

Diplomarbeit

Überprüfung der Reproduzierbarkeit von Weichteilpunkten im Rahmen eines Gesichtsscans

eingereicht von

Laura Jiménez Arboleda

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Zahnheilkunde

(Drⁱⁿ.med.dent)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits

Klinische Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie

unter der Anleitung von

Univ.-Ass.-Prof. Dr. Margit Pichelmayer

Univ.-Prof. Dr.med.univ. Dr.med.dent. Norbert Jakse

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 17.09.2020

Laura Jiménez Arboleda eh

Danksagungen

Zuallererst möchte ich mich ganz herzlich bei Frau Univ.-Ass.-Prof. Dr. Margit Pichelmayer für die unzähligen Stunden, die Sie für die vielen Diplomarbeitenbesprechungen geopfert haben, bedanken. Vielen, vielen Dank für Ihre Unterstützung, Geduld, Zeit und Mühe bei der Betreuung dieser Diplomarbeit.

Danke auch an Frau Dipl. Ing. Mischak, die die statistische Auswertung für diese Arbeit durchgeführt hat.

Ein großes Danke möchte ich auch an meine StudienkollegInnen aussprechen, die sich für diese Arbeit zur Verfügung gestellt haben.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Freundinnen Nella und Amanda bedanken, die mich durch dieses Studium getragen haben, die mich immer aufgebaut haben, wenn ich nicht mehr weiter wusste, mit denen ich unzählige Lernabenden verbracht habe und unzählige unvergessliche Momente erlebt habe. Ohne euch wäre ich nicht der Mensch, der ich heute bin. Danke!

Auch möchte ich mich bei meinen Freundinnen Yvi und Anke bedanken, mit denen ich vor allem im letzten Studienjahr alle Höhen und Tiefen gemeistert habe. Ihr habt mir das letzte Jahr in so vielen Situationen erleichtert und mich immer wieder auf den richtigen Weg gebracht. Unsere gemeinsame Studienzeit neigt sich dem Ende zu und vor allem wegen euch sehe ich dem auch mit einem weinenden Auge entgegen.

Zuletzt möchte mich von tiefsten Herzen bei meinen Eltern Claudia und Alonso bedanken, die mir in jeder Lebenssituation eine Stütze sind und mich auffangen, wenn ich nicht mehr weiter weiß. Danke, dass ihr, egal was passiert, immer für mich da seid.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	iii
Abkürzungen und deren Erklärung	v
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	vii
Zusammenfassung	viii
Abstract	ix
1. Einleitung	1
1.1 Bilderfassungs- und Messverfahren	8
2. Material und Methoden	16
2.1 Studienpopulation	16
2.2 Einschlusskriterien und Ausschlusskriterien	16
2.3 Punktmarkierung	17
2.4 Technische Equipment	22
2.5 Vermessungsvorgang	23
2.6 Statistische Analyse	24
3. Ergebnisse	25
3.1 Erkennbarkeit der Punkte im Gesichtsscan	25
3.2 Abweichungen pro Punkt	26
3.3 Prozentuelle Abweichung pro Punkt unter 1mm	28
3.4 Richtung der Abweichungen	29
3.5 Richtung der Abweichungen pro Punkt	31
3.6 Geschlechterspezifische Auswertung	32
3.7 Reproduzierbarkeit der Weichteilpunkte	36
4. Diskussion	37
4.1 Interpretation der Ergebnisse	37
4.2 Fehlerquellen	42
4.3 Vergleich mit der Literatur	44
4.4 Wertigkeit des Aufnahmetools	52
4.5 Geschlechterspezifische Auswertung	55
4.6 Vergleichsstudien in der direkten Gegenüberstellung	55
4.7 Richtungen der Abweichungen	61
5. Conclusio	63
Literaturverzeichnis	64

Abkürzungen und deren Erklärung

CT	Computertomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
DVT	Digitale Volumentomographie
CBCT	(dental) cone beam computed tomography
3D	dreidimensional
mWatt	Milliwatt
ns	Nanosekunden
N.sup.	Nasale superius
O.inf.dex./sin.	Orbitale inferius dexter/sinister
N.inf.	Nasale inferius
Alare dex./sin.	Alare dexter/sinister
Lab.dex./sin.	Labiale dexter/sinister
Cut B	Punctum Cutaneum B
Ang.mand.dex./sin.	Angulus mandibulae dexter/sinister
Aur.sup.dex./sin.	Auriculare superius dexter/sinister
Aur.inf.dex./sin.	Auriculare inferius dexter/sinister
Trag.sup.dex./sin	Tragus superius dexter/sinister
Trag.inf.dex./sin.	Tragus inferius dexter/sinister
SD	Standardabweichung

