition erfolgt mit einem Sensor, der nach dem Prinzip der phasenmessenden Triangulation arbeitet, frei von

ionisierenden Strahlen ist und Daten berührungslos innerhalb von 0,8 ms erfasst. Die Reproduzierbarkeit der Bestimmung der Symmetrieebene sowie die Berechnung des Asymmetriegrades und der Winkelabweichung wurden analysiert und die Reliabilität der Methode bestätigt (*Benz 2005, Hartmann et al. 2007*).

Ziel dieser Studie war eine dreidimensionale vergleichende Analyse von Asymmetrien der Gesichtsweichteile vor und ein Jahr nach kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Therapie, basierend auf der landmarkenunabhängigen Methode von Benz et al. (*Benz 2005*). Ergänzend wurden die Patientengesichter von Laien, Kieferorthopäden und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen hinsichtlich ihrer Symmetrie und Attraktivität eingestuft. Dabei sollte geklärt werden, inwiefern sich die Lokalisation und das Ausmaß einer Gesichtsasymmetrie auf die Bewertung der Attraktivität auswirken.

1.2 Fragestellung

Anlass zu dieser Untersuchung war die Tatsache, dass die Umstellung der skelettalen Morphologie im Zuge von Dysgnathieoperationen mit einer Gesichtsweichteilveränderung einhergeht, die einen Einfluss auf die Gesichtsasymmetrie ausübt. Es stellte sich die Frage, in wiefern sich die Asymmetrie der Weichteile durch den operativen Eingriff verändert und ob das Operationsverfahren und die skelettale Anomalie ein Indiz für absehbare Weichteilveränderungen sind.

Mittels einer dreidimensionalen, landmarkenunabhängigen Dokumentation von operativ bedingten Weichteilveränderungen wurde eine Analyse in Abhängigkeit von Art und Ausmaß der Asymmetrie, der Art der Dysgnathie und dem Operationsverfahren (uni- oder bimaxilläre Osteotomie, transversale Schwenkung) durchgeführt. Die Gesichtsasymmetrie der Dysgnathiepatienten sollte in Form eines Asymmetriegrades und visuell prä- und postoperativ zum Ausdruck gebracht werden. Mit Hilfe der vertexbezogenen Farbkodierung

wurden die asymmetrischen Bereiche und das Ausmaß der Gesichtsasymmetrie veranschaulicht. Probanden, die keine Dysgnathie aufwiesen, stellten die Kontrollgruppe dar. Es erhob sich die Frage, inwiefern sich die Ergebnisse der Patientengruppe von denen der Kontrollgruppe unterschieden.

Die Attraktivität und die Symmetrie bzw. Asymmetrie der Patientengesichter wurde von Laien, Kieferorthopäden und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen eingestuft und in Zusammenhang mit dem Asymmetriegrad gebracht. Dabei sollte geklärt werden, inwieweit sich das Ausmaß und die Lokalisation von asymmetrischen Gesichtsbereichen auf die Beurteilung der Attraktivität auswirken.

Folgende Fragen sollten geklärt werden:

1. Präoperative Analyse

- Unterscheiden sich die präoperativen Asymmetriegrade der Patientengruppe signifikant von denen der Kontrollgruppe?
- Gibt es innerhalb der Patientengruppe präoperativ Unterschiede hinsichtlich der Lokalisation und der Ausprägung der Gesichtsasymmetrie?
- Zeigen Patienten, bei denen der/die Kiefer > 1 mm chirurgisch geschwenkt wurden, prätherapeutisch einen in diesem Bereich signifikant größeren Asymmetriegrad als Patienten ohne transversale Korrekturen?

2. Postoperative Analyse

- Unterscheiden sich die postoperativen Asymmetriegrade der Patientengruppe von denen der Kontrollgruppe?
- Gibt es innerhalb der Patientengruppe postoperativ Unterschiede hinsichtlich der Lokalisation und der Ausprägung der Gesichtsasymmetrie?
- Gibt es innerhalb der Patientengruppen Unterschiede hinsichtlich der Veränderung des Asymmetriegrades nach der Operation?

3. Vergleichende Analyse der prä- und postoperativen Asymmetriegrade

- Ist eine Verbesserung bzw. Verschlechterung des Asymmetriegrades in Abhängigkeit von dem Operationsverfahren (uni-/bimaxilläre Osteotomie) feststellbar?
- Gibt es in der Patientengruppe (transversale Abweichung Ober- und/oder Unterkiefer) Unterschiede hinsichtlich der Veränderung des Asymmetriegrades nach der Operation?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen der Transversalverschiebung des Oberkiefers/Unterkiefers und der Abnahme des Asymmetriegrades im gesamten Gesicht, Mittelgesicht und Untergesicht?
- Wurde bei den Patienten mit einem präoperativ ausgeprägten Asymmetriegrad eine chirurgische Schwenkung vorgenommen, und wenn ja, waren die postoperativen Werte signifikant gesunken?
- Korrelieren Ausmaß und Lokalisation der präoperativen Asymmetrie (Asymmetriegrad) mit dem Ausmaß der operativ bedingten Verbesserung bzw. Verschlechterung des Asymmetriegrades?

4. Analyse der Symmetrieebene

- Wie stark verändert sich die Gesichtssymmetrieebene durch die Dysgnathieoperation?
- Ist die Veränderung der Gesichtssymmetrieebene von der Lokalisation der Anomalie bzw. dem Ort der chirurgischen Intervention abhängig?
- Verändert sich die Gesichtssymmetrieebene bei bimaxillär operierten Patienten stärker als bei unimaxillärer Operation?

5. Attraktivitätsbeurteilung

- Besteht ein Zusammenhang zwischen der von Laien, Kieferorthopäden und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen durchgeführten subjektiven Beurteilung der Symmetrie und den asymmetrischen Bereichen der Patientengesichter mit dem ermittelten Asymmetriegrad?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Asymmetriegrad und der Attraktivität der Gesichter?
- Wurden die Patienten postoperativ attraktiver bewertet?

2 Material und Methode

2.1 Material

2.1.1 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe setzte sich aus 20 Probanden zusammen, die eine skelettale Klasse I (KI.I) aufwiesen (Wits -2 bis +2, ANB +1 bis +4) (*Diedrich 2000, Schopf 2000*). Der Altersdurchschnitt betrug 24,7 Jahre (+/- 1,3 Jahre); 9 Probanden waren männlich, 11 waren weiblich. Die Kontrollgruppe diente der Bestimmung des Grenzwertes für eine überdurchschnittliche Gesichtasymmetrie. Ausschlusskriterien für Probanden der Kontrollgruppe waren ein ANB < +1 oder > +4, ein Witswert von < -2 oder > +2, eine kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung und eine stattgefundenene kieferorthopädische Extraktionstherapie.

2.1.2 Patientengruppe

Gegenstand der Untersuchung waren 40 Patienten, die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelt wurden. Die Patienten wurden in der Woche vor der Operation (T1) +/- 3 Tage und ein Jahr nach der Operation (T2) +/- 2 Monate mit dem FaceScan^{3D} aufgenommen (*3D-Shape GmbH*). Der Altersdurchschnitt der Patienten betrug 25,9 Jahre (+/- 7,8 Jahre); 17 Patienten waren männlich, 23 weiblich. Die bestehenden Kieferlageabweichungen (Dysgnathien) wurden den unterschiedlichen skelettalen Klassen (skelettale Klasse II, skelettale Klasse III) zugeordnet (*Diedrich 2000, Schopf 2000*). Das Patientengut setzte sich aus 20 Patienten mit einer skelettalen Klasse II (KI.II) und 20 Patienten mit einer skelettalen Klasse III (KI.III) zusammen. Die chirurgische Therapie der Patienten unterschied sich im Operationsverfahren. Insgesamt wurden 26 Patienten mittels bimaxillärer Umstellungsosteotomie (Bimax), 8 mittels unimaxillärer Umstellungsosteotomie (Unimax) im Oberkiefer (OK) und 6 mittels unimaxillärer Umstellungsosteotomie im Unterkiefer (UK)

operiert. Bei 15 Patienten wurde eine Transversalverschiebung in beiden Kiefern, bei 6 Patienten nur im Oberkiefer und bei 12 Patienten nur im Unterkiefer vorgenommen. 10 der Patienten wiesen eine Laterognathie auf. Die Anomalie der Laterognathie definierte sich über einen im Vergleich zum gesamten Gesicht erhöhten Asymmetriegrad im Untergesicht, der den durch die Kontrollgruppe festgelegten Grenzwert überschritt.

2.1.3 Fragebogen

Die Beurteilung der Attraktivität, der Symmetrie und der Lokalisation der Asymmetrie der Patientengesichter wurde von 10 Kieferorthopäden, 10 Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen und 20 Laien vorgenommen. 4 der Kieferorthopäden waren männlich, 6 weiblich; 7 der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen waren männlich, 3 weiblich; 10 der Laien waren männlich, 10 weiblich.

Die mit dem FaceScan^{3D} dreidimensional erfassten Gesichter wurden mittels der Software *3D-Viewer* nach ihrer Symmetrieebene ausgerichtet. Die zu beurteilende Gesichtsoberfläche wurde zweidimensional in Graustufen abgebildet und so dargestellt, dass zur Beurteilung ausschließlich die Gesichtsoberfläche zur Verfügung stand (**Abb.1**). Von den 40 Patienten resultierten insgesamt 80 prä- und postoperative, zufällig aufeinander folgende Patientenbilder. Das Alter und das Geschlecht der Patienten wurden angegeben.

Auf einer Skala von 1 (gering attraktiv) bis 7 (sehr attraktiv) sollten die Beurteilergruppen die Attraktivität der Gesichter einstufen (**Abb.1**). Des Weiteren wurden die Gesichter auf Symmetrie bzw. Asymmetrie analysiert und bewertet. Wurde ein Gesicht als asymmetrisch eingestuft, sollten die Beurteiler angeben, ob der asymmetrische Bereich im Unter-, Mittel- oder gleichzeitig im Unter- und Mittelgesicht lokalisiert war (**Abb.1**).

der optischen Messtechnik die Methode zur Entfernungsmessung mit Hilfe von Licht.

Die dreidimensionalen Messdaten der Gesichtsoberfläche werden von dem Sensor berührungslos bei einer hohen Auflösung in z-Richtung (0,2 mm) innerhalb von 0,8 ms erfasst. Die Lichtintensität für die Akquisition der Daten ist gering und frei von ionisierenden Strahlen, wodurch für den Patienten keine weiteren Schutzmaßnahmen zu treffen sind. Durch eine für diagnostische Zwecke geeignete Spiegelkonstruktion kann mit nur einer Messaufnahme die Gesichtsoberfläche des Patienten von Ohr zu Ohr ($> 180^\circ$) erfasst werden (**Abb.2**).



Abb.2
Spiegelkonstruktion



Abb.3
Streifenmuster mit sinusförmiger
Intensitätsverteilung

Das verwendete Triangulationsverfahren ist die aktive Triangulation (*Benz 2005*), bei der das Objekt aus einer Richtung durch ein Streifenmuster mit sinusförmiger Intensitätsverteilung senkrecht zur Streifenrichtung beleuchtet wird (**Abb.3**). Das Streifenmuster wird durch ein LCD mit Hilfe einer astigmatischen Projektion erzeugt. Der Sensor ist so kalibriert, dass für jedes Pixel ein Messpunkt im dreidimensionalen Raum berechnet werden kann. Zusätzlich verfügt der Sensor noch über zwei CCD-Kameras, die gemeinsam kalibriert sind. Somit liegen die Messpunkte der beiden Kameras im gleichen Koordinatensystem.

Die 3D-Messpunkte liegen als Rasterdatensatz vor (**Abb.4**), der mit der Software *3D-Viewer* der Firma 3D Shape visualisiert und gespeichert werden

kann. Der Rasterdatensatz kann mittels Triangulation, d.h. durch die Verwandlung des Rasterdatensatzes in ein Dreiecksnetz (**Abb.5**), in einer anderen Form der dreidimensionalen Information gespeichert werden. Der Vorteil dieser Umwandlung ist, dass der Dreiecksdatensatz keine ungültigen Punkte mehr besitzt. Die so genannten ungültigen Punkte wurden künstlich an Stellen des Rasters eingefügt, an denen ausgehend von den Intensitätswerten des zugehörigen Pixels kein Messpunkt im dreidimensionalen Raum berechnet werden konnte. Das Dreiecksnetz wird anschließend geglättet, um das Messrauschen unter Erhalt der detaillierten Oberfläche beizubehalten. Der Dreiecksdatensatz wird verschmolzen und kann nach Bedarf nachgearbeitet werden. Dazu gehören die Beseitigung von Artefakten, der Lückenschluss und die Flächenglättung. Das Ergebnis der Flächenmodellierung kann als Dreiecksnetz mit der Software *3D-Viewer* visualisiert und in Textur dargestellt werden (**Abb.6**).



Abb.4
Rasterdatensatz

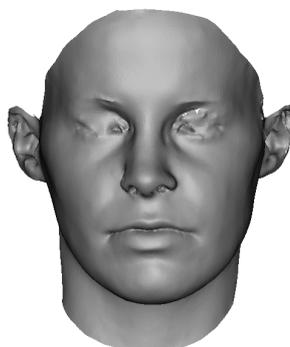


Abb.5
Dreiecksnetz



Abb.6
Ergebnis der
Flächenmodellierung mit Textur

2.2.3 Berechnung der Symmetrieebene

Die Gesichtssymmetrieebene wurde nach der von Benz et al. (Benz 2005, Greiner et al. 2002) entwickelten Methode bestimmt, deren grundsätzliche Kernidee darin besteht, die Symmetrieebene auf ein Registrierungsproblem zurückzuführen. Die Symmetrieebene kennzeichnet sich dadurch, dass Original- und Spiegelbild in ihrer räumlichen Lage übereinstimmen, oder umgekehrt die Lage der Symmetrieebene durch die Spiegelung eines Originals in einer beliebigen Ebene gewonnen wird und anschließend die beiden Bilder zur Deckung gebracht werden. Das Standardverfahren, um zwei Oberflächen im dreidimensionalen Raum mit minimalem Abstand zur Deckung zu bringen, ist die so genannte Registrierung, welche aus Rotation und Translation des gespiegelten Koordinatensystems besteht. Für die Bestimmung der Symmetrieebene ist die Dreiecksnetzbeschreibung der Gesichtsoberfläche Voraussetzung.

Das Verfahren der Registrierung wird anhand der Abbildungen 7 und 8 beschrieben. Zu Beginn wird das Original an einer beliebigen Ebene gespiegelt. Die anschließende Registrierung erfolgt in zwei Schritten. Im ersten Schritt bringt die manuelle Grobregistrierung die beiden Datensätze zunächst annähernd zur Deckung (**Abb.7**). Dabei werden Kreuzpaare verwendet, die Punkte im Original- und Spiegeldatensatz mit identischer Lokalisation darstellen. Die manuell gesetzten korrespondierenden Kreuzpaare dürfen einen Abstand von 0,7 mm nicht überschreiten und die Kreuzpaare sollten möglichst nicht in einer Ebene liegen, da bei einfacher linearer Verbindung der Kreuzpaare Original- und Spiegelbild umeinander rotieren und es zur fehlerhaften Registrierung kommt.

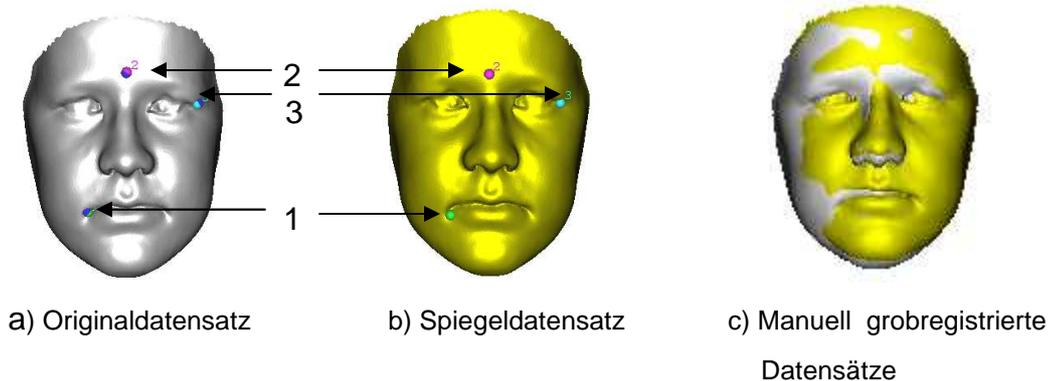


Abb.7 Manuelle Grobregistrierung des a) Original- und b) Spiegeldatensatzes mit korrespondierenden Kreuzpaaren 1, 2, und 3 und c) Ergebnis der manuellen Grobregistrierung. Der Abstand der korrespondierenden Kreuze muss $< 0,7$ mm sein.

Nach der Grobregistrierung erfolgt die automatische Feinregistrierung, basierend auf speziellen Iterated-Closest-Point-Algorithmen (ICP) (Laboureux 2001). Unter Iterated-Closest-Point-Algorithmen versteht man Algorithmen, die Punktwolken zusammenfügen. Wenn ein Objekt dreidimensional abgetastet wird, entstehen Punktwolken, die zu einem vollständigen Objekt zusammengefügt werden können.

War die Registrierung erfolgreich, wurde die Symmetrieebene mit Hilfe von assoziierten Punkten des Original- und des registrierten Spiegeldatensatzes ermittelt (Benz 2005). Zur Visualisierung des Registrierungsergebnisses werden die Abstände korrespondierender Punkte von Original- und Spiegelbild den Bildpunkten als kodierter Farbwert zugeordnet. Ist ein Objekt perfekt symmetrisch und die Aufnahme wurde rauschfrei aufgenommen, so ist die optimale Ausrichtung dann gegeben, wenn der Abstand zwischen Original- und Spiegelbild null ist; d.h. die beiden Datensätze wurden völlig zur Deckung gebracht. Die Symmetrieebene wurde automatisiert mit der von Benz et al. entwickelten Software *Asymmetrieprogramm* berechnet und das Ergebnis konnte im *3D-Viewer* visualisiert werden (Abb.8).

Der Vorteil gegenüber einem landmarkenbasierten Verfahren ist, dass zur Berechnung zwischen 10.000 und 16.000 Punktpaare herangezogen werden und dass durch den Abstandsschwellenwert bei der Registrierung nur symmetrische Anteile berücksichtigt werden.

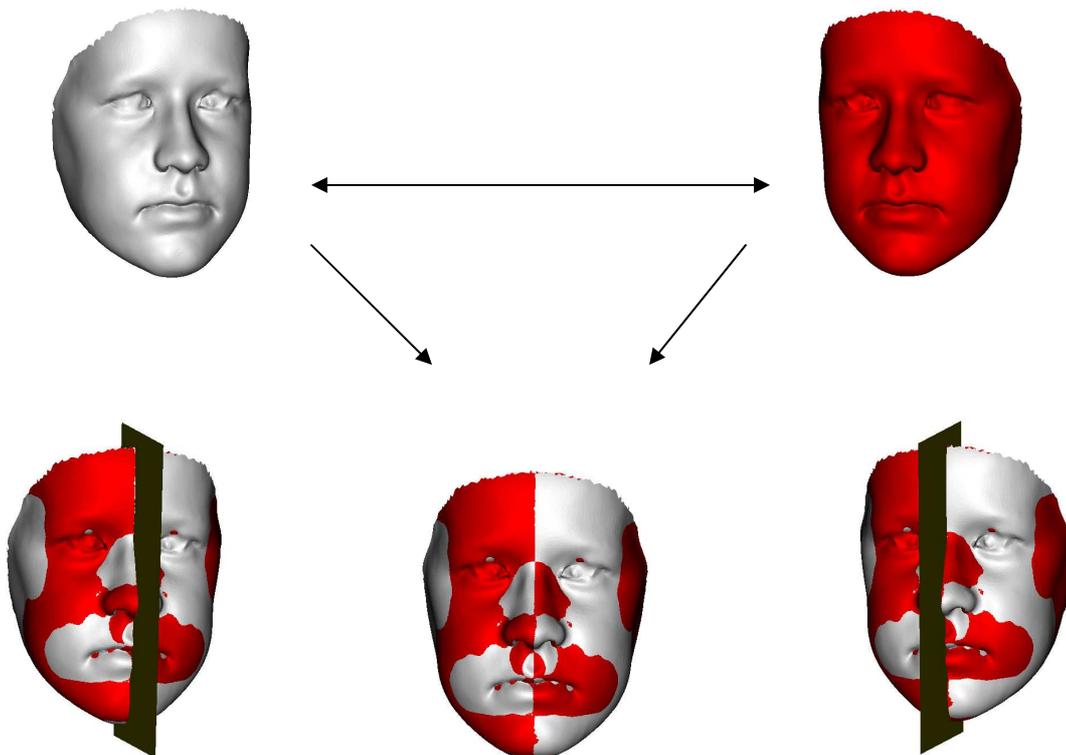


Abb.8 Originaldatensatz in grau, Spiegeldatensatz in rot, feinregistrierte Datensätze mit Symmetrieebene

2.2.4 Ermittlung des Asymmetriegrades

Als Maß für die Asymmetrie wurde der Asymmetriegrad berechnet. Die Abstandsberechnung zwischen dem Original- und dem registrierten Spiegeldatensatz ermöglicht die Quantifizierung der Asymmetrie. Für jedes Dreieck wird im Überlappbereich der Abstand der beiden Oberflächen zueinander bestimmt. Der Abstand der jeweiligen Dreiecke zueinander kann positiv oder negativ ausfallen. Dies hängt von der Orientierung der Dreiecke zueinander ab. Bei der Abstandsberechnung wird der Asymmetriegrad als

mittlerer absoluter Abstand zwischen den Oberflächen und lokalen Einzelabschnitten der Oberflächen ermittelt. Die zugrunde liegenden Algorithmen werden von Benz et al. beschrieben (Benz 2005). Je größer der mittlere absolute Abstand d_{abs} (mm), desto größer die Asymmetrie.