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: FRONTALANSICHT EINES GESICHTES.....	2
ABBILDUNG 2: ANFANGSPUNKT - TOP POINT - ENDPUNKT.....	4
ABBILDUNG 3: LAGEÄNDERUNG DER MUNDWINKEL BEIM LÄCHELN.....	5
ABBILDUNG 4: PROFILANSICHT EINES GESICHTES.....	6
ABBILDUNG 5: KLEINE BÖGEN AM TRAGUS.....	7
ABBILDUNG 6: DIREKTE ANTHROPOMETRIE MIT EINER DIGITALEN MILLIMETER-SCHIEBELEHRE.....	9
ABBILDUNG 7: FOTOGRAFIE MIT MESSSTAB.....	10
ABBILDUNG 8: STRUKTURIERTES LICHT AUF EINEM GESICHT.....	13
ABBILDUNG 9: MOIRÉ MUSTER AUF EINEM MÄNNLICHEN UND EINEM WEIBLICHEN GESICHT.....	14
ABBILDUNG 10: PUNKT O.INF.DEX. ÜBER DEM FORAMEN INFRAORBITALE.....	17
ABBILDUNG 11: PUNKT N.SUP. IN FRONTALANSICHT.....	18
ABBILDUNG 12: PUNKT N.SUP. IN PROFILANSICHT.....	18
ABBILDUNG 13: PUNKT N.INF. IN LATERALER UND FRONTALER ANSICHT.....	18
ABBILDUNG 14: PUNKTE ALARE DEX. UND SIN.....	19
ABBILDUNG 15: PUNKTE LAB.DEX. UND SIN.....	19
ABBILDUNG 16: PUNKT CUT B IN FRONTALER UND LATERALER ANSICHT.....	19
ABBILDUNG 17: PUNKT AUR.SUP.DEX.....	20
ABBILDUNG 18: PUNKT AUR.INF.DEX.....	20
ABBILDUNG 19: PUNKT TRAG.SUP.DEX.....	20
ABBILDUNG 20: PUNKT TRAG.INF.DEX.....	21
ABBILDUNG 21: INCISURAE ANTERIOR AURIS UND INTERTRAGICA.....	21
ABBILDUNG 22: PUNKT ANG.MAND.SIN.....	21
ABBILDUNG 23: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG ALLER VERWENDETEN PUNKTE VON FRONTAL UND LATERAL GESEHEN.....	22
ABBILDUNG 24: VIRTUELLE MARKIERUNG DER SCHWARZEN PUNKTE.....	23
ABBILDUNG 25: VIRTUELLE MARKIERUNGEN DER BLAUEN PUNKTE NACH AUSBLENDEN DES SCANS MIT DEN SCHWARZEN PUNKTEN.....	24
ABBILDUNG 26: PUNKTE AUR SUP.DEX. UND SIN. NICHT ERKENNBAR (SCHWARZ).....	37
ABBILDUNG 27: PUNKT AUR.INF.SIN. AUF GLEICHEM GESICHT MIT BLAUEN MARKIERUNGEN JEDOCH ERKENNBAR - AUR.SUP.SIN. DURCH SCHATTENWURF DER HAARE NICHT ERKENNBAR.....	38
ABBILDUNG 28: LÄCHELNDE LIPPENHALTUNG (SCHWARZ).....	40
ABBILDUNG 29: ENTSPANNTE LIPPENHALTUNG (BLAU).....	40
ABBILDUNG 30: ÜBERLAGERUNG EINES EINZELNEN OHRES - DIE RINGE IM BILD STELLEN DIE POSITION DER MAUS DAR UND HABEN KEINE RELEVANZ.....	41
ABBILDUNG 31: MANGELNDE ABILDUNG DES UNTERGESICHTS DURCH DICHTEN BART.....	42
ABBILDUNG 32: MÖGLICHE FEHLERQUELLEN.....	43
ABBILDUNG 33: AUFTRETEN VON DOPPELPUNKTEN IN DER GESICHTSMITTE (N.SUP. UND N.INF.) - DER KRÄFTIGERE PUNKT ENTSPRICHT DEM TATSÄCHLICH GEZEICHNETEN PUNKT, DER SCHWÄCHERE STELLT EIN ARTEFAKT DAR.....	44
ABBILDUNG 34: ARTEFAKTE - FEHLENDE NASE UND VERSCHWOMMENE LINKE GESICHTSHÄLFTE.....	52
ABBILDUNG 35: ARTEFAKTE - UNZUREICHENDE DARSTELLUNG DER RECHTEN NASENHÄLFTE.....	53
ABBILDUNG 36: ARTEFAKTE - VERZOGENE RECHTE GESICHTSHÄLFTE UND VERZOGENE NASENKONTUR.....	54
ABBILDUNG 37: ARTEFAKTE - MANGELNDE ABILDUNG DER UNTEREN GESICHTSHÄLFTE DURCH BARTWUCHS EINES MÄNNLICHEN PROBANDEN.....	54
ABBILDUNG 38: ARTEFAKTE - VERSCHWOMMENE LINKE GESICHTSHÄLFTE DES MÄNNLICHEN PROBANDEN SOWIE UNVOLLSTÄNDIGE ABBILDUNG DES LINKEN OHRS DER WEIBLICHEN PROBANDIN.....	54
ABBILDUNG 39: RICHTUNG UND MITTELWERT DER ABWEICHUNG PRO PUNKT IN MM.....	62