Mittlerer absoluter Abstand d_{abs} (mm) = Asymmetriegrad

Der Asymmetriegrad wird somit der Asymmetrie der Gesichtsoberfläche qualitativ gleichgesetzt. Die Berechnung des Asymmetriegrades erfolgt automatisiert mit der von Benz et al. entwickelten Software *Asymmetrieprogramm*. Das Ergebnis der Berechnung kann mathematisch als Asymmetriegrad oder visuell als vertexbezogene Farbkodierung der Gesichtsasymmetrie veranschaulicht und zur Analyse herangezogen werden (Abb.9).

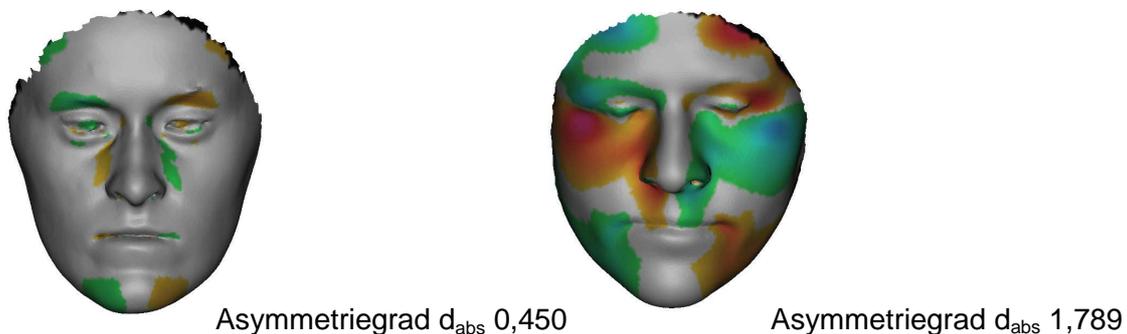


Abb.9 Vertexbezogene Farbkodierung der Gesichtsasymmetrie

Mittels farbkodierter Darstellung konnte die Gesichtsasymmetrie visualisiert werden. Die Punkteabstände wurden farblich gekennzeichnet (Abb.10). Den einzelnen Punkten des Originaldatensatzes wurden Farbwerte entsprechend dem jeweiligen Abstand zum Spiegelbild gegeben. War der Abstand des Spiegelbildes zum Originalbild kleiner als der Schwellenwert von 1 mm, wurden die Punkte weiß dargestellt. Punkte, die 1 mm oder mehr hinter der gespiegelten Oberfläche lagen, wurden gelb bis rot, und Punkte, die 1 mm oder mehr davor lagen, wurden in der Abstufung von je einem Millimeter grün bis

blau dargestellt. Ab einem Abstandswert von über 10 mm fand keine farbliche Differenzierung mehr statt.

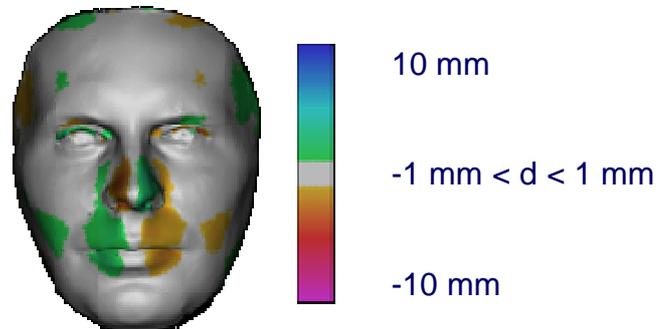


Abb.10 Visualisierung durch farbkodierte Darstellung

2.2.5 Bestimmung der Teilbereiche der Gesichtsoberfläche

Um das Ausmaß und die Lokalisation der Gesichtssymmetrie zu präzisieren wurden die Asymmetriegrade von Teilbereichen der Gesichtsoberfläche der Patienten berechnet und analysiert. Die Gesichtsoberfläche wurde in die Teilbereiche Ober- (OG), Mittel- (MG) und Untergesicht (UG) unterteilt (**Abb.11**).

Als Grundlage für die Unterteilung der Gesichtsoberfläche dienten die feinregistrierten Original- und Spiegeldatensätze, von denen bereits die Symmetrieebenen bestimmt wurden.

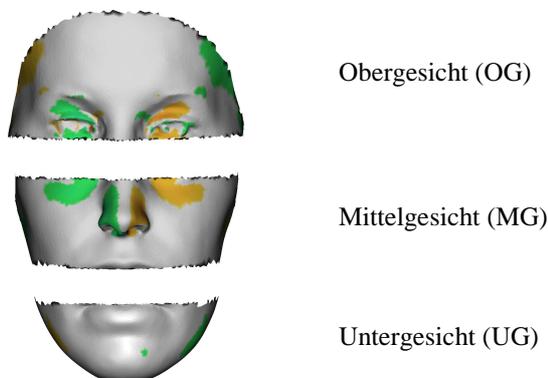


Abb.11 Unterteilung in Ober-, Mittel- und Untergesicht

Im *3D-Viewer* wurde die Gesichtsoberfläche nach der Symmetrieebene ausgerichtet (**Abb.12**). Als Grenze zwischen Unter- und Mittelgesicht wurde die Mundspalte gewählt; die Grenze vom Mittel- zum Obergesicht stellte das Unterlid dar (**Abb.13**). Diese Einteilung entsprach den operativ beeinflussten Arealen des Gesichtes. Sowohl prä- als auch postoperative Datensätze wurden in die oben genannten Teilbereiche unterteilt.



Abb.12

Ausrichtung nach der Symmetrieebene

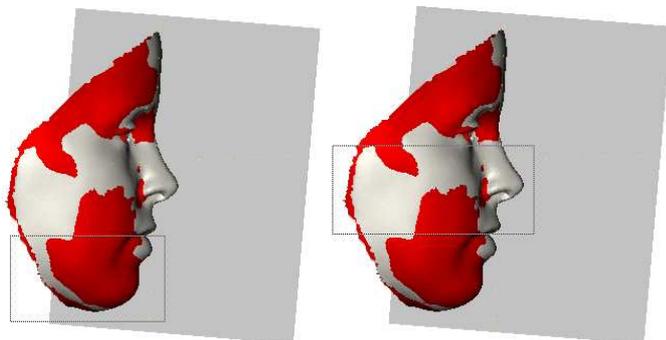


Abb.13

Schnittebenen zur Einteilung in die Teilbereiche des Gesichtes Unter- und Mittelgesicht

2.2.6 Registrierung der prä- zu den postoperativen Datensätzen

Um die operativ bedingte Weichteilveränderung visuell darstellen zu können, wurden die prä- und postoperativen Datensätze der Patienten mit Hilfe einer Stirnmaske registriert. Die Stirnmaske beinhaltet Areale des Gesichtes, die durch uni- oder bimaxilläre Operationen nicht verändert werden. Die Informationen für die Stirnmaske wurden dem präoperativen Datensatz entnommen und mit dem entsprechenden postoperativen Datensatz manuell grobregistriert. Ebenso wie bei der Registrierung von Original- und Spiegelbild sollte der Abstand der korrespondierenden Kreuzpaare unter 0,7 mm liegen (**Abb.14**).

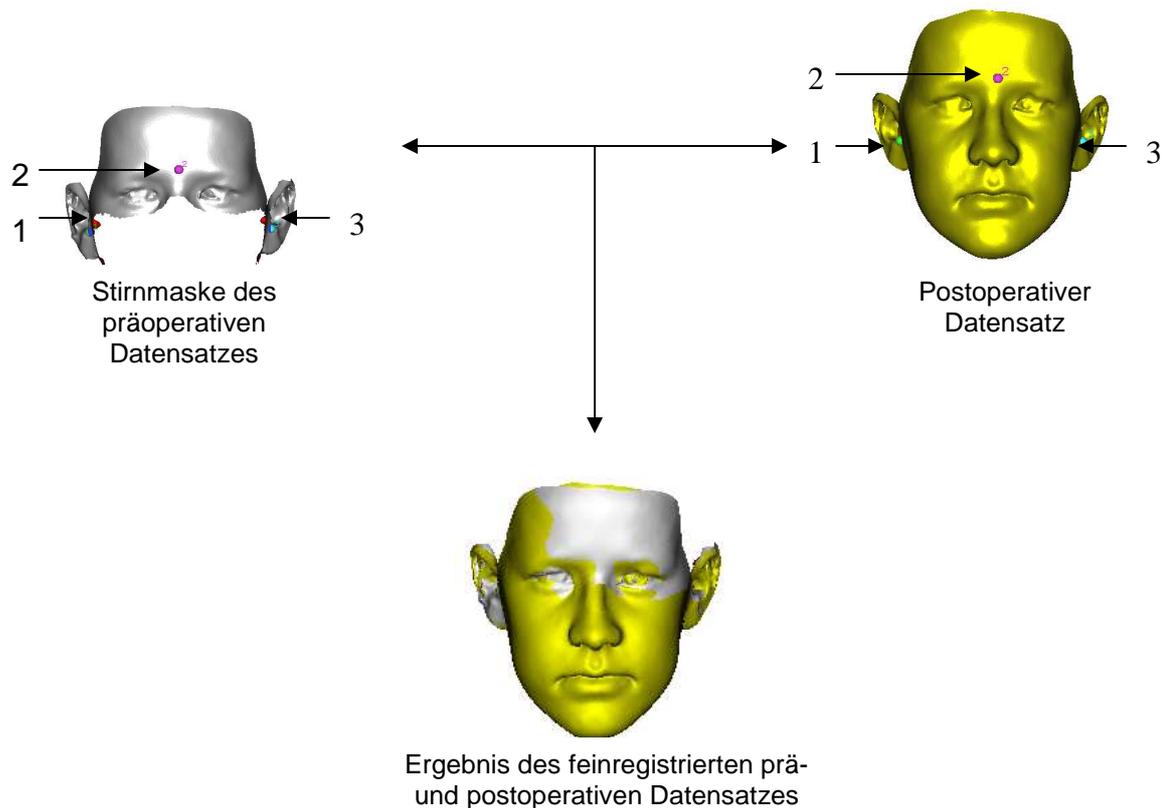


Abb.14 Grobregistrierung der Stirnmaske mit dem postoperativen Datensatz

Nachdem die Datensätze automatisiert feinregistriert wurden, konnten die Datensätze im *3D-Viewer* betrachtet werden. Da die Stirnmaske und der präoperative Datensatz die gleichen Informationen enthalten, ist der präoperative automatisch zu dem postoperativen Datensatz registriert. Die präoperative Gesichtsoberfläche ist grau, die postoperative rot dargestellt (**Abb. 15**).



Abb.15 Feinregistrierte prä- und postoperative Datensätze

Schnittbilder konnten die Qualität der Registrierung im Stirnbereich wiedergeben. Der Abstand zwischen den registrierten prä- und postoperativen Datensätzen sollte möglichst klein sein. Durch die farbliche Kennzeichnung der Datensätze ließ sich im Schnittbild das Ausmaß und die Richtung der Weichteilveränderung darstellen und analysieren (**Abb.16**).

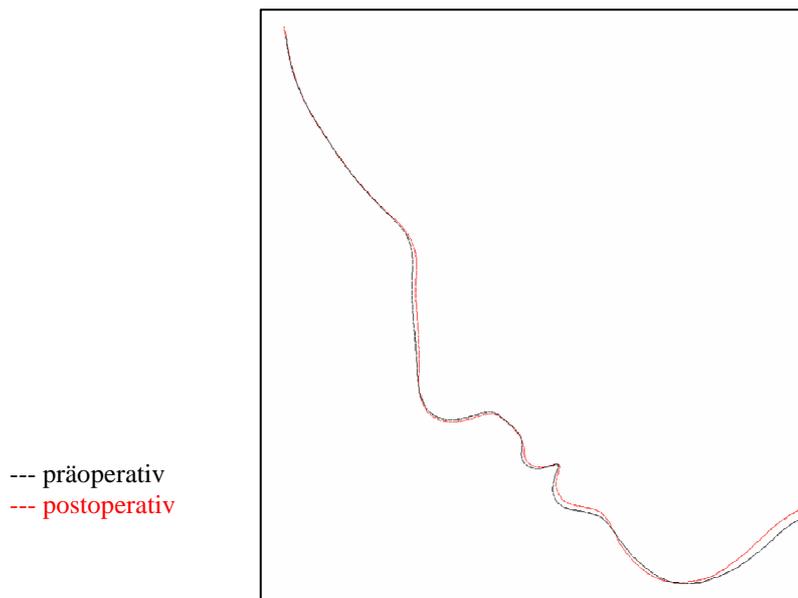


Abb.16 Ergebnis der registrierten prä- und postoperativen Datensätze

2.2.7 Berechnung der Winkelabweichung

Die Winkelabweichung gibt die Differenz der prä- und postoperativen Symmetrieebene an. Sie wurde in dieser Studie herangezogen, um das Ausmaß der operativ bedingten Veränderung der Symmetrieebene anzugeben. Mehrmalige Messungen der selben Symmetrieebene, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit mehreren Aufnahmen der selben Person erfolgten, haben gezeigt, dass die Winkelabweichung zwischen diesen Ebenen einen Mittelwert von $0,028^\circ$ bis $0,1766^\circ$ aufweist (*Hartmann et al. 2007*). Diese Methode stellt demnach bei hoher Reproduzierbarkeit eine Möglichkeit dar, die operativ bedingte Veränderung der Symmetrieebene berechnen und visualisieren zu können.

2.3 Statistische Auswertung

Zur Verwaltung und Auswertung wurden Microsoft-Excel-Datenbanken angelegt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe von Microsoft Office Excel und SPSS® 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) (*Bühl 2008, Held 2003*). Als Signifikanzniveau wurde $p = 0,05$ gewählt.

Innerhalb der Patientengruppe konnte keine Normalverteilung festgestellt werden. Aus diesem Grund wurden nicht-parametrische Tests (Mann-Whitney-Test und Wilcoxon-Test) durchgeführt. Zusätzlich wurden nicht-parametrische Korrelationen (Spearman-Rho) überprüft.

Für die Daten zur Beurteilung der Attraktivität und der Einschätzung von Gesichtsasymmetrien konnte eine Normalverteilung festgestellt werden. Der t-Test wurde zur statistischen Auswertung herangezogen. Zusätzlich wurden Korrelationen nach Pearson untersucht.

Es wurden ebenso Mittelwerte (MW), Medianwerte (ME), die Minima (MIN) und Maxima (MAX) sowie die Standardabweichung (STABWE) ermittelt. Zum Vergleich der einzelnen Gruppen wurde der Mittelwert herangezogen.

Die statistische Auswertung wurde durch das Rechenzentrum der Universität Würzburg unterstützt.

3 Ergebnisse Teil 1: Asymmetriegrad

3.1 Kontrollgruppe

3.1.1 Asymmetriegrad der Kontrollgruppe (d_{absK})

Der Asymmetriegrad der Kontrollgruppe mit $n = 20$ betrug 0,540 (MW) (**Tab.1**). Das Minimum lag bei 0,389, das Maximum bei 0,698. Innerhalb der Kontrollgruppe war nur eine geringe Streuung (STABWE = 0,097) feststellbar.

Tab. 1 Asymmetriegrad der Kontrollgruppe

Gruppe	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
Kontrollgruppe	20	0,540	0,548	0,097	0,389	0,698

3.1.2 Grenzwert des Asymmetriegrades (d_{absG})

In der Messtechnik wird häufig eine Normalverteilung angesetzt, die die Streuung der Messfehler beschreibt. Hierbei ist es von Bedeutung, wie viele Messpunkte innerhalb einer gewissen Streubreite liegen. Die Standardabweichung (STABWE) beschreibt die Breite der Normalverteilung. Berücksichtigt man die tabellierten Werte der Verteilungsfunktion, gilt näherungsweise folgende Aussage: Multipliziert man zu der Standardabweichung den Faktor 1,960 und addiert das Ergebnis mit dem Mittelwert, gilt die Aussage, dass 95% der Stichproben erfasst wurden ($MW+1,960 \times Stabwe=95\%$).

Unter dieser Voraussetzung wurde der Grenzwert für den Asymmetriegrad d_{absG} von 0,730 ermittelt. Überschritt der Asymmetriegrad für das gesamte Gesicht oder dessen Teilbereiche diesen Grenzwert, so galt die Gesichtsasymmetrie als erhöht bzw. überdurchschnittlich.

$$d_{absG} = 0,730$$

3.2 Patientengruppe präoperativ

3.2.1 Präoperative Asymmetriegrade ($d_{\text{abs}t1}$) der Patientengruppen

Der präoperative Asymmetriegrad der Patientengruppe mit $n = 40$ betrug 0,730 (MW). Das Minimum betrug 0,386, das Maximum 1,789. Mit $p = 0,008$ war der Asymmetriegrad signifikant unterschiedlich im Vergleich zu dem der Kontrollgruppe (**Tab.2**). Die Standardabweichung von 0,298 lag deutlich über der der Kontrollgruppe (**Abb.17**). Innerhalb der Patientengruppe traten „Ausreißer nach oben“ gehäuft auf. Die breite Streuung der präoperativen Asymmetriegrade beinhaltete ebenso die Unterschreitung des Grenzwertes von 0,730.

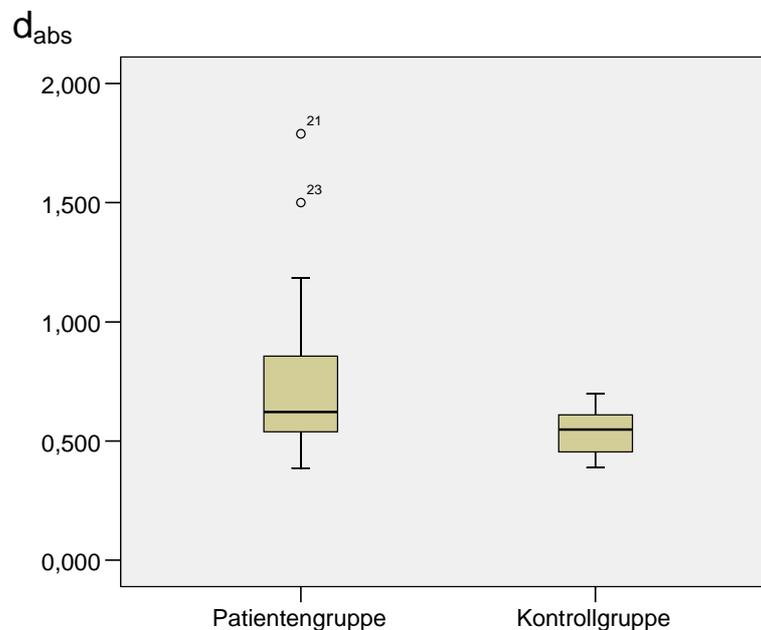


Abb.17 Verteilung von $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}K}$

Bei der Unterteilung der Patientengruppe in die Gruppen KI.II, KI.III und Laterognathie ergab sich ebenfalls in allen Gruppen ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Asymmetriegrades im Vergleich zu der Kontrollgruppe (**Tab.2**, **Abb.18**). Die KI.II unterschied sich mit einem Asymmetriegrad von 0,684 (MW) am wenigsten von der Kontrollgruppe. Die Streuung der präoperativen Asymmetriegrade mit einer Standardabweichung

von 0,254 war in dieser Gruppe erhöht. In der Gruppe der Laterognathiepatienten war der Asymmetriegrad mit 0,875 (MW) signifikant höher als der der Kontrollgruppe, aber auch höher als der der KI.II und KI.III. Die Streuung der präoperativen Asymmetriegrade war in der KI.III mit 0,336 und in der Laterognathiegruppe mit 0,280 am ausgeprägtesten.

Tab.2 d_{absK} und d_{absT1} der gesamten Patientengruppe, der KI.II, KI.III und Laterognathie
(p aus dem Mann-Whitney-Test)

Gruppen	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Kontrollgruppe	20	0,540	0,548	0,097	0,389	0,699	0,008
Patientengruppe	40	0,730	0,621	0,298	0,386	1,789	
KI.II	20	0,684	0,608	0,254	0,456	1,500	0,030
KI.III	20	0,777	0,696	0,336	0,386	1,789	0,014
Laterognathie	10	0,875	0,846	0,280	0,569	1,500	0,000

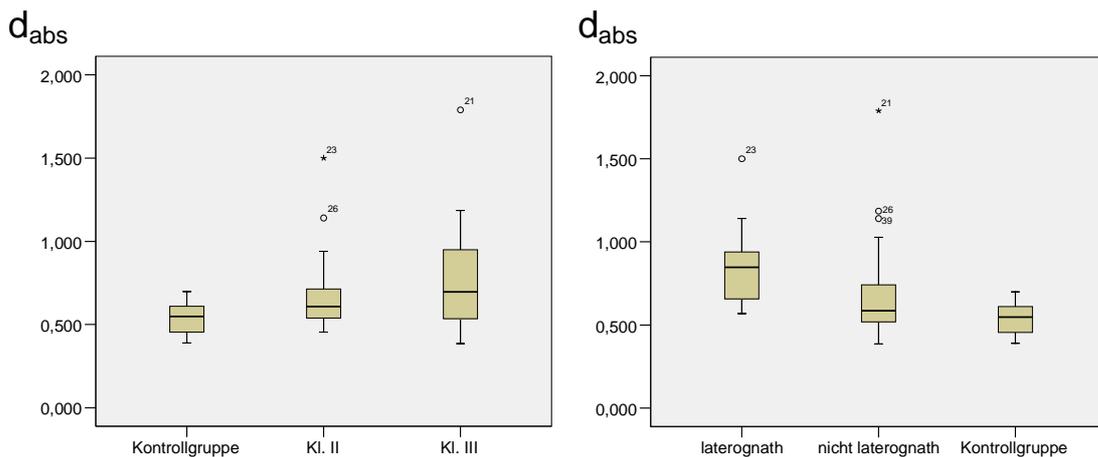


Abb.18 d_{absT1} der KI.II, KI.III, Laterognathiepatienten und d_{absK}

3.2.2 Ausmaß und Lokalisation der präoperativen Asymmetriegrade ($d_{abs\ t1}$) der Patientengruppe

Bei der Aufteilung der Patientengesichter in Mittelgesicht (MG) und Untergesicht (UG) ergab sich, dass der Asymmetriegrad im UG mit 0,762 (MW) geringfügig ausgeprägter war als im gesamten Gesicht mit einem Asymmetriegrad von 0,730. Auch die Streuung mit einer Standardabweichung von 0,338 lag im UG über der des gesamten Gesichtes und des Mittelgesichtes. Es ergaben sich aber keine Signifikanzen hinsichtlich der unterschiedlichen Ausprägung des Asymmetriegrades der Teilbereiche im Vergleich zum gesamten Gesicht (**Tab.3**). Auch die Aufteilung in einzelne Gruppen (KI.II, KI.III) filterte keine Signifikanz der Lokalisation von Gesichtsasymmetrien heraus.

In der Laterognathiegruppe ergab sich eine Signifikanz hinsichtlich des Asymmetriegrades im UG (**Tab.4, Abb.19**). In dieser Gruppe wies der Asymmetriegrad im Untergesicht mit 1,059 (MW) eine höhere Asymmetrie im Vergleich zum gesamten Gesicht mit 0,875 (MW) auf und gab mit $p = 0,005$ eine deutliche Signifikanz an.

Tab. 3 $d_{abs\ t1}$ von dem gesamten Gesicht, Mittelgesicht (MG) und Untergesicht (UG)

Patientengruppe	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
Gesamtes Gesicht	40	0,730	0,621	0,298	0,386	1,789
MG	40	0,739	0,645	0,333	0,386	1,915
UG	40	0,762	0,652	0,338	0,373	1,787

Tab.4 $d_{abs\ t1}$ der Laterognathiegruppe mit Unterteilung in gesamtes Gesicht und Untergesicht (UG)
(p aus dem Wilcoxon-Test)

Laterognathie	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Gesamtes Gesicht	10	0,875	0,846	0,280	0,569	1,500	0,005
UG	10	1,059	0,967	0,303	0,739	1,555	

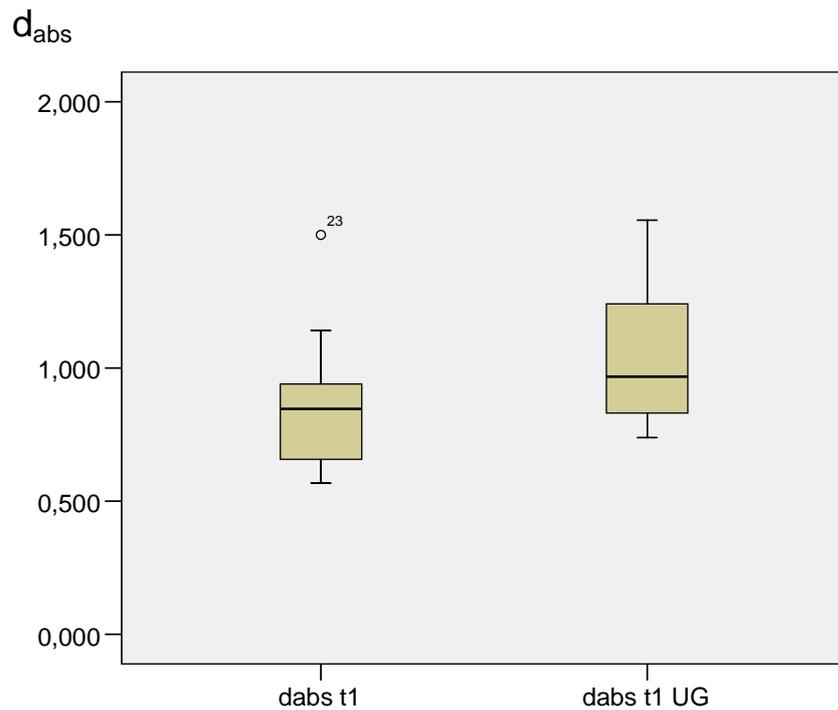


Abb.19 $d_{abs}t1$ und $d_{abs}t1$ UG der Laterognathiegruppe

3.2.3 Präoperative Asymmetriegrade ($d_{abs}t1$) vor transversaler Korrektur

Patienten, die im Oberkiefer (OK) und gleichzeitig im Unterkiefer (UK) transversal korrigiert wurden, unterschieden sich präoperativ mit $p = 0,013$ signifikant von dem Asymmetriegrad der Kontrollgruppe (**Tab.5**). Der präoperative Asymmetriegrad dieser Gruppe lag mit 0,796 (MW) deutlich über dem der Kontrollgruppe. Die Standardabweichung dieser Gruppe, die deutlich über der der Kontrollgruppe lag, deutete auf eine erhöhte Streuung der präoperativen Asymmetriegrade hin. Es traten vermehrt „Ausreißer nach oben“ auf. Bei der Unterteilung des Gesichtes in seine Teilbereiche konnten weder im Mittelgesicht noch im Untergesicht Signifikanzen hinsichtlich der Gesichtsasymmetrie festgestellt werden.

Patienten, die ausschließlich im Unterkiefer transversal geschwenkt wurden, unterschieden sich in ihrem präoperativen Asymmetriegrad ebenso signifikant

von der Kontrollgruppe. Bei der Untersuchung des Asymmetriegrades der Teilbereiche konnte keine signifikante Verteilung von Gesichtsasymmetrien beobachtet werden.

Die Patientengruppe, bei der nur der OK geschwenkt wurde, konnte sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe abheben. Hier betrug der präoperative Asymmetriegrad 0,678 (MW) und die Standardabweichung lag mit 0,167 nicht deutlich über der der Kontrollgruppe. Charakteristische Lokalisationen und Ausprägungen von präoperativen Asymmetrien des gesamten Gesichtes oder dessen Teilbereichen (UG, MG) vor transversaler Korrektur wurden nicht festgestellt.

Tab.5 $d_{abs}t1$ der Gruppen mit Schwenkung im OK und/ oder im UK im Vergleich zur $d_{abs}K$
(p aus dem Mann-Whitney-Test)

Gruppen	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Kontrollgruppe	20	0,540	0,548	0,097	0,389	0,699	
Schwenkung OK und UK	15	0,796	0,652	0,360	0,426	1,789	0,013
Schwenkung nur OK	6	0,678	0,593	0,167	0,543	0,940	0,108
Schwenkung nur UK	12	0,748	0,633	0,312	0,457	1,500	0,019

3.3 Patientengruppe postoperativ

3.3.1 Postoperative Asymmetriegrade der Patientengruppe (d_{abs2})

Der postoperative Asymmetriegrad der Patientengruppe mit $n = 40$ betrug 0,689 (MW). Das Minimum von 0,389 lag unter, das Maximum von 1,499 deutlich über dem Grenzwert von 0,730. Mit $p = 0,004$ war der Unterschied im Vergleich zu dem Asymmetriegrad der Kontrollgruppe auch postoperativ signifikant (**Tab.6, Abb.20**). Die Streuung der postoperativen Asymmetriegrade war geringer als die der präoperativen Asymmetriegrade, aber das Ausmaß und die Häufung waren im Vergleich zur Kontrollgruppe ausgeprägter. „Ausreißer nach oben“ traten nach wie vor gehäuft auf.

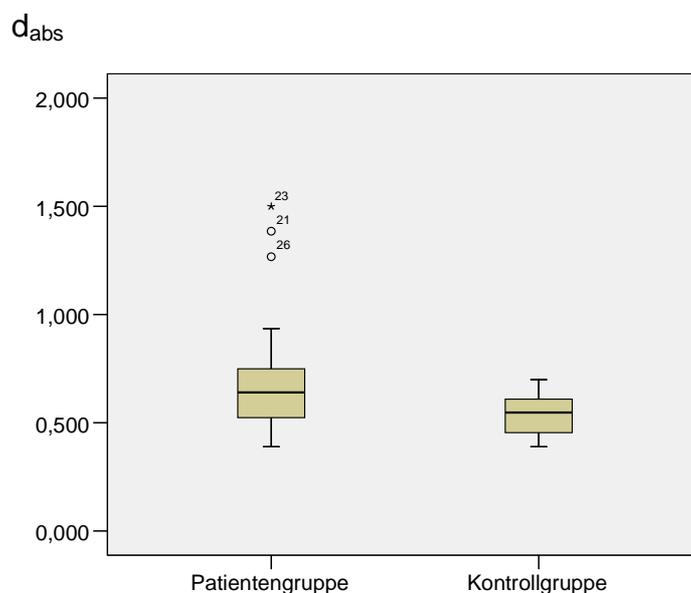


Abb.20 Verteilung von d_{abs2} und d_{absK}

Bei der Unterteilung der Patientengruppe in die Gruppen KI.II, KI.III und Laterognathie ergab sich ebenfalls in allen Gruppen ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Asymmetriegrades (**Tab.6, Abb.21**). Die KI.II und die KI.III unterschieden sich mit einem Asymmetriegrad von 0,693 (MW) bzw. 0,685 (MW) am wenigsten von der Kontrollgruppe. Der Asymmetriegrad der

Laterognathiegruppe mit 0,769 (MW) unterschied sich am deutlichsten von der Kontrollgruppe.

Tab.6 d_{absK} und $d_{abs}t2$ der Patientengruppe, Kl.II, Kl.III, Laterognathie (p aus dem Mann-Whitney-Test)

Gruppen	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Kontrollgruppe	20	0,540	0,548	0,097	0,389	0,698	
Patientengruppe	40	0,689	0,640	0,240	0,389	1,499	0,004
Kl.II	20	0,693	0,652	0,267	0,444	1,499	0,026
Kl.III	20	0,685	0,632	0,216	0,389	1,385	0,005
Laterognathie	10	0,769	0,696	0,271	0,528	1,400	0,000

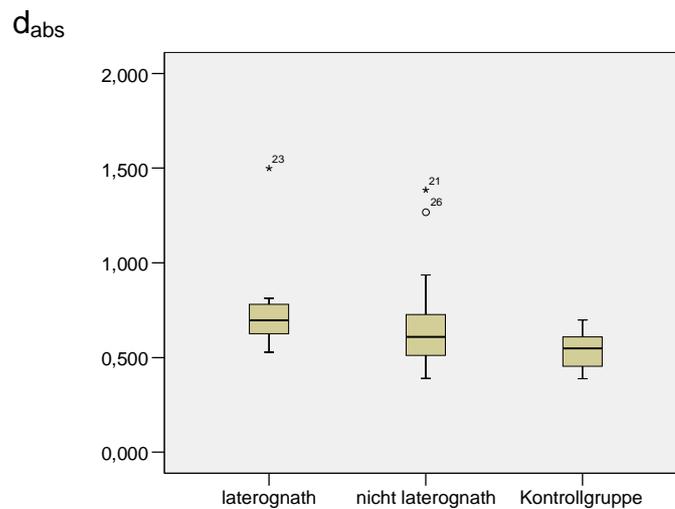
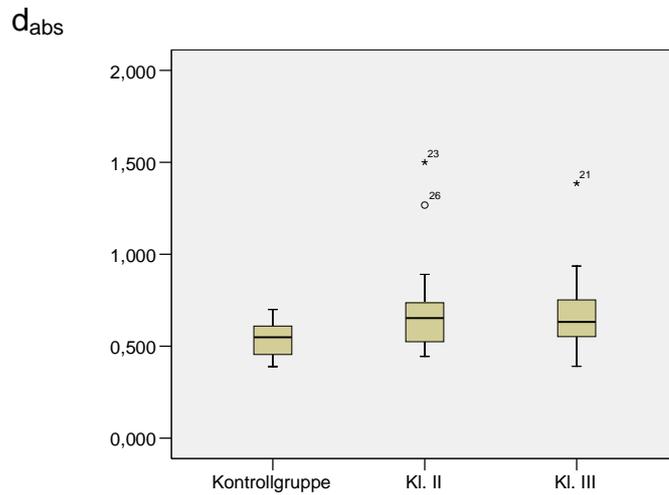


Abb.21 $d_{abs}t2$ der Kl.II, Kl.III, Laterognathiepatienten und d_{absK}

3.3.2 Ausmaß und Lokalisation der postoperativen Asymmetriegrade ($d_{abs\ t2}$) der Patientengruppen

Die Aufteilung der Patientengesichter in Mittelgesicht (MG) und Untergesicht (UG) und die Aufteilung in die Gruppen der KI.II und KI.III zeigte, dass auch postoperativ keine charakteristische Lokalisation von Asymmetrien zu finden war.

In der Laterognathiegruppe konnte postoperativ im Untergesicht nur noch ein gering erhöhter Asymmetriegrad von 0,849 (MW) festgestellt werden, der aber keinen signifikanten Unterschied zu dem Asymmetriegrad des gesamten Gesichtes aufwies (**Tab.7, Abb.22**).

Tab.7 $d_{abs\ t2}$ der Laterognathiegruppe mit der Unterteilung in gesamtes Gesicht und Untergesicht (UG)
(p aus dem Wilcoxon-Test)

Laterognathie	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Gesamtes Gesicht	10	0,769	0,696	0,271	0,528	1,400	0,241
UG	10	0,849	0,834	0,257	0,473	1,272	

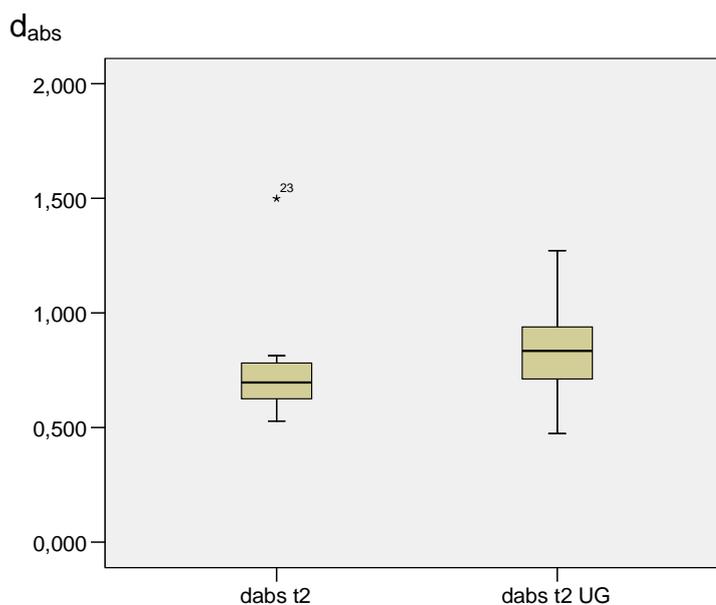


Abb.22 $d_{abs\ t2}$ und $d_{abs\ t2\ UG}$ der Laterognathiegruppe

3.3.3 Postoperative Asymmetriegrade ($d_{abs}t2$) nach transversaler Korrektur

In der Gruppe, bei der eine transversale Schwenkung in beiden Kiefern durchgeführt worden war, konnte auch postoperativ noch ein signifikanter Unterschied zu dem Asymmetriegrad der Kontrollgruppe festgestellt werden (**Tab.8**). Der postoperative Asymmetriegrad mit 0,690 (MW) überschritt den der Kontrollgruppe um 0,077. In der Patientengruppe, in der nur der Unterkiefer geschwenkt worden war, konnte ebenso ein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe beobachtet werden. Bei Patienten, denen nur der Oberkiefer transversal korrigiert worden war, betragen der postoperative Asymmetriegrad 0,606 (MW) und die Standardabweichung 0,123, woraus kein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe resultierte.

Tab.8 $d_{abs}t2$ bei vorangegangener Transversalverschiebung im Vergleich zu $d_{abs}K$
(p aus dem Mann-Whitney-Test)

Gruppen	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Kontrollgruppe	20	0,540	0,548	0,097	0,389	0,699	0,007
Schwenkung OK und UK	15	0,690	0,625	0,222	0,495	1,385	
Schwenkung nur OK	6	0,606	0,606	0,123	0,457	0,779	0,219
Schwenkung nur UK	12	0,788	0,706	0,316	0,452	1,499	0,005

3.4 Operativ bedingte Veränderung des Asymmetriegrades

3.4.1 Veränderung des Asymmetriegrades (Δd_{abs}) in den Patientengruppen

Die postoperativen Asymmetriegrade deuteten in der Patientengruppe auf eine Verringerung des Asymmetriegrades hin (**Tab.9, Abb.23**). 20 der Patienten wiesen postoperativ einen verringerten Asymmetriegrad auf. Bei 11 der Patienten betrug die Verringerung des Asymmetriegrades mehr als 0,1, die maximale Verringerung betrug 0,516. 15 der Patienten hatten postoperativ einen höheren Asymmetriegrad. Bei 9 der 15 Patienten betrug der Zuwachs des Asymmetriegrades mehr als 0,1. Die maximale Erhöhung des Asymmetriegrades betrug 0,260.

Tab.9 Δd_{abs} der gesamten Patientengruppen, der Kl.II, Kl.III und Laterognathie
(Negative Bilanz gibt die Verringerung, positive Bilanz die Erhöhung des Asymmetriegrades an)

Gruppen	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
Patientengruppe	40	-0,036	-0,008	0,171	-0,520	0,260
Kl.II	20	0,021	-0,000	0,132	-0,250	0,260
Kl.III	20	-0,092	-0,058	0,190	-0,520	0,130
Laterognathie	10	-0,106	-0,110	0,207	-0,520	0,200

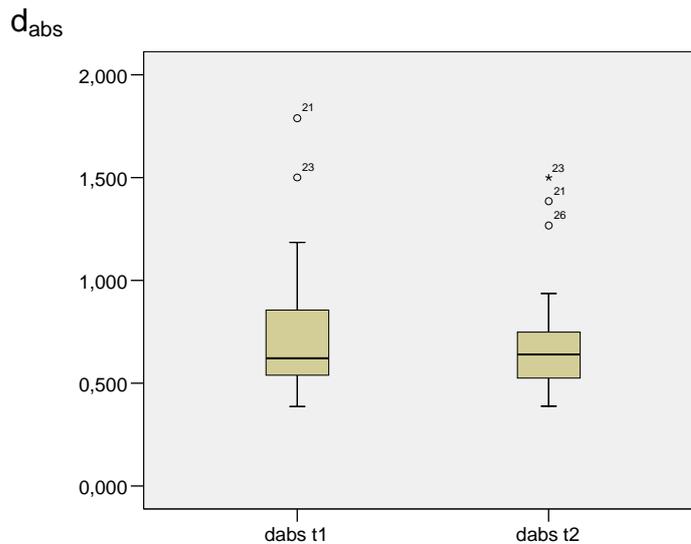


Abb.23 d_{abs} t1 und d_{abs} t2 der gesamten Patientengruppe (n = 40)

In der Kl.II war bei 4 der 20 Patienten eine Verringerung des Asymmetriegrades um einen Betrag höher als 0,1 und bei 6 der 20 Patienten eine Erhöhung des Asymmetriegrades um mehr als 0,1 festzustellen. Die maximale Verringerung des Asymmetriegrades betrug 2,5 und die maximale Erhöhung des Asymmetriegrades 2,6.

In der Kl.III lag die maximale Verringerung des Asymmetriegrades bei 0,516, die maximale Erhöhung des Asymmetriegrades bei 0,133. Lediglich 3 der 20 Kl.III Patienten wiesen postoperativ einen um mehr als 0,1 erhöhten Asymmetriegrad auf.

In der Laterognathiegruppe zeigten 6 der 10 Patienten postoperativ einen verringerten Asymmetriegrad, wobei bei jedem der 6 Patienten die Verringerung mehr als 0,1 betrug. 3 der 10 Patienten zeigten postoperativ eine Erhöhung des Asymmetriegrades von weniger als 0,01 und ein Patient wies postoperativ eine Erhöhung des Asymmetriegrades von 0,2 auf.

In der Gruppe der Kl.III nahm das Ausmaß der Asymmetrie ab, in der Kl.II war ein geringfügiger Zuwachs an Asymmetrie zu erkennen (**Abb.24**).

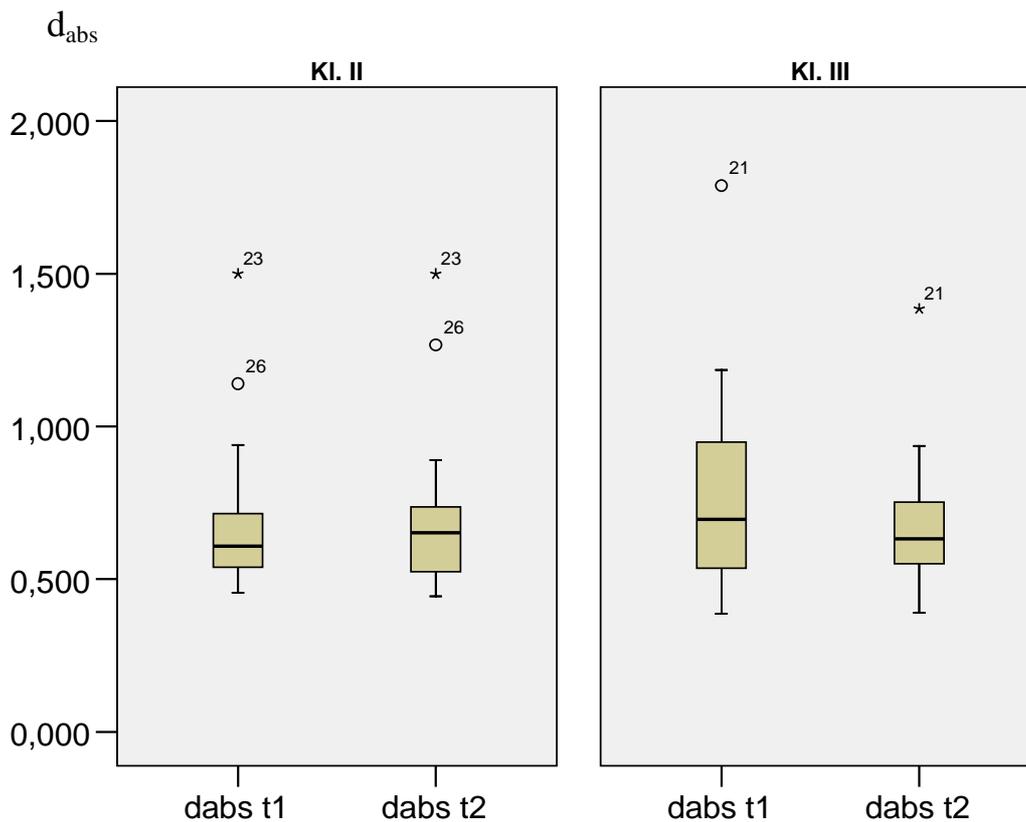


Abb.24 d_{abs} t1 und d_{abs} t2 der KI.II und KI.III

Der Wilcoxon-Test ergab, dass in der gesamten Patientengruppe mit $p = 0,294$, in der Gruppe der KI.III mit $p = 0,093$, in der Gruppe der KI.II mit $p=0,808$ und in der Gruppe der Laterognathiepatienten keine signifikanten Veränderungen des Asymmetriegrades zu beobachten war. Auch die Unterteilung in laterognathe und nicht-laterognathe Patienten ergab keine Signifikanzen hinsichtlich der Asymmetriegradveränderung (**Abb.25**). Die Unterteilung in die Teilbereiche Unter- und Mittelgesicht ergaben keine signifikanten Unterschiede.

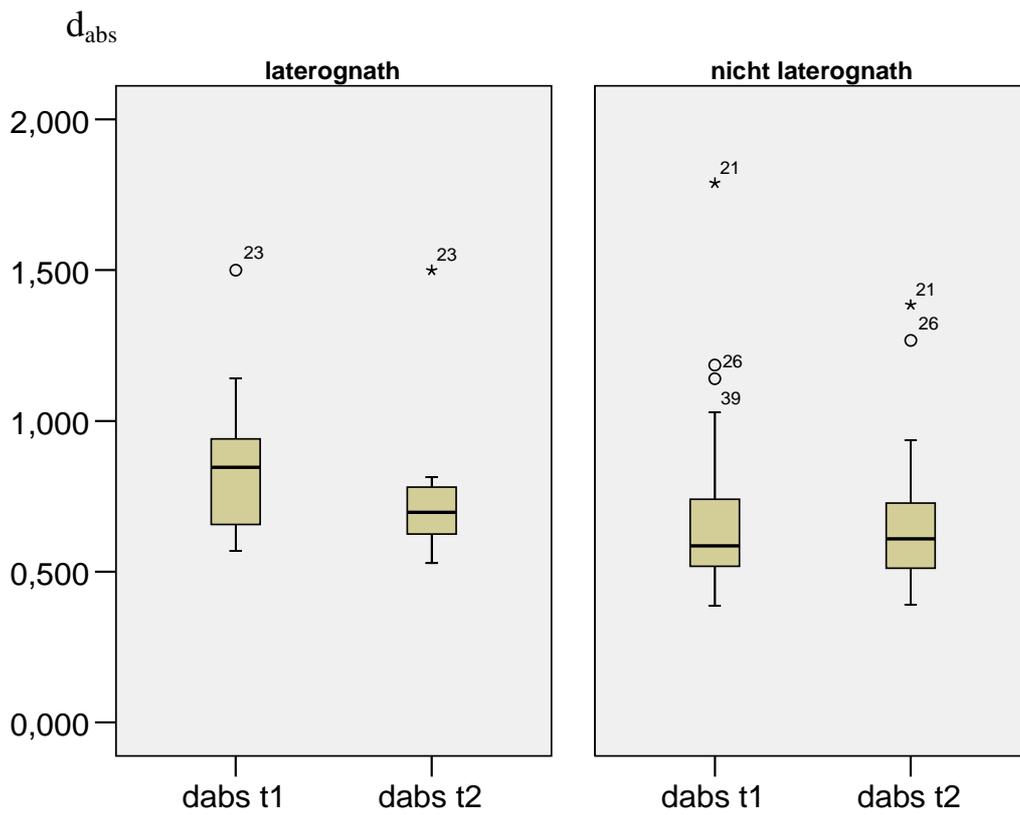


Abb. 25 d_{abs} in der Laterognathiegruppe

3.4.2 Veränderung des Asymmetriegrades (Δd_{abs}) in Abhängigkeit vom OP-Verfahren

Bei der Einteilung in die einzelnen Operationsgruppen (Unimax OK, Unimax UK, Unimax gesamt, Bimax) konnten keine Signifikanzen hinsichtlich der Veränderung des Asymmetriegrades festgestellt werden (**Tab.10**).

Bei der Zusammenfassung unimaxillärer Operationen stellte sich ebenso wie bei bimaxillären Operationen heraus, dass sich die Gesichtsasymmetrie zwar durchschnittlich verbesserte, die operativ bedingte Veränderung des Asymmetriegrades aber weder in dem operierten noch in dem nicht operierten Areal signifikant war.

Tab.10 Δd_{abs} in Abhängigkeit vom Operationsverfahren
(p aus dem Wilcoxon-Test)

OP-Verfahren	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	p
Unimax OK	8	-0,048	-0,067	0,121	-0,250	0,110	0,674
Unimax UK	6	0,004	-0,016	0,095	-0,120	0,130	0,753
Unimax ges	14	-0,029	-0,033	0,109	-0,250	0,130	0,286
Bimax	26	-0,039	-0,008	0,199	-0,520	0,260	0,585

3.4.3 Veränderung des Asymmetriegrades (Δd_{abs}) in Abhängigkeit von der Transversalverschiebung

In der Patientengruppe, in der operativ eine Schwenkung eines oder beider Kiefer vorgenommen worden war, konnte ohne die Berücksichtigung des präoperativen Asymmetriegrades keine signifikante Verringerung des Asymmetriegrades festgestellt werden (**Tab.11**).

Von den 15 Patienten der Gruppe, in der beide Kiefer geschwenkt worden waren, zeigten jedoch 10 der Patienten postoperativ einen verringerten Asymmetriegrad auf. In der Gruppe, in der nur der OK geschwenkt worden war, hatten 5 der 6 Patienten postoperativ einen niedrigeren Asymmetriegrad.

Tab.11 Δd_{abs} bei Patienten mit Schwenkung im OK und UK, OK oder UK im Vergleich zu Patienten, die in diesem Bereich nicht geschwenkt worden waren

OP-Verfahren	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX	P
Schwenkung OK und UK	15	-0,106	-0,037	0,220	-0,520	0,200	0,156
Schwenkung nur OK	6	-,0720	-,0694	0,123	-0,250	0,110	0,173
Schwenkung nur UK	12	0,040	0,016	0,124	-0,120	0,260	0,480

3.4.4 Veränderung des Asymmetriegrades bei transversaler Korrektur in Abhängigkeit vom Grenzwert (d_{absG})

Von den 33 Patienten, bei denen ein oder beide Kiefer transversal korrigiert worden waren, wiesen 12 Patienten einen präoperativen Asymmetriegrad auf, der über dem Grenzwert von 0,730 lag. Innerhalb dieser Gruppe mit präoperativem Asymmetriegrad von 1,083 (MW) im gesamten Gesicht (**Tab.12**) unterschied sich der Asymmetriegrad signifikant von dem der Kontrollgruppe. Der Asymmetriegrad war im MG mit 1,199 (MW) ausgeprägter als im UG mit 1,073 (MW).

Tab.12 $d_{abs}t1$ bei Patienten mit Transversalverschiebung eines und/oder beider Kiefer, bei denen $d_{abs}t1 > d_{abs}G$

Gesichtsbereich	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
Gesamtes Gesicht	12	1,083	1,000	0,301	0,769	1,789
MG	12	1,199	1,029	0,496	0,489	2,465
UG	12	1,073	0,986	0,295	0,625	1,555

Postoperativ lag der Asymmetriegrad des gesamten Gesichtes bei 0,891 (MW) (Tab.13). Er wurde somit um 0,192 gesenkt. In den Teilbereichen konnte der Asymmetriegrad um 0,241 im Mittelgesicht und um 0,198 im Untergesicht gesenkt werden. Durch Schwenkung in beiden Kiefern konnte der Asymmetriegrad mit $p = 0,009$ signifikant verändert werden (Tab.14, Abb. 26).

Tab.13 $d_{abs}t2$ bei Patienten mit Transversalverschiebung eines und/oder beider Kiefer, bei denen $d_{abs}t1 > d_{abs}G$

Gesichtsbereich	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
Gesamtes Gesicht	12	0,891	0,748	0,320	0,595	1,499
MG	12	0,958	0,837	0,358	0,553	1,567
UG	12	0,875	0,748	0,294	0,544	1,496

Tab.14 Δd_{abs} nach Schwenkung des OK und/oder UK
(p aus dem Wilcoxon-Test)

$d_{\text{abs}}t1 > d_{\text{abs}}G$	Schwenkung OK und/oder UK
Δd_{abs} gesamt	0,009

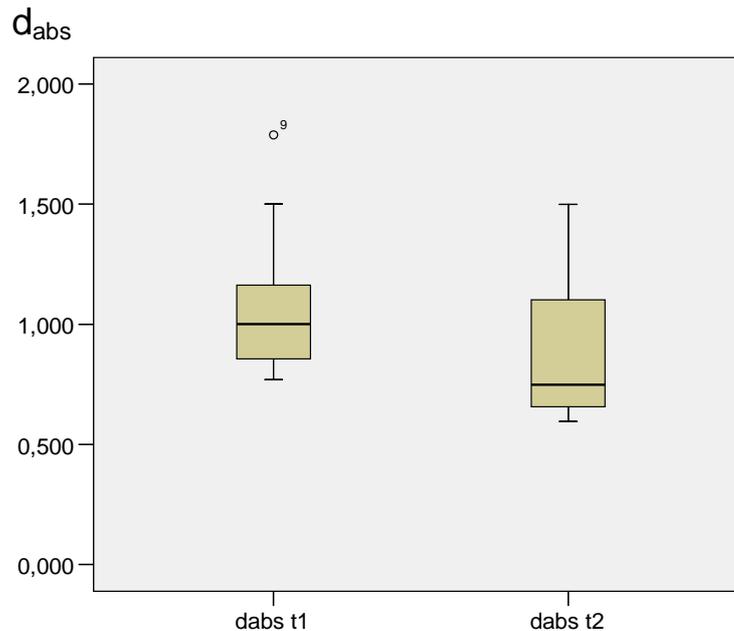


Abb.26 $d_{\text{abs}}t1$ und $d_{\text{abs}}t2$ bei Patienten mit transversaler Schwenkung und gleichzeitigem $d_{\text{abs}}t1 > d_{\text{abs}}G$

Die Patientengruppe, die präoperativ einen Asymmetriegrad hatte, der über dem des Grenzwertes lag, und in der die Patienten gleichzeitig geschwenkt worden waren, hatte postoperativ einen Asymmetriegrad, der mit 0,891 (MW) nach wie vor signifikant über dem der Kontrollgruppe lag. Die Standardabweichung der Patientengruppe lag mit 0,320 deutlich über der der Kontrollgruppe.

3.5 Zusammenhang zwischen dem präoperativen Asymmetriegrad ($d_{\text{abs t1}}$) und der operativ bedingten Veränderung (Δd_{abs})

Es wurde untersucht, ob in der Patientengruppe ein Zusammenhang zwischen der Ausprägung des präoperativen Asymmetriegrades und dessen operativ bedingter Veränderung besteht. Es wurde anhand des Spearman-Rho-Tests diese Korrelation bestimmt und bewiesen. Je höher der präoperative Asymmetriegrad war, desto ausgeprägter zeigte sich die operativ bedingte Veränderung des Asymmetriegrades (**Abb.27**).

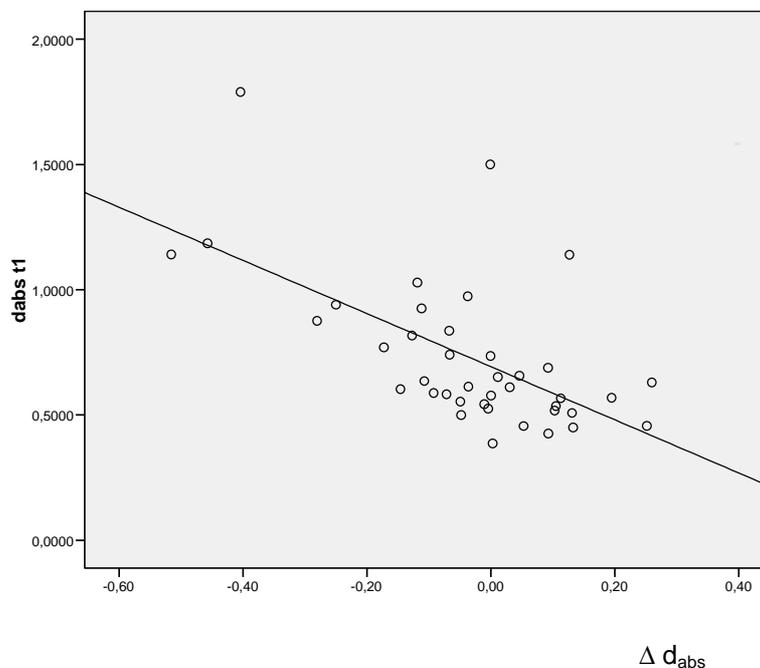


Abb. 27 Veränderung von d_{abs} in Abhängigkeit von $d_{\text{abs t1}}$
(Negative Werte geben eine Verringerung, positive Werte eine Erhöhung des Asymmetriegrades an)

Dieser Zusammenhang beschränkte sich nicht nur auf das gesamte Gesicht, sondern war auch bei der Aufteilung in die Teilbereiche Mittel- und Untergesicht zu finden (**Tab.15**).

Tab.15 Korrelation zwischen der Ausprägung von $d_{abs}t1$ und dem Ausmaß von Δd_{abs} (p aus dem Spearman-Rho-Test)

	Gesamt Gesicht	UG	MG
p	0,000	0,005	0,001
Korrelationskoeffizient	-0,597	-0,438	-0,499

3.6 Veränderung der Symmetrieebene in Abhängigkeit vom OP-Verfahren und der Lokalisation der Anomalie

Die Symmetrieebene wurde durch den operativen Eingriff verändert. Das Ausmaß der Veränderung reichte von einem Minimum von $0,0^\circ$ bis zu einem Maximum von $11,0^\circ$ (**Tab.16**).

Tab. 16 Winkel φ (phi) zwischen der prä- und postoperativen Symmetrieebene

Patientengruppe	n	MW	ME	STABWE	MIN	MAX
φ	40	3,4	2,6	2,5	0,0	11,0

Der Winkel von $3,4^\circ$ (MW) bei einer Standardabweichung von $2,5^\circ$ unterschied sich mit $p = 0,000$ signifikant von dem Standardfehler, der bei der Untersuchung zur Reproduzierbarkeit dieser Methode festgestellt worden war (**Tab.17**).

Die in der Kl.II auftretende Winkelabweichung unterschied sich nicht signifikant von der in der Kl.III. In der Gruppe der unimaxillär bzw. bimaxillär operierten Patienten war ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Winkelabweichung festzustellen (**Tab.17**).

Tab.17 Winkelabweichung φ (phi) in den einzelnen Untergruppen
(p aus dem Mann-Whitney-Test)

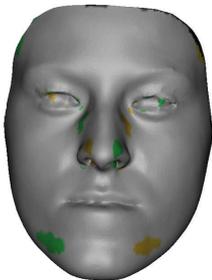
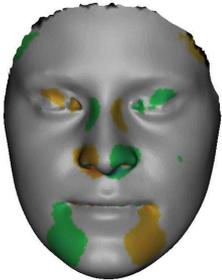
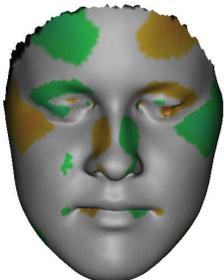
φ	p
Patientengruppe - Kontrollgruppe	0,000
Kl.II – Kl.III	0,968
laterognath – nicht laterognath	0,134
Bimax – Unimax	0,017

4 Ergebnis Teil 2: Vergleich der Farbkodierung mit dem Asymmetriegrad

4.1 Grenzwertabhängige Asymmetriegradveränderungen

Mit Hilfe der vertexbezogenen Farbkodierung wurden die asymmetrischen Bereiche und das Ausmaß der Gesichtsasymmetrie visualisiert und analysiert. Operativ bedingte Asymmetriegradveränderungen standen in Zusammenhang mit dem definierten Grenzwert. Der Asymmetriegrad wurde bei präoperativer Überschreitung des Grenzwertes ($d_{abs}G$) signifikant verringert. Dieses Ergebnis kann anhand von zwei Patientenbeispielen veranschaulicht werden.

Tab.18 Darstellung des prä- ($d_{abs}t1$) und postoperativen ($d_{abs}t2$) Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung in Abhängigkeit von dem dazugehörigen Grenzwert von 0,730

$d_{abs}t1 < 0,730$		$d_{abs}t1 > 0,730$	
Nr.	16	Nr.	39
t1		t1	
t2		t2	
$d_{abs}t1$	0,426	$d_{abs}t1$	1,185
$d_{abs}t2$	0,518	$d_{abs}t2$	0,723

Patient Nr. 16 hatte präoperativ einen gering ausgeprägten Asymmetriegrad. Nach der bimaxillären Operation mit Schwenkung in beiden Kiefern verstärkte sich die präoperativ vorhandene geringfügige Asymmetrie (**Tab.18**).

Bei Patient 39 bestand präoperativ im Mittel- und Untergesicht eine ausgeprägte Asymmetrie. Durch die Schwenkung beider Kiefer wurde der Asymmetriegrad deutlich verringert. Die Richtung der Transversalverschiebung ist durch die vertexbezogene Farbkodierung erkennbar. Der Oberkiefer wurde nach rechts, der Unterkiefer nach links korrigiert (**Tab.18**).

4.2 Prä- und postoperativer Vergleich bei Patienten mit und ohne transversale Korrektur

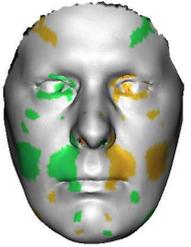
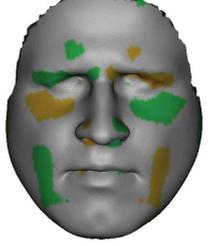
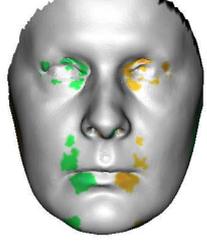
Bei den Patienten, bei denen eine Transversalkorrektur vorgenommen worden war, konnte postoperativ eine Verringerung der Gesichtsasymmetrie festgestellt werden, sofern die präoperative Gesichtsasymmetrie den Grenzwert überschritten hatte. Die Ergebnisse der Berechnung des Asymmetriegrades wurden mit der vertexbezogenen Farbkodierung verglichen und die bildliche Darstellung des Asymmetriegrades analysiert (**Tab.19**).

Patient Nr. 3 mit einer skelettalen Klasse III wurde bimaxillär operiert. Beide Kiefer wurden transversal korrigiert. Der Oberkiefer wurde nach links vorne, der Unterkiefer nach rechts hinten geschwenkt. d_{abs1} betrug 1,141, d_{abs2} 0,625. Die Gesichtsasymmetrie wurde verringert. Mit Hilfe der vertexbezogenen Farbkodierung wurden die asymmetrischen Bereiche und das Ausmaß der Gesichtsasymmetrie visualisiert. Grüne Bereiche ergaben einen positiven Abstand von $> 1\text{mm}$, gelbe Bereiche einen negativen Abstand von $> 1\text{mm}$ zur Gesichtsoberfläche an. Bei Patient Nr. 3 konnten somit die asymmetrischen Bereiche im Mittel- und Untergesicht dargestellt und ein Vergleich zwischen der prä- und postoperativen Gesichtsasymmetrie gezogen werden. Aufgrund der operativen Transversalverschiebungen konnte die Asymmetrie im Mittel- und

Untergesicht bei ausgeprägtem präoperativen Asymmetriegrad verringert werden.

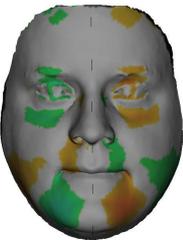
Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei den Patienten Nr. 14 und Nr. 34 (Tab. 19). Bei diesen beiden Patienten überschritten die präoperativen Asymmetriegrade den Grenzwert, sie wurden bimaxillär mit Schwenkung beider Kiefer operiert und hatten postoperativ eine verringerte Gesichtsasymmetrie, die auch visuell erkennbar war. Bei Patient 14 unterschritt der postoperative Asymmetriegrad den Grenzwert.

Tab.19 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegraden ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)

Patienten mit transversaler Korrektur			
Nr.	3	14	34
t1			
t2			
$d_{abs}t1$	1,141	0,876	0,603
$d_{abs}t2$	0,6251	0,595	0,457
A	Kl.III	Kl.III	Kl.II
OP	Bimax	Bimax	Unimax OK
T	OK → vorne links UK → hinten rechts	OK → vorne rechts UK → hinten links	OK → hinten links

Bei den Patienten, die operativ nicht transversal korrigiert wurden, ergab sich eine nur geringfügige Auswirkung auf den Asymmetriegrad (**Tab.20**). Patient Nr.1 wies präoperativ eine skelettale Klasse III und zusätzlich eine Laterognathie auf. $d_{abs}t1$ betrug 0,925, $d_{abs}t2$ 0,813. Nach bimaxillärer Operationstechnik konnte das Ausmaß von $d_{abs}t1$ nur geringfügig vermindert werden.

Tab.20 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegraden ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$, $d_{abs}t1$ UG, $d_{abs}t2$ UG), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)

Patienten ohne Transversalkorrektur			
Nr.	1	28	32
t1			
t2			
$d_{abs}t1$	0,925	0,386	0,456
$d_{abs}t2$	0,813	0,389	0,509
A	Kl.III	Kl.III	Kl.II
OP	Bimax	Bimax	Bimax
T	OK → anterior UK → posterior	OK → anterior UK → posterior	OK → anterior UK → posterior

Patient Nr. 28 hatte präoperativ eine skelettale Klasse III. $d_{abs}t1$ betrug 0,386, $d_{abs}t2$ betrug 0,3893. Die Anomalie der skelettalen Klasse III wurde mittels bimaxillärer Umstellungsosteotomie korrigiert. Der präoperative Asymmetriegrad lag bei 0,386 und somit unter dem Grenzwert von 0,730. Durch ausbleibende Schwenkung der Kiefer konnte die gering ausgeprägte Gesichtsasymmetrie beibehalten werden.

Patient Nr. 32 mit der Anomalie der skelettalen Klasse II hatte präoperativ einen Asymmetriegrad von 0,456. Der postoperative Asymmetriegrad erhöhte sich geringfügig auf 0,509. Die vertexbezogene Farbkodierung lokalisierte die präoperative Asymmetrie im Bereich des Mittelgesichts. Durch ausbleibende transversale Korrektur und die Vorverlagerung des Oberkiefers ergab sich postoperativ in diesem Bereich eine leicht erhöhte Asymmetrie (**Tab.20**).

4.3 Prä- und postoperativer Vergleich bei Patienten mit Laterognathien

Auch in der Gruppe der Laterognathiepatienten wurde deutlich, dass durch transversale Korrektur im Unterkiefer das Ausmaß an Asymmetrie im Untergesicht verringert wurde (**Tab.21**).

Bei Patient Nr.3 wich das Kinn präoperativ nach links ab. Durch die vertexbezogene Farbkodierung wurde diese Abweichung grün markiert. Durch die transversale Korrektur nach rechts konnte die Asymmetrie im Untergesicht von 1,787 auf 0,741 reduziert werden. Postoperativ war die vertexbezogene grüne Farbkodierung aufgrund von fehlender Asymmetrie in diesem Bereich nicht mehr sichtbar.

Bei Patient Nr. 14 konnte die präoperativ ausgeprägte Untergesichtsasymmetrie durch transversale Schwenkung im Unterkiefer von 1,102 auf 0,556 reduziert werden. Anhand der farblichen Markierung kann die Richtung und das Ausmaß der Schwenkung nachvollzogen werden.

Tab.21 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegraden ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$, $d_{abs}t1$ UG, $d_{abs}t2$ UG), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)

Laterognathiepatienten		
Nr.	3	14
t1		
t2		
$d_{abs}t1$	1,141	0,876
$d_{abs}t2$	0,625	0,595
$d_{abs}t1$ UG	1,787	1,102
$d_{abs}t2$ UG	0,741	0,556
A	KI.III	KI.III
OP	Bimax	Bimax
T	UK → rechts	UK → links

5 Ergebnisse Teil 3: Attraktivitätsbeurteilung

5.1 Attraktivitätsbewertung in Verbindung mit dem Asymmetriegrad

Die Beurteilergruppen setzten sich aus Kieferorthopäden (KFO), Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen (MKG) und Laien (L) zusammen. Sie stufte die Patientengesichter hinsichtlich ihrer Attraktivität auf einer Skala von 1 bis 7 ein. Den Beurteilern war nicht bekannt, ob es sich um operierte oder nicht operierte Gesichter handelte. Es wurden Mittelwerte gebildet und für jedes Patientenbild die Korrelation zwischen dem Mittelwert der Attraktivitätsbeurteilung (MW) und dem Asymmetriegrad hinsichtlich des gesamten Gesichtes (d_{abs}) und dessen Teilbereichen Unter- und Mittelgesicht (d_{abs} UG, d_{abs} MG) bestimmt (**Tab. 22**).

Tab.22 Zusammenhang zwischen Attraktivitätsbeurteilung und dem Asymmetriegrad innerhalb der Beurteilergruppen KFO, MKG und L
(p aus der Korrelation nach Pearson)

Asymmetriegrade	MW gesamt (p)	MW KFO (p)	MW MKG (p)	MW L (p)
d_{abs}	0,415	0,038	0,534	0,796
d_{abs} UG	0,054	0,011	0,131	0,101
d_{abs} MG	0,312	0,024	0,383	0,676

Über die drei Beurteilergruppen hinweg (MW gesamt) konnte keine Korrelation zwischen dem Asymmetriegrad und der Attraktivität des Gesichtes festgestellt werden. Erst nach der Unterteilung in die einzelnen Beurteilergruppen konnten signifikante Korrelationen beobachtet werden. In der Gruppe der Kieferorthopäden war in allen Bereichen, d. h. im gesamten Gesicht, im Unter- und Mittelgesicht eine signifikante Korrelation zwischen der Attraktivitätsbewertung und dem Asymmetriegrad zu sehen. Weder in der

Gruppe der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen noch in der Gruppe der Laien konnte solch eine Korrelation beschrieben werden.

Es wurde untersucht, ob die Patientengesichter postoperativ attraktiver eingestuft wurden (**Tab.23**). Für die Untersuchung wurden Mittelwerte der prä- und postoperativen Bilder gebildet und die Signifikanz für die Beurteilergruppen mittels t-Test getestet.

Über alle drei Beurteilergruppen hinweg (MW gesamt) wurden die Patientengesichter postoperativ signifikant attraktiver eingestuft ($p = 0,014$). Nach Unterteilung in die einzelnen Bewertergruppen stellte sich heraus, dass Kieferorthopäden und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen die Patientengesichter postoperativ mit 3,588 bzw. 3,540 als geringfügig attraktiver einstufen als die Laien mit 3,257. Aus dem Vergleich der prä- mit den postoperativen Mittelwerten ergab sich, dass Kieferorthopäden und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen die Patientengesichter mit einer Signifikanz von 0,001 bzw. 0,006 attraktiver bewerteten. In der Gruppe der Laien konnte kein signifikantes Ergebnis erkannt werden.

Tab.23 Zusammenhang zwischen Mittelwerten (MW) der Attraktivitätsbewertung innerhalb der Beurteilergruppen KFO, MKG und L und den prä- (MW d_{abs1}) und postoperativen (MW d_{abs2}) Asymmetriegraden der Patientengesichter (p aus dem t-Test)

Beurteiler	n	MW d_{abs1}	MW d_{abs2}	P
Gesamt	40	3,003	3,410	0,014
KFO	10	3,012	3,588	0,001
MKG	10	3,100	3,540	0,006
L	20	2,948	3,257	0,096

Es wurde geprüft, wie viele der Beurteiler ein Gesicht oder dessen Teilbereiche mit einem Asymmetriegrad $> 0,730$ als asymmetrisch einstufen (**Tab.24**). Der Asymmetriegrad des Gesichtes war dem Beurteiler nicht bekannt. Asymmetrien, die im Untergesicht den Grenzwert von $0,730$ überschritten, wurden von 47% der Beurteiler aus allen Beurteilergruppen erkannt. Asymmetrien, die im Mittelgesicht den Grenzwert von $0,730$, überschritten, wurden von 38% aller Beurteiler erkannt. Betrag der Asymmetriegrad im Unter- und Mittelgesicht mehr als $0,730$ wurden die Gesichter von 48% aller Beurteiler als asymmetrisch eingestuft. Nach der Unterteilung in die einzelnen Bewertergruppen stellte sich heraus, dass Kieferorthopäden eine gleichzeitig im Unter- und Mittelgesicht auftretende Asymmetrie mit 57 % häufiger erkannten als Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen und Laien. In den einzelnen Gesichtsbereichen Unter- und Mittelgesicht beobachtete etwa der gleich große Anteil an Fachkräften und Laien asymmetrische Gesichtsbereiche.

Tab. 24 Prozentualer Anteil der positiven Bewertungen „Gesicht/ Teilbereich des Gesichtes asymmetrisch“ durch die Bewertung der Beurteilergruppen KFO, MKG und L bei festgelegtem Grenzwert des Asymmetriegrades von $> 0,730$

Beurteiler	n	d _{abs} UG (%)	d _{abs} MG (%)	d _{abs} UG & d _{abs} MG (%)
Gesamt	40	47	38	48
KFO	10	49	47	57
MKG	10	56	38	43
L	20	45	36	47

Es wurde geprüft, ob die Mittelwerte der Attraktivitätsbeurteilung der einzelnen Beurteilergruppen mit dem Grenzwert von 0,730 zusammenhängen (**Tab.25**). In allen drei Beurteilergruppen fiel auf, dass bei gleichzeitigem Auftreten von Asymmetrien im Mittel- und Untergesicht ein Gesicht als weniger attraktiv beurteilt wurde, als wenn nur in einem Teilbereich des Gesichtes Asymmetrien auftraten. Das Vorhandensein von Asymmetrie in einem Teilbereich, d.h. im Mittel- oder Untergesicht, wurde hinsichtlich der Attraktivität in allen Beurteilergruppen ähnlich attraktiv eingestuft (**Tab.25**).

Tab.25 Mittelwert der Attraktivitätsbewertung (auf einer Skala von 1-7) bei festgelegtem Grenzwert der Asymmetrie von 0,730 durch die Beurteilung der drei Beurteilergruppen KFO, MKG und L

Beurteiler	n	MW d_{abs} UG	MW d_{abs} MG	MW d_{abs} UG & MW d_{abs} MG
Gesamt	40	3,1	3,2	2,6
KFO	10	3,0	3,2	2,6
MKG	10	3,3	3,1	3,0
L	20	3,1	3,3	2,5

6 Diskussion

Ziel der Studie war es, auf der Grundlage einer dreidimensionalen, landmarkenunabhängigen Dokumentation von operativ bedingten Weichteilveränderungen, eine Analyse von Gesichtsasymmetrien in Abhängigkeit von Art, Lokalisation und Ausmaß der Asymmetrie, Art der Dysgnathie und dem Operationsverfahren (uni- oder bimaxilläre Osteotomie, transversale Schwenkung) durchzuführen. Prä- und postoperative Gesichtsasymmetrien von Dysgnathiepatienten wurden in Form eines Asymmetriegrades sowie durch eine bildliche Darstellung mittels Farbkodierung zum Ausdruck gebracht und mit Ergebnissen einer Kontrollgruppe verglichen.

Darüber hinaus wurden die individuelle Wahrnehmung und Beurteilung der Lokalisation von Gesichtsasymmetrien und die Einschätzung der Attraktivität durch Kieferorthopäden, Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen und Laien untersucht. Dabei sollte grundsätzlich geklärt werden, ob sich das Ausmaß und die Lokalisation der Gesichtsasymmetrie auf die Bewertung der Attraktivität auswirken.

6.1 Material und Methode

Um eine Analyse von Gesichtsasymmetrien bei Dysgnathiepatienten durchführen zu können, stellt sich zunächst die Frage nach einer geeigneten Methode zur Darstellung von Gesichtsoberflächen. Der Sensor FaceScan^{3D} ermöglicht eine berührungslose dreidimensionale Erfassung von Gesichtsoberflächen mit gleichzeitiger Datenakquisition. Bei hoher Auflösung und ohne Verwendung ionisierender Strahlung wird eine Gesichtsaufnahme innerhalb von 0,3 ms durchgeführt, ohne dass weitere Schutzmaßnahmen vorgenommen werden müssen. Mit Hilfe der zugehörigen Software *Slim 3D* und der von Benz et al. entwickelten landmarkenunabhängigen Methode zur Bestimmung der Symmetrieebene und der Berechnung von Asymmetriegraden lassen sich die Datensätze problemlos berechnen (Benz 2005). Der Vorteil der

landmarkenunabhängigen Bestimmung der Symmetrieebenen liegt in der Objektivierung der Asymmetriegrade für die erstellten Gesichter (*Benz 2005*). Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die Reproduzierbarkeit der Symmetrieebene, welche sich auf eine landmarkenunabhängige Methode stützt, bei der 10.000 bis 16.000 Punktepaare berücksichtigt werden. Ungenauigkeiten, die sich bei der herkömmlichen zweidimensionalen Analyse aufgrund von eventueller asymmetrischer Lage der einzelnen medialen oder lateralen Referenzpunkte ergeben, werden durch die von Benz et al. entwickelte Methode vermieden. Die Möglichkeit der dreidimensionalen farbkodierten Visualisierung asymmetrischer Bereiche ermöglicht neben der Berechnung des Asymmetriegrades eine genaue Analyse von Lokalisation und Ausmaß der Gesichtssymmetrie. Somit liefert das verwendete Verfahren eine deutlich präzisere Analyse von Gesichtssymmetrien als die bisher verwendeten zweidimensionalen Photographien (*Hartmann et al. 2007*).

Durch den operativ bedingten Eingriff wurde die Gesichtssymmetrie verändert. Um nun genaue Angaben über die lokalisierte Gesichtssymmetrie machen zu können, wurden die Patientengesichter in die Teilbereiche Unter- und Mittelgesicht unterteilt. Die Schnittebenen wurden durch die operativ beeinflussten Areale und nicht durch die herkömmliche Einteilung in Unter-, Mittel- und Obergesicht gewählt (*Schopf 2000*). So konnte gewährleistet werden, dass gezielt in den operierten Gesichtsbereichen die Lokalisation von Gesichtssymmetrien und die Veränderungen des Asymmetriegrades in den entsprechenden Teilbereichen zum Ausdruck gebracht werden können.

Eine weitere Darstellung von operativ bedingten Weichgewebsveränderungen konnte durch die Registrierung der prä- zu den postoperativen Datensätzen erzielt werden. Das Erstellen einer Stirnmaske stellte sich als vorteilhaft heraus, da so die durch die Dysgnathieoperation nicht veränderten Gesichtsbereiche zu einer reproduzierbaren Registrierung beitrugen. Die farbliche Kennzeichnung der prä- und postoperativen Datensätze und die Erstellung von Schnittebenen veranschaulichten das Ergebnis der operativ bedingten Weichteilveränderung. Für die Attraktivitätsbewertung der Patientengesichter wurden die zu beurteilenden Bilder in Graustufen abgebildet und so bearbeitet, dass zur

Bewertung ausschließlich die Gesichtsoberfläche zur Verfügung stand. Von Vorteil ist, dass die Aufmerksamkeit des Betrachters durch z.B. Haaransatz und Ohren nicht beeinträchtigt und somit das Urteilsvermögen über bestehende Gesichtsasymmetrien unbeeinflusst bleibt. Hinsichtlich der Attraktivitätsbeurteilung bleibt es fraglich, ob die abstrakte Abbildung des Gesichtes in Graustufen die Urteilskraft des Bewertens beeinträchtigte, da dem Betrachter Kriterien wie z.B. Teint, Augenfarbe und Lippenrot, die für die Attraktivitätsbewertung mit ausschlaggebend sein können, vorenthalten wurden (*Braun et al. 2009, Rhodes 2006*).

6.2 Diskussion Teil 1 - Ergebnisse der Asymmetriegrade

Der Asymmetriegrad der Patientengruppe lag präoperativ signifikant über dem der Kontrollgruppe. Die in dieser Studie gewonnene Erkenntnis, dass Dysgnathiepatienten im Durchschnitt eine ausgeprägte Gesichtsasymmetrie aufweisen, decken sich mit den Ergebnissen von vorangegangenen Studien über landmarkenabhängige Analysen von Gesichtsasymmetrien bei Dysgnathiepatienten (*Hajeer et al. 2004, Sforza et al. 2007*).

Auch postoperativ konnte noch ein signifikanter Unterschied zwischen dem Asymmetriegrad der Patientengruppe und dem der Kontrollgruppe festgestellt werden. Dieses Ergebnis lässt sich zum einen in der nach wie vor vorhandenen breiten Streuung der postoperativen Asymmetriegrade, zum anderen in dem durchschnittlich erzielten zu geringen Ausmaß der Verringerung des Asymmetriegrades erklären.

Durch den Vergleich von prä- und postoperativen Asymmetriegraden stellte sich in unserer Studie heraus, dass sich, durch den operativen Eingriff bedingt, die Gesichtsasymmetrie über die gesamte Patientengruppe hinweg betrachtet verringerte. Diese Verbesserung der Gesichtssymmetrie konnte jedoch statistisch nicht als signifikant belegt werden.

Hajeer et al. untersuchten den Verlauf der Gesichtsasymmetrie bei Dysgnathiepatienten prä- und ein Jahr postoperativ. Für die Gruppe der

bimaxillär operierten Patienten konnte nach einem Jahr eine signifikante Verringerung der fazialen Asymmetrie verzeichnet werden. Dies galt nicht für die Gruppe der unimaxillär operierten Patienten. Eine Erklärung hierfür lieferte die unterschiedliche Ausprägung der präoperativen Gesichtsasymmetrie. In der Gruppe der bimaxillär operierten Patienten lag die präoperative Gesichtsasymmetrie über der der unimaxillär operierten Patienten, die klinisch keine offensichtliche Gesichtsasymmetrie zeigten (*Hajeer et al. 2004*).

Auch Sforza et al. berichten in ihrer Studie über Patienten mit präoperativ beachtlicher Gesichtsasymmetrie, die sich nach der Operation signifikant verringerte (*Sforza et al. 2007*). Kobayashi et al. definierten den Asymmetriegrad über den „direktionalen Index der Asymmetrie“, um die operativ bedingte Weichteilveränderung bei Dysgnathiepatienten zu quantifizieren. Dieser Index berechnet sich aus der Subtraktion des Volumens der linken von der rechten Untergesichtshälfte und der anschließenden Division des Ergebnisses durch das gesamte Untergesichtsvolumen. Der Vergleich von prä- und postoperativ ermittelten Indizes der Asymmetrie deutete auf eine signifikante Verbesserung der Gesichtsasymmetrie hin (*Kobayashi et al. 1990*). Die verwendete landmarkenabhängige Analyse stützt sich auf eine Symmetrieebene, die das Gesicht in zwei gleich große Bereiche unterteilte. Das Vorhandensein von asymmetrischen Referenzpunkten konnte bei dieser Analyse nicht berücksichtigt werden. Zusätzlich fehlten in der Untersuchung die Veränderung der Mittelgesichtsasymmetrie und die Testung der Reproduzierbarkeit.

Ferrario et al. versuchten über eine landmarkenabhängige Analyse operativ bedingte Veränderungen der Gesichtsasymmetrie von Dysgnathiepatienten zu beschreiben. Sie kamen zu dem Schluss, dass über die Veränderung der Asymmetrie keine einheitliche Aussage zu treffen ist, da Hart- und Weichgewebe unterschiedlich auf strukturelle Veränderungen reagieren und trotz der korrekten Umsetzung der Operation das Behandlungsergebnis die Charakteristik eines Gesichtes nicht völlig verändert (*Ferrario et al. 1999*).

Um zu detaillierteren Aussagen zu gelangen, wurde in der vorliegenden Studie die Patientengruppe in einzelne Untergruppen (Klasse II, Klasse III, Laterognathie) unterteilt, um eventuell vorhandene Auffälligkeiten und Differenzen innerhalb der einzelnen Gruppen analysieren und bewerten zu können.

Bei der Unterteilung in die Gruppen Klasse II, Klasse III und Laterognathie fiel auf, dass sich der Asymmetriegrad der Klasse II-Patienten postoperativ geringfügig erhöhte und der der Klasse III-Patienten und der Laterognathiepatienten sich verbesserte. Bei diesen Ergebnissen ist ebenfalls der präoperative Asymmetriegrad zu berücksichtigen. In der Gruppe der Klasse II fiel dieser weniger ausgeprägt aus als in der Gruppe der Klasse III. In der Gruppe der Laterognathiepatienten wurde durch die Operation, d.h. durch transversale Schwenkung, das Untergesicht, welches im Vergleich zum gesamten Gesicht eine signifikant höhere Asymmetrie aufwies, symmetrischer. Auch diese Erkenntnis lässt sich durch einen den Grenzwert überschreitenden präoperativen Asymmetriegrad erklären.

In unserer Studie ließ sich die fehlende signifikante Verringerung des Asymmetriegrades durch einen präoperativ zu geringen, zum Teil den Grenzwert unterschreitenden Asymmetriegrad erklären. Hinzu kommt ein teilweise ausbleibendes oder zu geringes Ausmaß der transversalen Schwenkung der Kiefer, wodurch eine Reduktion der Gesichtsasymmetrie ausblieb.

Aus den Ergebnissen lässt sich folgern, dass die Ursachen für die Veränderung des Asymmetriegrades auf das Operationsverfahren, das Ausmaß und die Lokalisation der Asymmetrie zurückzuführen sind. Bei Patienten, die präoperativ einen Asymmetriegrad aufwiesen, der den Grenzwert überschritt, konnte durch Transversalverschiebung die Gesichtsasymmetrie signifikant verringert werden. Es spielte in diesem Fall keine Rolle, ob eine uni- oder bimaxilläre Umstellungsosteotomie vorgenommen wurde.

6.3 Diskussion Teil 2 -

Vergleich der Farbkodierung mit dem Asymmetriegrad

Zur Veranschaulichung der Ausprägung und der Lokalisation von asymmetrischen Gesichtsbereichen diente die vertexbezogene Farbkodierung. Durch den Vergleich der farblich gekennzeichneten prä- und postoperativen Gesichtsasymmetrien konnte die operativ bedingte Weichgewebsveränderung analysiert und in Bezug zu dem mittleren Asymmetriegrad gebracht werden.

Das Ziel einer kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie ist neben der Einstellung einer statischen und dynamischen Okklusion eine Korrektur der Kieferfehlagen als Voraussetzung für ein harmonisches und ästhetisch ansprechendes Gesicht. Die Veränderung skelettaler Strukturen führte unmittelbar zu Weichteilveränderungen, deren Ausmaß und Richtung in der Literatur immer wieder analysiert werden (*Ferrario et al. 1999, Guest et al. 2001, Landes et al. 2002, Marsan et al. 2009, Miller et al. 2007, Sforza et al. 2007, Soncul et al. 2004*). In der Studie von Guest et al. stellte sich die Methode des „closest point algorithms“ zur Darstellung von Weichgewebsveränderungen der prä- und postoperativen Datensätze von Gesichtsoberflächen als vielversprechend dar (*Guest et al. 2001*). Der Ansatz dieser Untersuchung ähnelt dem in der vorliegenden Studie verwendeten Verfahren von Benz et al., jedoch ließ die Datenakquisition über phasenmessende Triangulation eine schnellere und somit genauere Datenerfassung und die Berechnung des Asymmetriegrades eine höhere Reproduzierbarkeit erkennen als die von Guest et al. verwendeten Laserscans.

Der Wunsch nach einem attraktiveren Erscheinungsbild ist unter Dysgnathiepatienten weit verbreitet. Durch die farblich gekennzeichnete Darstellung von Gesichtsasymmetrien ermöglicht das verwendete Messverfahren eine wesentlich präzisere Diagnostik von asymmetrischen Gesichtsbereichen, die als wertvolle Zusatzinformation für die Therapieplanung und die Patientenaufklärung verwendet werden sollte.

6.4 Diskussion Teil 3 -

Ergebnisse der Attraktivitätsbeurteilung

Nur die Beurteilergruppe der Kieferorthopäden bewertete die Attraktivität der Patientengesichter in Relation zu dem entsprechenden Asymmetriegrad. Ein solcher Zusammenhang konnte in der Gruppe der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen und der Gruppe der Laien nicht festgestellt werden. In der Studie von Kokich et al. wird diese Tatsache damit erklärt, dass Kieferorthopäden im Zuge ihrer Behandlungen eher Abweichungen im Gesichtsbereich wahrnehmen als Laien oder Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen (Kokich et al. 2006). Gesichtsasymmetrien fallen demnach dem geschulten Auge eines Kieferorthopäden schneller auf.

Bezüglich der prä- und postoperativen Attraktivität schätzten die Kieferorthopäden und die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen die Patienten postoperativ attraktiver ein. In der Gruppe der Laien konnte keine signifikante Übereinstimmung gefunden werden. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass Fachkräfte wie Kieferorthopäden und Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen im Gegensatz zu Laien auch bei zweidimensionaler Darstellung Veränderungen in der Sagittalebene wahrnehmen. Die nach der Umstellungsosteotomie erreichte skelettale Klasse I empfindet der auf skelettale Anomalien geschulte Betrachter als attraktiver. Durch die zweidimensionale Bilddarstellung fiel dem Laien die sagittale Kieferfehlage nicht auf. In der Literatur wird berichtet, dass der Betrachtungsweise von zwei- oder dreidimensionalen Bilddarstellungen hinsichtlich der Bewertung der Attraktivität keine Relevanz zugeschrieben wird (Todd et al. 2005). Die zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Problems ist für den ungeschulten Betrachter aber schwieriger zu erkennen. Somit stellt die dreidimensionale Präsentation der Gesichtsoberfläche eine bessere Methode zur Beurteilung von Attraktivität dar.

Zusätzlich stellte sich in dieser Studie heraus, dass Asymmetrien, die den Grenzwert von 0,730 überschritten, in allen drei Beurteilergruppen etwa gleich häufig erkannt wurden. Die Möglichkeit, bei einer zweidimensionalen Darstellung bei gedachter Mittelachse einen Seitenvergleich anzustellen, erleichterte in diesem Fall dem Laien, Asymmetrien in der Transversalebene

wahrzunehmen. Die Tatsache, dass diese Form der Asymmetrie bei nicht bewegten zweidimensionalen Bildern auffälliger erscheint, wurde bereits untersucht und bestätigt (*Bareis 2008*).

Die Bedeutung der Symmetrie für die Attraktivität eines menschlichen Gesichtes wurde bereits in verschiedenen Studien untersucht und analysiert. Es ist bisher jedoch nicht gelungen, einheitliche Aussagen über den Zusammenhang zwischen Attraktivität und Symmetrie zu finden.

Es gibt Studien, die belegen, dass der Grad an Symmetrie die Attraktivität eines Gesichtes steigern kann (*Grammer et al. 1993, Peck et al. 1991, Scheib et al. 1999*). Diese Aussage über die Einschätzung von Attraktivität deckt sich mit der in dieser Studie erlangten Erkenntnis, dass Gesichter mit niedrigerem Asymmetriegrad als attraktiver eingestuft wurden. Demgegenüber stehen Thesen, die aussagen, dass eine geringfügige Asymmetrie die Attraktivität eines Gesichtes steigern kann (*Braun et al. 2009, Thornhill et al. 1999*). Die Tatsache, dass in dieser Studie kein Gesicht – weder in der Kontrollgruppe noch in der Patientengruppe - völlig symmetrisch war, stimmt mit der Aussage überein, dass geringfügige Asymmetrie, welche dem Betrachter nicht bewusst auffällt, die Attraktivität eines Gesichtes steigern kann. In der Studie von Braun et al. zeigen die Untersuchungen zu Ursachen und Folgen von Attraktivität jedoch auch, dass Gesichter mit starken Asymmetrien als unattraktiv gelten (*Braun et al. 2009*). Gleiche Ergebnisse kamen in der vorliegenden Studie zum Vorschein, indem Patienten mit deutlich erhöhtem Asymmetriegrad als unattraktiver empfunden wurden.

Die in der Literatur beschriebene Lateralität ist häufig auf das untere Gesichtsdrittel beschränkt (*Haraguchi et al. 2002, Samman et al. 1992, Severt et al. 1997*). Diese Aussage kann durch diese Studie in sofern bestätigt werden, als nur Laterognathiepatienten im Vergleich zum gesamten Gesicht im Untergesicht einen ausgeprägteren Asymmetriegrad hatten. Unter Berücksichtigung aller Patienten war die Asymmetrie im Untergesicht nicht signifikant erhöht.

6.5 Schlussfolgerung

Gesichtsasymmetrien stellen bei Dysgnathiepatienten eine Sonderstellung dar, da sie mannigfaltig und in starker und weniger starker Ausprägung anzutreffen sind. Ziel der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie ist, neben der Ausformung des Zahnbogens und der Koordinierung der Kiefer zueinander, die Harmonisierung der Gesichtsasymmetrie und die Maximierung der fazialen Ästhetik. Die Diagnostik von Abweichungen der Gesichtssymmetrie ist für den Behandlungsablauf und die Prognose des Behandlungszieles unabdingbar.

Das in dieser Studie verwendete Verfahren zur Analyse von Weichgewebsasymmetrien stellt ein einfaches und nützliches Mittel dar, welches Zusatzinformationen für die Behandlungsplanung und Evaluierung von Behandlungsergebnissen liefert, aber auch im Rahmen der Patientenaufklärung über chirurgisch mögliche Weichteilveränderung angewendet werden kann.

7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, eine dreidimensionale landmarkenunabhängige Analyse von Asymmetrien der Gesichtsweichteile in Abhängigkeit von Art, Ausmaß und Lokalisation der Asymmetrie, der Art der Dysgnathie und dem dysgnathiespezifischen Operationsverfahren durchzuführen. Operativ bedingte Weichteilveränderungen und ihr Einfluss auf die Gesichtssymmetrie sollten dokumentiert und statistisch ausgewertet werden. Die Gesichtsasymmetrie der Dysgnathiepatienten wurde anhand eines Asymmetriegrades sowie visuell in Form einer vertexbezogenen Farbkodierung jeweils prä- und postoperativ zum Ausdruck gebracht. Die Ergebnisse wurden mit denen einer Kontrollgruppe verglichen.

Zusätzlich wurde anhand eines Fragebogens von Kieferorthopäden, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen und Laien eine individuelle Bewertung der Lokalisation von Gesichtsasymmetrien sowie eine Einstufung der Attraktivität der Patientengesichter vorgenommen. Dabei sollte festgestellt werden, ob sich die Lokalisation und die Ausprägung der fazialen Asymmetrie auf die Beurteilung der Attraktivität auswirkt.

Gegenstand der Untersuchung war eine Gruppe von Dysgnathiepatienten, von denen 20 Patienten eine skelettale Klasse II und 20 Patienten eine skelettale Klasse III aufwiesen. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 20 Probanden mit einer skelettalen Klasse I zusammen.

Mit dem optischen Sensor FaceScan^{3D} wurden die Gesichtsoberflächen mittels phasenmessender Triangulation erfasst und die entstandenen Bilder mit Hilfe der Software *3D-Viewer* bearbeitet. Die verwendete berührungslose Datenerhebung war bei geringer Messdauer und hoher Auflösung von Vorteil und die Anwendung am Patienten aufgrund von fehlender ionisierender Strahlung unbedenklich. Durch eine für kieferorthopädische Zwecke speziell angefertigte Spiegelkonstruktion war es möglich, mit einer einzigen Aufnahme die Gesichtsoberfläche von Ohr zu Ohr darzustellen. Die jeweiligen Datensätze wurden mit der Software *Slim* trianguliert, verschmolzen und anschließend

nachbearbeitet. Nach der von Benz et al. entwickelten Methode mittels landmarkenunabhängiger Datenakquisition wurden für jedes Gesicht die Symmetrieebene, der Asymmetriegrad für das gesamte Gesicht und dessen Teilbereiche Unter- und Mittelgesicht ermittelt und die Gesichtsasymmetrie visuell über vertexbezogene Farbkodierung dargestellt.

Die Beurteilung der Attraktivität, der Symmetrie und der Lokalisation der Asymmetrie der Patientengesichter wurde von 10 Kieferorthopäden, 10 Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen und 20 Laien vorgenommen und in der Auswertung in Zusammenhang mit dem mittleren Asymmetriegrad gebracht.

Sowohl der präoperativ als auch der postoperativ ermittelte Asymmetriegrad der Patientengruppe lag signifikant über dem der Kontrollgruppe. Es konnte zwar insgesamt eine operativ bedingte Verringerung des Asymmetriegrades beobachtet werden, eine signifikante Senkung der Gesichtsasymmetrie blieb aber aus.

Bei der Unterteilung der Patientengruppe in die skelettale Klasse II und die skelettale Klasse III fiel auf, dass Klasse III-Patienten präoperativ eine höhere Gesichtsasymmetrie zeigten als Klasse II-Patienten. Eine ähnlich wie bei der Klasse III ausgeprägte faziale Asymmetrie bestand bei der Gruppe der Laterognathiepatienten, bei denen präoperativ zusätzlich eine signifikante Asymmetrie im Untergesicht festzustellen war. Diese Signifikanz konnte postoperativ nicht mehr festgestellt werden.

In Hinsicht auf das Operationsverfahren stellte sich in dieser Studie heraus, dass nicht die alleinige Vor- oder Rückverlagerung der Kiefer, sondern die transversale Schwenkung einen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Gesichtsasymmetrie hat. Es spielte aber keine Rolle, ob die Patienten uni- oder bimaxillär operiert wurden.

Die Ausprägung der präoperativen Gesichtsasymmetrie stand in Korrelation mit der Verringerung des Asymmetriegrades. Je höher der präoperative Asymmetriegrad eines Patientengesichtes lag, desto wahrscheinlicher war es, dass sich die Gesichtsasymmetrie im Zuge der Operation verringerte.

Die Einstufung der Attraktivität der Patientengesichter stand bei der Gruppe der Kieferorthopäden in Zusammenhang mit dem Asymmetriegrad. Postoperativ wurden die Patientengesichter in allen drei Beurteilergruppen als attraktiver eingestuft.

Bei der Feststellung von asymmetrischen Gesichtsbereichen wurde über alle Bewertergruppen hinweg eine gleichzeitig im Mittel- und Untergesicht auftretende Gesichtsasymmetrie am häufigsten erkannt.

Die dreidimensionale Bilddarstellung von Gesichtsasymmetrien stellt bei hoher Reproduzierbarkeit eine präzisere Diagnostik dar als die Photographie. Die gewonnene Zusatzinformation kann unterstützend zur Therapieplanung und zur Patientenaufklärung herangezogen werden. Die non-invasive Evaluierung von Weichteilveränderungen im Rahmen einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen, aber auch rein kieferorthopädischen Behandlung dient der zusätzlichen Darstellung prä- und posttherapeutischer Befunde, die als nützliche Information für den Kliniker mit herangezogen werden kann.

Literaturverzeichnis

1. **3D-ShapeGmbH.**
www.3d-shape.com/home/home_d.php. (2009).
2. **Bareis, U.**
Visuelle Beurteilung von Gesichtsasymmetrien - zwei- und dreidimensionale Wahrnehmung im Vergleich.
Diss., Würzburg.(2008).
3. **Bastian, B., Georg, T. & Lisson, J.A.**
Genauigkeit der Vorhersage von Weichteilveränderungen durch orthognathe Chirurgie.
Kieferorthop.(2003) 17: 121-131.
4. **Becker, M.**
Gesichtsform und Attraktivität.
Diplomarbeit, Psychologie, Saarland.(2003).
5. **Benz, M.**
Ergebnismodellierung und Qualitätskontrolle kraniofazialer Operationen auf Basis optischer Messtechnik.
Diss., Institut für Optik, Informatik und Photonik, Erlangen-Nürnberg.(2005).
6. **Bill, J.S., Reuther, J.F., Dittmann, W., Kubler, N., Meier, J.L., Pistner, H. & Wittenberg, G.**
Stereolithography in oral and maxillofacial operation planning.
Int J Oral Maxillofac Surg.(1995) 24 (1 Pt 2): 98-103.

7. **Bishara, S.E., Burkey, P.S. & Kharouf, J.G.**
Dental and facial asymmetries: a review.
Angle Orthod.(1994) 64 (2): 89-98.

8. **Bongartz, J.R.**
Hochauflösende dreidimensionale Gesichtsprofilvermessung mit kurzgepulster Holographie.
Diss., Düsseldorf.(2002).

9. **Braun, C., Gründel, M., Marberger, C. & Scherber, C.**
Beautycheck. Ursachen und Folgen von Attraktivität.
Universität Regensburg, www.beautycheck.de.(2009).

10. **Bühl, A.**
SPSS Version 16: Einführung in die moderne Datenanalyse.
Pearson Studium.(2008).

11. **Burke, P.H.**
Stereophotogrammetric measurement of normal facial asymmetry in children.
Hum Biol.(1971) 43 (4): 536-48.

12. **Burstone, C.J.**
Diagnosis and treatment planning of patients with asymmetries.
Semin Orthod.(1998) 4 (3): 153-64.

13. **Chebib, F.S. & Chamma, A.M.**
Indices of craniofacial asymmetry.
Angle Orthod.(1981) 51 (3): 214-26.

14. **Dahan, J.**
Die Diagnose der Gesichts- und Schädelasymmetrien. Ein kephalometrisches Problem.
Fortschr Kieferorthop.(1968): 29:289 - 333.

15. **Diedrich, P.**
Praxis der Zahnheilkunde 11/1. Kieferorthopädie, Bd.1: Orofaziale Entwicklung und Diagnostik.
Urban und Fischer, München.(2000) (Dierich, P.).

16. **Douglas, T.S.**
Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry.
Comput Med Imaging Graph.(2004) 28 (7): 401-9.

17. **Edler, R., Wertheim, D. & Greenhill, D.**
Comparison of radiographic and photographic measurement of mandibular asymmetry.
Am J Orthod Dentofacial Orthop.(2003) 123 (2): 167-74.

18. **Ehmer, U. & Wegener, A.**
Zur Validität von Asymmetriegraden computerunterstützter Analyse der Fernröntgenfrontalaufnahme.
Fortsch Kieferorthop.(1993): 54:134 - 42.

19. **Farkas, L.G. & Cheung, G.**
Facial asymmetry in healthy North American Caucasians. An anthropometrical study.
Angle Orthod.(1981) 51 (1): 70-7.

20. **Ferrario, V.F., Sforza, C., Ciusa, V., Dellavia, C. & Tartaglia, G.M.**
The effect of sex and age on facial asymmetry in healthy subjects: a cross-sectional study from adolescence to mid-adulthood.
J Oral Maxillofac Surg.(2001) 59 (4): 382-8.
21. **Ferrario, V.F., Sforza, C., Miani, A. & Tartaglia, G.**
Craniofacial morphometry by photographic evaluations.
Am J Orthod Dentofacial Orthop.(1993) 103 (4): 327-37.
22. **Ferrario, V.F., Sforza, C., Poggio, C.E. & Tartaglia, G.**
Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry.
J Oral Maxillofac Surg.(1994) 52 (11): 1126-32.
23. **Ferrario, V.F., Sforza, C., Schmitz, J.H. & Santoro, F.**
Three-dimensional facial morphometric assessment of soft tissue changes after orthognathic surgery.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.(1999) 88 (5): 549-56.
24. **Grammer, K. & Thornhill, R.**
Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection. The role of symmetry and averageness.
J Comp Psychol.(1993): 108:233-42.
25. **Greiner, G., Niemann, H., Ertl, T., Girod, B. & Seidel, H.-P.**
Vision, Modelling, and Visualization 2002. Erlangen, 2002.
26. **Gruber, M., Häusler, G.**
Simple, robust and accurate phase-measuring triangulation.
Optik.(1992) (89): 118-22.

27. **Guest, E., Berry, E. & Morris, D.**
Novel methods for quantifying soft tissue changes after orthognathic surgery.
Int J Oral Maxillofac Surg.(2001) 30 (6): 484-9.
28. **Hajeer, M.Y., Ayoub, A.F. & Millett, D.T.**
Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery.
Br J Oral Maxillofac Surg.(2004) 42 (5): 396-404.
29. **Hajeer, M.Y., Millett, D.T., Ayoub, A.F. & Siebert, J.P.**
Applications of 3D imaging in orthodontics: part I.
J Orthod.(2004) 31 (1): 62-70.
30. **Haraguchi, S., Takada, K. & Yasuda, Y.**
Facial asymmetry in subjects with skeletal Class III deformity.
Angle Orthod.(2002) 72 (1): 28-35.
31. **Hartmann, J., Meyer-Marcotty, P., Benz, M., Hausler, G. & Stellzig-Eisenhauer, A.**
Reliability of a Method for Computing Facial Symmetry Plane and Degree of Asymmetry Based on 3D-data.
J Orofac Orthop.(2007) 68 (6): 477-490.
32. **Held, B.**
Microsoft Excel Formeln und Funktionen.
Vmi Buch(2003).
33. **Hell, B.**
3D sonography.
Int J Oral Maxillofac Surg.(1995) 24 (1 Pt 2): 84-9.

34. **Hönn, M. & Goz, G.**
The ideal of facial beauty: a review.
J Orofac Orthop.(2007) 68 (1): 6-16.
35. **Kawai, T., Natsume, N., Shibata, H. & Yamamoto, T.**
Three-dimensional analysis of facial morphology using moire stripes. Part I.
Method.
Int J Oral Maxillofac Surg.(1990) 19 (6): 356-8.
36. **Khambay, B., Nebel, J.C., Bowman, J., Walker, F., Hadley, D.M. & Ayoub, A.**
3D stereophotogrammetric image superimposition onto 3D CT scan images: the future of orthognathic surgery. A pilot study.
Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.(2002) 17 (4): 331-41.
37. **Kobayashi, T., Ueda, K., Honma, K., Sasakura, H., Hanada, K. & Nakajima, T.**
Three-dimensional analysis of facial morphology before and after orthognathic surgery.
J Craniomaxillofac Surg.(1990) 18 (2): 68-73.
38. **Koff, E., Borod, J.C. & White, B.**
Asymmetries for hemiface size and mobility.
Neuropsychologia.(1981) 19 (6): 825-30.
39. **Kokich, V.O., Kokich, V.G. & Kiyak, H.A.**
Perceptions of dental professionals and laypersons to altered dental esthetics: asymmetric and symmetric situations.
Am J Orthod Dentofacial Orthop.(2006) 130 (2): 141-51.

40. **Laboureux, X., Häusler, G.**
Localisation and registration of threedimensional objects in space- Where are the limits?
Appl optics.(2001): 40:5206-16.
41. **Landes, C.A., Bitsakis, J., Diehl, T. & Bitter, K.**
Introduction of a three-dimensional anthropometry of the viscerocranium. Part I: measurement of craniofacial development and establishment of standard values and growth functions.
J Craniomaxillofac Surg.(2002) 30 (1): 18-24.
42. **Landes, C.A., Zachar, R., Diehl, T. & Kovacs, A.F.**
Introduction of a three-dimensional anthropometry of the viscerocranium. Part II: evaluating osseous and soft tissue changes following orthognathic surgery.
J Craniomaxillofac Surg.(2002) 30 (1): 25-34.
43. **Legan, H.L.**
Surgical correction of patients with asymmetries.
Semin Orthod.(1998) 4 (3): 189-98.
44. **Liu, Y., Weaver, R. L., Schmidt, K., Serban, N., Cohn, J.**
Facial Asymmetry: A New Biometric.
The Robotics Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh.(2001).
45. **Lundstrom, A.**
Some asymmetries of the Dental Arches, Jaws, and Skull,and their Etiological Significance.
Am J Orthod.(1961) 46: 81-106.

46. **Marsan, G., Oztas, E., Kuvat, S.V., Cura, N. & Emekli, U.**
Changes in soft tissue profile after mandibular setback surgery in Class III subjects.
Int J Oral Maxillofac Surg.(2009).
47. **Masuoka, N., Momoi, Y., Ariji, Y., Nawa, H., Muramatsu, A., Goto, S. & Ariji, E.**
Can cephalometric indices and subjective evaluation be consistent for facial asymmetry?
Angle Orthod.(2005) 75 (4): 651-5.
48. **McCance, A.M., Moss, J.P., Fright, W.R., Linney, A.D. & James, D.R.**
Three-dimensional analysis techniques--Part 2: Laser scanning: a quantitative three-dimensional soft-tissue analysis using a color-coding system.
Cleft Palate Craniofac J.(1997) 34 (1): 46-51.
49. **Melnik, A.K.**
A cephalometric study of mandibular asymmetry in a longitudinally followed sample of growing children.
Am J Orthod Dentofacial Orthop.(1992) 101 (4): 355-66.
50. **Miller, L., Morris, D.O. & Berry, E.**
Visualizing three-dimensional facial soft tissue changes following orthognathic surgery.
Eur J Orthod.(2007) 29 (1): 14-20.

51. **Nkenke, E., Benz, M., Maier, T., Wiltfang, J., Holbach, L.M., Kramer, M., Hausler, G. & Neukam, F.W.**
Relative en- and exophthalmometry in zygomatic fractures comparing optical non-contact, non-ionizing 3D imaging to the Hertel instrument and computed tomography.
J Craniomaxillofac Surg.(2003) 31 (6): 362-8.
52. **Nkenke, E., Lehner, B., Kramer, M., Haeusler, G., Benz, S., Schuster, M., Neukam, F.W., Vairaktaris, E.G. & Wurm, J.**
Determination of facial symmetry in unilateral cleft lip and palate patients from three-dimensional data: technical report and assessment of measurement errors.
Cleft Palate Craniofac J.(2006) 43 (2): 129-37.
53. **Nkenke, E., Maier, T., Benz, M., Wiltfang, J., Holbach, L.M., Kramer, M., Hausler, G. & Neukam, F.W.**
Hertel exophthalmometry versus computed tomography and optical 3D imaging for the determination of the globe position in zygomatic fractures.
Int J Oral Maxillofac Surg.(2004) 33 (2): 125-33.
54. **O'Grady, K.F. & Antonyshyn, O.M.**
Facial asymmetry: three-dimensional analysis using laser surface scanning.
Plast Reconstr Surg.(1999) 104 (4): 928-37.
55. **Peck, S., Peck, L. & Kataja, M.**
Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces.
Angle Orthod.(1991) 61 (1): 43-8.
56. **Proffit, W.T., TA.**
Dentofacial asymmetry.
Dentofacial asymmetry. In: Proffit WR, White Jr RP, editors. Surgical orthodontic treatment. St. Louis: Mosby.(1991): 483-549.

57. **Ras, F., Habets, L.L., van Ginkel, F.C. & Prah-Andersen, B.**
Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry.
Angle Orthod.(1995) 65 (3): 233-9.
58. **Ras, F., Habets, L.L., van Ginkel, F.C. & Prah-Andersen, B.**
Three-dimensional evaluation of facial asymmetry in cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J.(1994) 31 (2): 116-21.
59. **Rhodes, D., Proffitt, F., Grady, J.M. & Sumich, A.**
Facial symmetry and the perception of beauty.
Psycho Bull Rev.(1998) (5): 5:659-69.
60. **Rhodes, G.**
The evolutionary psychology of facial beauty.
Annu Rev Psychol.(2006) 57: 199-226.
61. **Samman, N., Tong, A.C., Cheung, D.L. & Tideman, H.**
Analysis of 300 dentofacial deformities in Hong Kong.
Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.(1992) 7 (3): 181-5.
62. **Scheib, J.E., Gangestad, S.W. & Thornhill, R.**
Facial attractiveness, symmetry and cues of good genes.
Proc Biol Sci.(1999) 266 (1431): 1913-7.
63. **Schopf, P.**
Curriculum Kieferorthopädie, Bd.1.
Quintessenz, Berlin.(2000).

64. **Severt, T.R. & Proffit, W.R.**
The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina.
Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.(1997) 12 (3): 171-6.
65. **Sforza, C., Peretta, R., Grandi, G., Ferronato, G. & Ferrario, V.F.**
Three-dimensional facial morphometry in skeletal Class III patients. A non-invasive study of soft-tissue changes before and after orthognathic surgery.
Br J Oral Maxillofac Surg.(2007) 45 (2): 138-44.
66. **Shah, S.M. & Joshi, M.R.**
An assessment of asymmetry in the normal craniofacial complex.
Angle Orthod.(1978) 48 (2): 141-8.
67. **Soncul, M. & Bamber, M.A.**
Evaluation of facial soft tissue changes with optical surface scan after surgical correction of Class III deformities.
J Oral Maxillofac Surg.(2004) 62 (11): 1331-40.
68. **Strub, J., Türp, J., Witkowski, S., Hürzeler, M. & Kern, M.**
Prothetik Curriculum, Bd. 1, 2, 3.
Quintessenz, Berlin.(1994).
69. **Thornhill, R. & Gangestad, S.W.**
Facial attractiveness.
Trends Cogn Sci.(1999) 3 (12): 452-460.
70. **Todd, S.A., Hammond, P., Hutton, T., Cochrane, S. & Cunningham, S.**
Perceptions of facial aesthetics in two and three dimensions.
Eur J Orthod.(2005) 27 (4): 363-9.

71. **Trpkova, B., Prasad, N.G., Lam, E.W., Raboud, D., Glover, K.E. & Major, P.W.**

Assessment of facial asymmetries from posteroanterior cephalograms: validity of reference lines.

Am J Orthod Dentofacial Orthop.(2003) 123 (5): 512-20.

72. **Veit, K.**

Verringerung systematischer Messfehler bei der phasenmessenden Triangulation.

Diss., Erlangen-Nürnberg.(2003).

9 Abkürzungsverzeichnis

KI.I	skelettale Klasse I
KI.II	skelettale Klasse II
KI.III	skelettale Klasse III
Bimax	Umstellungsosteotomie beider Kiefer
Unimax	Umstellungsosteotomie eines Kiefers
OG	Obergesicht
MG	Mittelgesicht
UG	Untergesicht
OK	Oberkiefer
UK	Unterkiefer
d_{abs}	Asymmetriegrad gesamtes Gesicht
$d_{abs}UG$	Asymmetriegrad Untergesicht
$d_{abs}MG$	Asymmetriegrad Mittelgesicht
$d_{abs}t1$	präoperativer Asymmetriegrad gesamtes Gesicht
$d_{abs}t1\ UG$	präoperativer Asymmetriegrad Untergesicht
$d_{abs}t1\ MG$	präoperativer Asymmetriegrad Mittelgesicht
$d_{abs}t2$	postoperativer Asymmetriegrad gesamtes Gesicht
$d_{abs}t2\ UG$	postoperativer Asymmetriegrad Untergesicht
$d_{abs}t2\ MG$	postoperativer Asymmetriegrad Mittelgesicht
$d_{abs}K$	Asymmetriegrad Kontrollgruppe
$d_{abs}G$	Grenzwert Asymmetriegrad
Δd_{abs}	Veränderung Asymmetriegrad
ϕ	Winkelabweichung phi

KFO	Kieferorthopäde
MKG	Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurg
L	Laie
MW	Mittelwert
ME	Medianwert
MIN	Minimum
MAX	Maximum
STABWE	Standardabweichung

10 Tabellenverzeichnis

- Tab. 1 Asymmetriegrad der Kontrollgruppe
- Tab. 2 d_{absK} und $d_{abs t1}$ der gesamten Patientengruppe, der Kl.II, Kl.III und Laterognathie
(p aus dem Mann-Whitney-Test)
- Tab. 3 $d_{abs t1}$ von dem gesamten Gesicht, Mittelgesicht (MG) und Untergesicht (UG)
- Tab. 4 $d_{abs t1}$ der Laterognathiegruppe mit Unterteilung in gesamtes Gesicht und Untergesicht (UG)
(p aus dem Wilcoxon-Test)
- Tab. 5 $d_{abs t1}$ der Gruppen mit Schwenkung im OK und/oder im UK im Vergleich zu d_{absK}
- Tab. 6 d_{absK} und $d_{abs t2}$ der Patientengruppe, Kl.II, Laterognathie
(p aus dem Mann-Whitney-Test)
- Tab. 7 $d_{abs t2}$ der Laterognathiegruppe mit der Unterteilung in gesamtes Gesicht und Untergesicht (UG)
- Tab. 8 $d_{abs t2}$ bei vorangegangener Transversalverschiebung im Vergleich zu d_{absK}
(p aus dem Mann-Whitney-Test)

- Tab. 9 Δd_{abs} der gesamten Patientengruppe, der KI.II, KI.III und Laterognathie

(Negative Bilanz gibt die Verringerung, positive Bilanz die Erhöhung des Asymmetriegrades an)
- Tab. 10 Δd_{abs} in Abhängigkeit vom Operationsverfahren

(p aus dem Wilcoxon-Test)
- Tab. 11 Δd_{abs} bei Patienten mit Schwenkung im OK und UK, OK oder UK im Vergleich zu Patienten, die in diesem Bereich nicht geschwenkt wurden
- Tab. 12 $d_{\text{abs}t1}$ bei Patienten mit Transversalverschiebung eines und/oder beider Kiefer, bei denen $d_{\text{abs}t1} > d_{\text{abs}G}$
- Tab. 13 $d_{\text{abs}t2}$ bei Patienten mit Transversalverschiebung eines und/oder beider Kiefer, bei denen $d_{\text{abs}t1} > d_{\text{abs}G}$
- Tab. 14 Δd_{abs} nach Schwenkung des OK und/oder UK

(p aus dem Wilcoxon-Test)
- Tab. 15 Korrelation zwischen der Ausprägung von $d_{\text{abs}t1}$ und dem Ausmaß von Δd_{abs}

(p aus dem Spearman-Rho-Test)
- Tab. 16 Winkel φ (phi) zwischen der prä- und postoperativen Symmetrieebene
- Tab. 17 Winkelabweichung phi in den einzelnen Untergruppen

(p aus dem Mann-Whitney-Test)
- Tab.18 Darstellung des prä- ($d_{\text{abs}t1}$) und postoperativen ($d_{\text{abs}t2}$) Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung in Abhängigkeit von dem dazugehörigen Grenzwert von 0,730

- Tab. 19 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegrade ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)
- Tab. 20 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegraden ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$, $d_{abs}t1$ UG, $d_{abs}t2$ UG), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)
- Tab. 21 Darstellung des Asymmetriegrades mittels vertexbezogener Farbkodierung. Prä- (t1) und postoperative (t2) Patientenbilder mit dazugehörigen Asymmetriegraden ($d_{abs}t1$, $d_{abs}t2$, $d_{abs}t1$ UG, $d_{abs}t2$ UG), Anomalie (A), Operationstechnik (OP), Richtung der Transversalverschiebung (T)
- Tab. 22 Zusammenhang zwischen Attraktivitätsbeurteilung und dem Asymmetriegrad innerhalb der Beurteilergruppen KFO, MKG und L
(p aus der Korrelation nach Pearson)
- Tab. 23 Zusammenhang zwischen Mittelwerten (MW) der Attraktivitätsbewertung innerhalb der Beurteilergruppen KFO, MKG, und L und den prä- (MW $d_{abs}t1$) und postoperativen (MW $d_{abs}t2$) Asymmetriegraden der Patientengesichter
(p aus dem t-Test)
- Tab. 24 Prozentualer Anteil der positiven Bewertung „Gesicht/ Teilbereich des Gesichtes asymmetrisch“ durch die Bewertung der Beurteilergruppen KFO, MKG, L bei festgelegtem Grenzwert des Asymmetriegrades von $> 0,730$

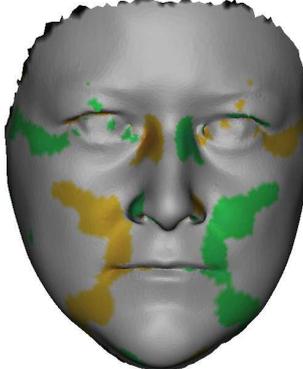
Tab. 25 Mittelwert der Attraktivitätsbewertung (aus einer Skala von 1-7) bei festgelegtem Grenzwert der Asymmetrie von 0,730 durch die Beurteilung der drei Beurteilergruppen KFO, MKG, L

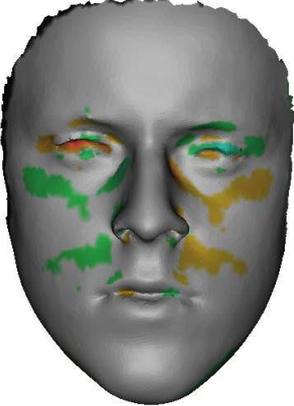
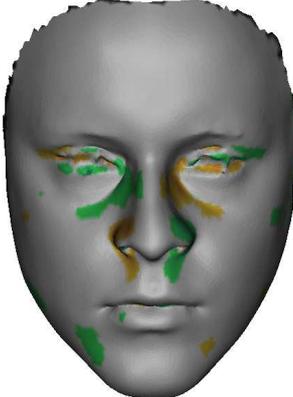
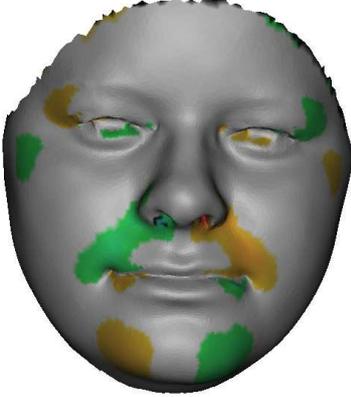
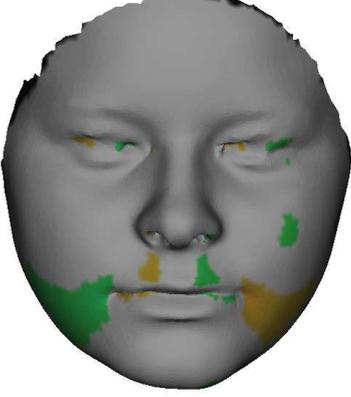
11 Abbildungsverzeichnis

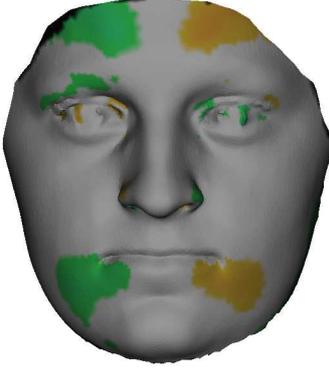
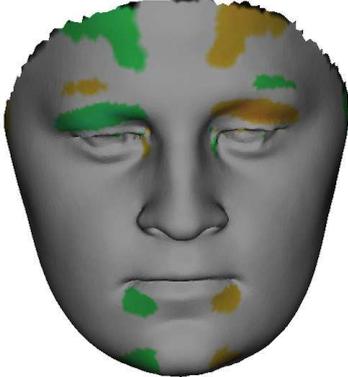
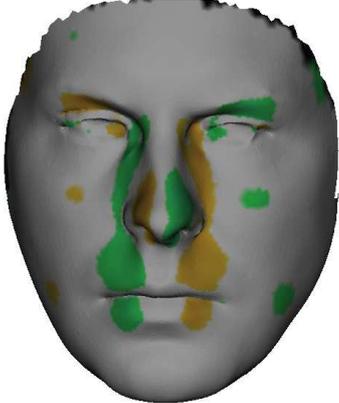
- Abb. 1 Attraktivitätsbeurteilung, Symmetrie-/ Asymmetriebeurteilung
- Abb. 2 Spiegelkonstruktion
- Abb. 3 Streifenmuster mit sinusförmiger Intensitätsverteilung
- Abb. 4 Rasterdatensatz
- Abb. 5 Dreiecksnetz
- Abb. 6 Ergebnis der Flächenmodellierung mit Textur
- Abb. 7 Manuelle Grobregistrierung des a) Original- und b) Spiegeldatensatzes mit korrespondierenden Kreuzpaaren 1, 2, und 3 und c) Ergebnis der manuellen Grobregistrierung.
- Der Abstand der korrespondierenden Kreuze muss $< 0,7$ mm sein.
- Abb. 8 Originaldatensatz in grau, Spiegeldatensatz in rot, feinregistrierte Datensätze mit Symmetrieebene
- Abb. 9 Vertexbezogene Farbkodierung der Gesichtsymmetrie
- Abb. 10 Visualisierung durch farbkodierte Darstellung
- Abb. 11 Unterteilung in Ober-, Mittel- und Untergesicht
- Abb. 12 Ausrichtung nach der Symmetrieebene
- Abb. 13 Schnittebene zur Einteilung in die Teilbereiche des Gesichtes Unter- und Mittelgesicht
- Abb. 14 Grobregistrierung der Stirnmaske mit dem postoperativen Datensatz
- Abb. 15 Feinregistrierte prä- und postoperative Datensätze

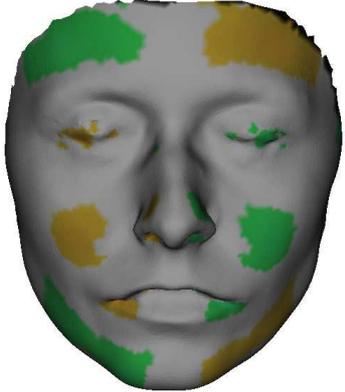
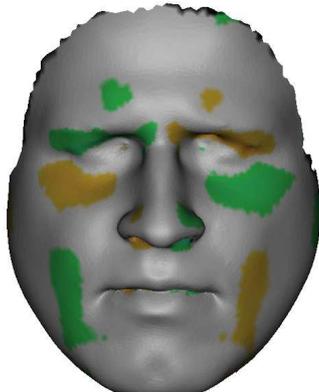
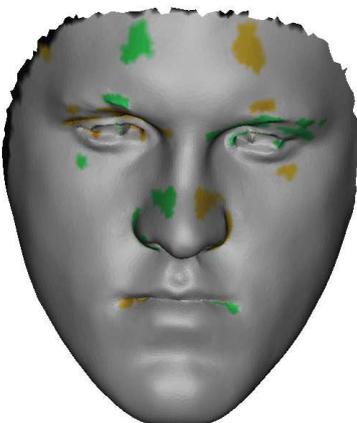
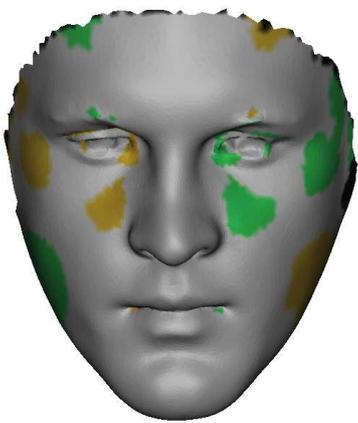
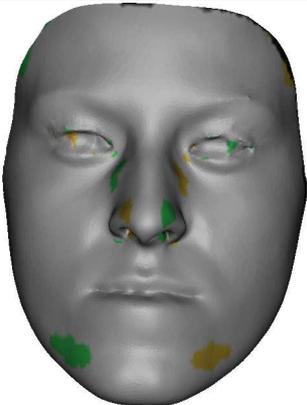
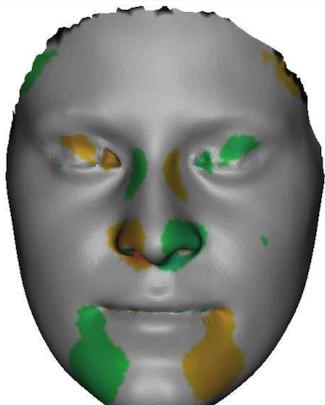
- Abb. 16 Ergebnis der registrierten prä- und postoperativen Datensätze
- Abb. 17 Verteilung von $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}K}$
- Abb. 18 $d_{\text{abs}t1}$ der KI.II, KI.III, Laterognathiepatienten und $d_{\text{abs}K}$
- Abb. 19 $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}t1}$ UG der Laterognathiegruppe
- Abb. 20 Verteilung von $d_{\text{abs}t2}$ und $d_{\text{abs}K}$
- Abb. 21 $d_{\text{abs}t2}$ der KI.II, KI.III, Laterognathiepatienten und $d_{\text{abs}K}$
- Abb. 22 $d_{\text{abs}t2}$ und $d_{\text{abs}t2}$ UG der Laterognathiegruppe
- Abb. 23 $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}t2}$ der gesamten Patientengruppe (n = 40)
- Abb. 24 $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}t2}$ der KI.II und KI.III
- Abb. 25 d_{abs} in der Laterognathiegruppe
- Abb. 26 $d_{\text{abs}t1}$ und $d_{\text{abs}t2}$ bei Patienten mit transversaler Schwenkung und gleichzeitigem $d_{\text{abs}t1} > d_{\text{abs}G}$
- Abb. 27 Veränderung von d_{abs} in Abhängigkeit von $d_{\text{abs}t1}$
- (Negative Werte geben eine Verringerung, positive Werte eine Erhöhung des Asymmetriegrades an)

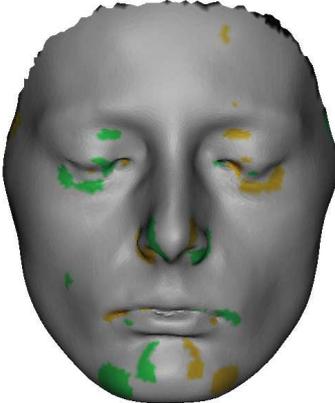
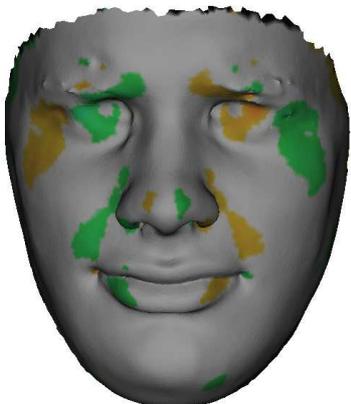
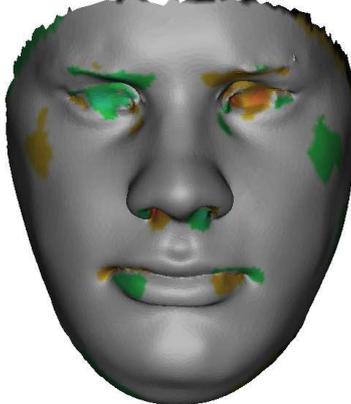
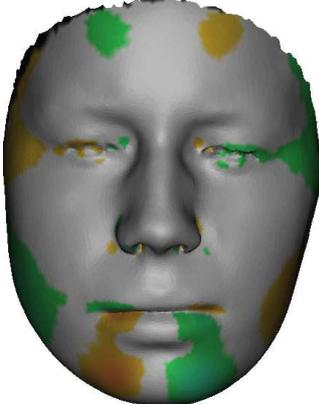
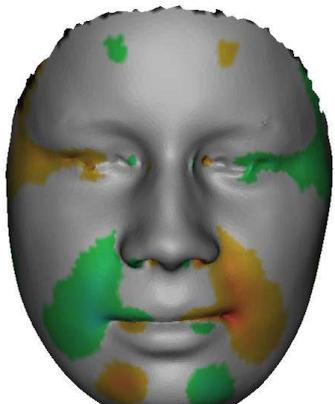
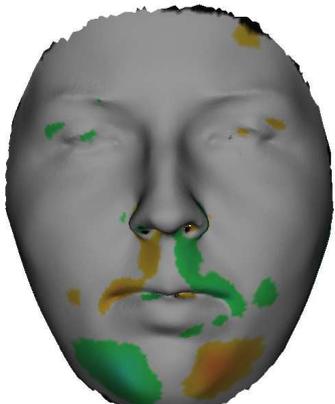
Vertexbezogene Farbkodierung des Asymmetriegrades

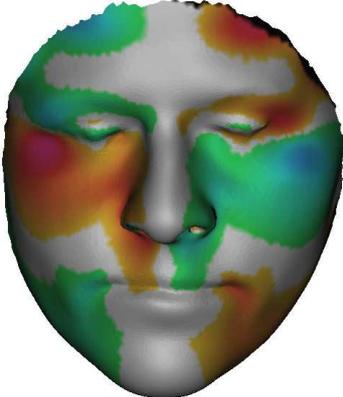
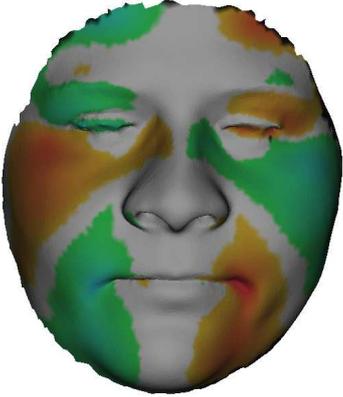
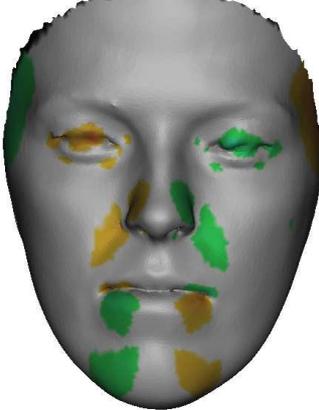
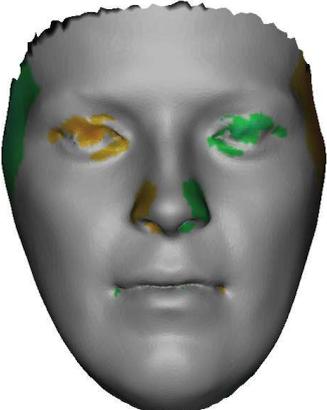
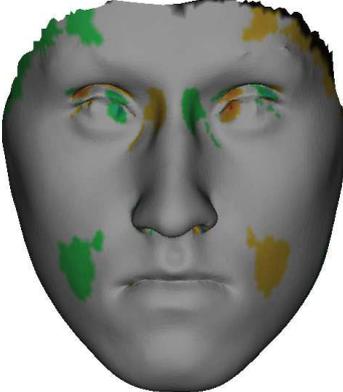
Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
1		
2		
3		
4		

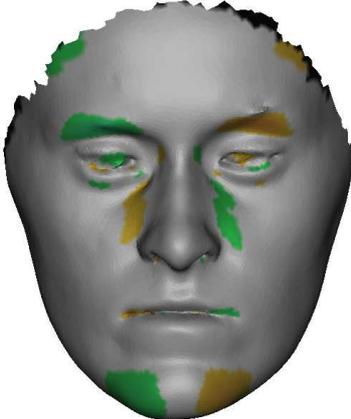
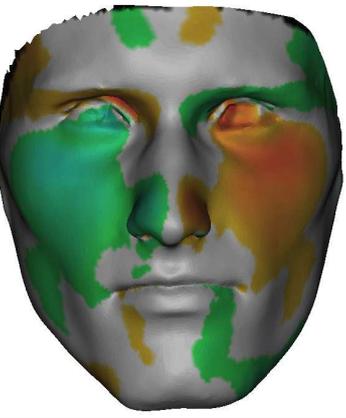
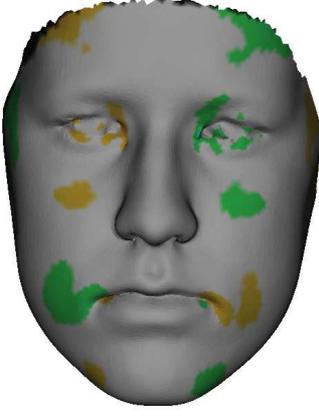
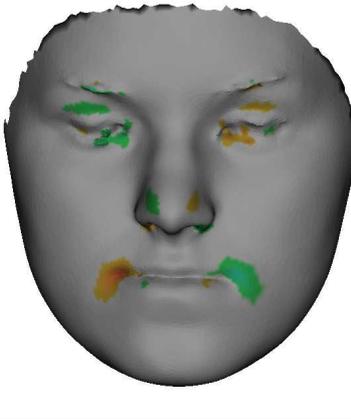
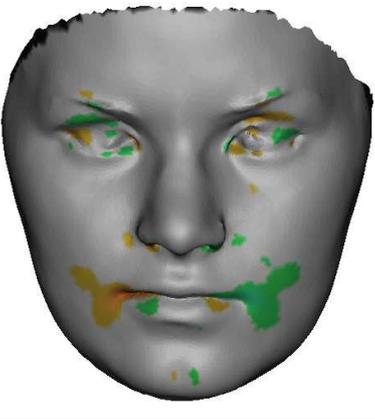
Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
5		
6		
7		
8		

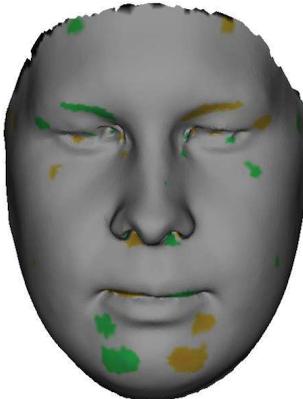
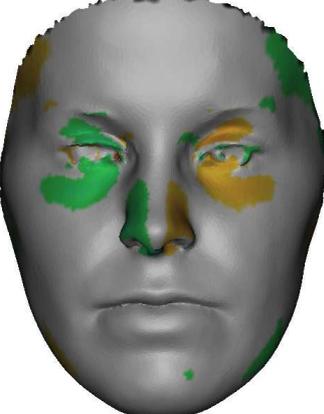
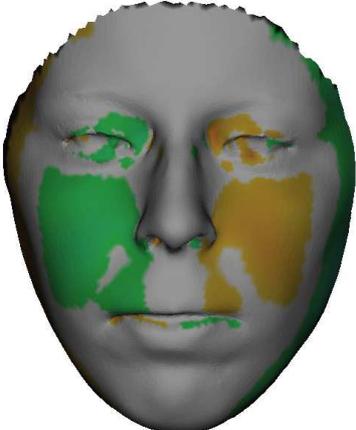
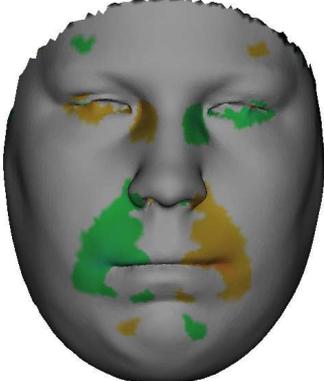
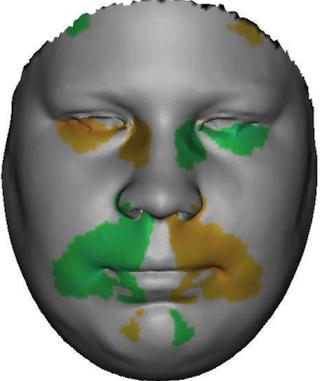
Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
9		
10		
11		
12		

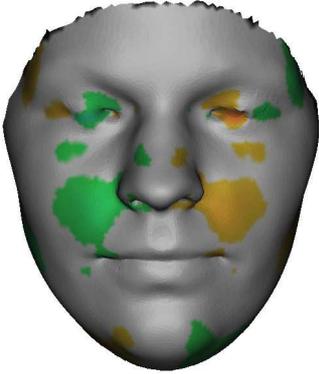
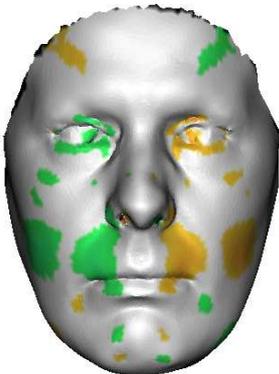
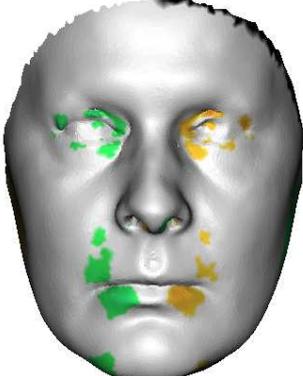
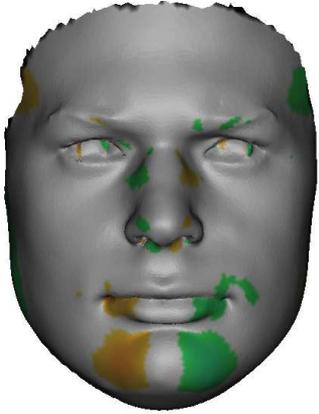
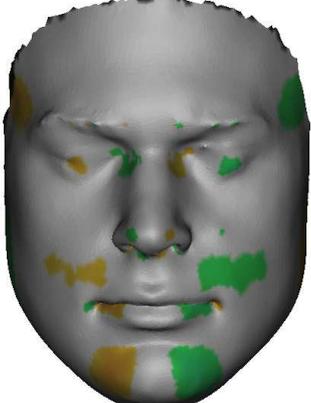
Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
13		
14		
15		
16		

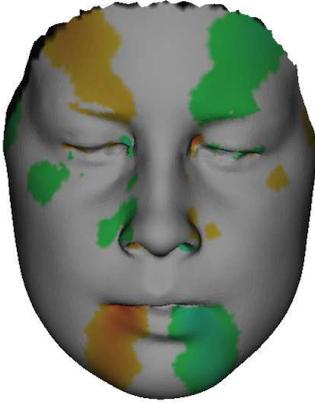
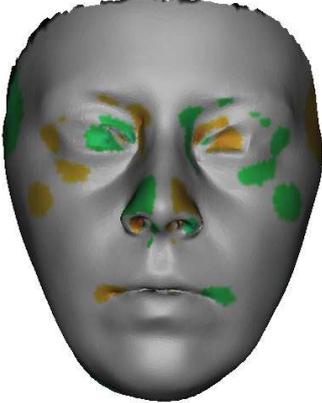
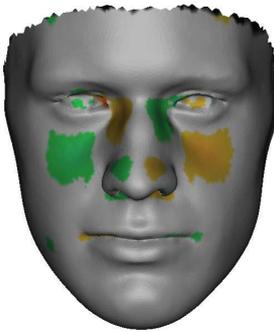
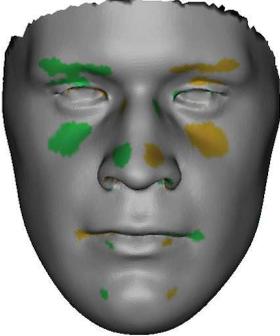
Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
17		
18		
19		
20		

Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
21		
22		
23		
24		

Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
25		
26		
27		
28		

Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
29		
30		
31		
32		

Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
33		
34		
35		
36		

Patientennr.	Präoperativ	Postoperativ
37		
38		
39		
40		

Fragebogen zur Asymmetriestimmung

1. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

2. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

3. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

4. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

5. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

6. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

7. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

8. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

9. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

10. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

11. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

12. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

13. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

14. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

15. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

16. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

17. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

18. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

19. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

20. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

21. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch Asymmetrisch
- └─> Untergesicht
 Mittelgesicht
 Unter- und Mittelgesicht

22. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

23. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

24. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

25. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

26. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

27. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

28. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

29. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

30. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

31. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

32. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

33. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

34. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

35. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

36. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

37. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

38. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

39. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

40. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

41. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

42. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

43. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

44. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

45. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

46. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

47. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

48. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

49. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

50. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

51. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

52. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

53. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

54. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

55. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

56. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

57. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

58. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

59. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

60. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

61. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

62. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

63. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

64. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

65. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

66. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

67. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

68. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

69. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

70. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

71. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

72. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

73. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

74. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

75. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

76. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

77. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

78. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

79. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

80. Wie finden Sie das Gesicht?

- Symmetrisch
- Asymmetrisch
 - └─> Untergesicht
 - Mittelgesicht
 - Unter- und Mittelgesicht

Fragebogen zur Attraktivitätsbeurteilung

1. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

2. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

3. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

4. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

5. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

6. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

7. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

8. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

9. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

10. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

11. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

12. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

13. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?

<input type="radio"/>						
1	2	3	4	5	6	7
gering						sehr

14. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
15. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
16. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
17. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
18. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
19. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
20. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
21. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
22. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
23. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
24. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
25. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
26. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
27. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr

28. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
29. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
30. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
31. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
32. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
33. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
34. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
35. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
36. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
37. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
38. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
39. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
40. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr

41. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
42. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
43. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
44. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
45. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
46. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
47. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
48. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
49. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
50. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
51. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
52. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
53. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
54. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
0 0 0 0 0 0 0
1 2 3 4 5 6 7
gering sehr

55. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
56. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
57. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
58. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
59. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
60. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
61. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
62. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
63. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
64. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
65. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
66. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr
67. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 0 0 0 0 0 0 0
 1 2 3 4 5 6 7
 gering sehr

68. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
69. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
70. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
71. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
72. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
73. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
74. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
75. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
76. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
77. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
78. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
79. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr
80. Wie attraktiv finden Sie das Gesicht?
 1 2 3 4 5 6 7
gering sehr

Danksagung

Frau Prof. Dr. Stellzig-Eisenhauer möchte ich meinen herzlichen Dank für die Überlassung des Promotionsthemas und die stets ausgezeichnete Unterstützung meiner Arbeit sowie für die Übernahme des Referates aussprechen.

Bei Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Josip S. Bill bedanke ich mich für die freundliche Übernahme des Korreferates.

Frau Dr. Jutta Hartmann gilt mein ausgesprochener Dank für die Motivation, die Hilfsbereitschaft und die Planung dieser Promotion. Herrn Dr. Philipp Meyer-Marcotty danke ich ganz herzlich für die hervorragende fachliche Unterstützung und die geduldige Hilfestellung bei der Durchführung dieser Promotion.

Herrn Alois Spahn danke ich für die wertvolle Unterstützung und die Geduld bei der statistischen Auswertung der Daten dieser Promotion.

Mein besonderer Dank gilt Frau Stuis-Pfeuffer für ihre Hilfsbereitschaft in jeglicher Hinsicht.

Ganz herzlich möchte ich meinen Eltern und Christian für ihre Unterstützung und Hilfestellung während der Durchführung der Promotion danken. Ihnen ist meine Promotionsarbeit gewidmet.