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ERKENNBARKEIT DER PUNKTE IN PROZENT.....	25
TABELLE 2: MITTLERE ABWEICHUNG (MM)	26
TABELLE 3: ABWEICHUNGEN PRO PUNKT –	27
TABELLE 4: ABWEICHUNG KLEINER 1MM (%)	28
TABELLE 5: RICHTUNG DER ABWEICHUNG (%).....	29
TABELLE 6: MITTLERE ABWEICHUNG PRO RICHTUNG (%)	30
TABELLE 7: RICHTUNG DER ABWEICHUNGEN –	30
TABELLE 8: RICHTUNG DER ABWEICHUNGEN PRO PUNKT	31
TABELLE 9: ERKENNBARKEIT DER PUNKTE – GESCHLECHTERSPEZIFISCH.....	32
TABELLE 10: ERKENNBARKEIT (%) - GESCHLECHTERSPEZIFISCH.....	33
TABELLE 11: MITTLERE ABWEICHUNGEN UND STANDARDABWEICHUNGEN - GESCHLECHTERSPEZIFISCH	33
TABELLE 12: ABWEICHUNG < 1MM - GESCHLECHTERSPEZIFISCH.....	34
TABELLE 13: MITTLERE ABWEICHUNG - GESCHLECHTERSPEZIFISCH	35
TABELLE 14: ANZAHL DER PUNKTE MIT ABSTAND VON <1MM UND PROZENTUELLER ANTEIL – GESCHLECHTERSPEZIFISCH.....	36
TABELLE 15: GEGENÜBERSTELLUNG DER VERGLEICHSTUDIEN	57

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Reproduzierbarkeit von Weichteilpunkten auf Gesichtern verschiedener Probandinnen/Probanden zwischen zwei Behanderinnen/Behandlern zu untersuchen. Nur ausreichend reproduzierbare Punktmarkierungen auf der Haut eignen sich für eine neue kieferorthopädische röntgenstrahlenfreie Diagnostikmethode.

Material und Methoden: Es wurden 30 Probandinnen/Probanden mithilfe der Planmeca ProMax 3D ProFace® (Planmeca USA, Inc.; Roselle, IL, USA) gescannt – 1. ohne Markierungen, 2. mit schwarzen Markierungen (Behandler/Behandlerin A) und 3. mit blauen Markierungen (Behandlerin/Behandler B). Anschließend Überlagerung der schwarzen und blauen Markierungen mittels Software Planmeca Romexis® und Vermessen der Abweichungen zwischen beiden zwecks Feststellung der Reproduzierbarkeit. Insgesamt wurden die folgenden 19 Punkte eingezeichnet: N.sup., O.inf.dex./sin., N.inf., Alare dex./sin., Lab.dex./sin., Cut B, Ang.mand.dex./sin., Aur.sup.dex./sin., Aur.inf.dex./sin., Trag.sup.dex./sin. und Trag.inf.dex./sin..

Ergebnisse: Durch die Messungen dieser Studie erwiesen sich 4 von 19 Punkten als hoch reproduzierbar. Diese waren: N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin. (MW < 1mm). 8 Punkte (N.sup., Alare sin., Alare dex., Lab.sin., Lab.dex., Cut B, Trag.sup.sin. und Aur.inf. sin.) erwiesen sich als mäßig reproduzierbar (MW: < 1,5mm). 5 der 19 Punkte (O.inf.dex., O.inf.sin., Aur.sup.sin, Aur.sup.dex. und Aur.inf.dex.) erwiesen sich mit einer mittelwertigen interexaminer Abweichung von > 1,5mm als nicht ausreichend reproduzierbar. Am schlechtesten waren die Ergebnisse für die beiden Kieferwinkelpunkte Ang.mand.sin. und Ang.mand.dex. mit mittleren Abweichungen von > 4,5mm.

Schlussfolgerung: Die Punkte N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin. haben sich in dieser Studie folglich als am besten reproduzierbar erwiesen. Sie zeigten eine mittlere Abweichung von unter 1mm. Am schlechtesten waren die Ergebnisse für die Punkte Ang.mand.dex. und Ang.mand.sin. mit einer mittleren Abweichung > 4,5mm. Diese beiden Kieferwinkelpunkte eignen sich nicht für diese klinische Diagnostikmethode.

Abstract

Objective: The purpose of this study was to evaluate the interexaminer reproducibility of facial soft tissue points on different individuals. Only soft tissue points with sufficient reproducibility are suitable for new orthodontic radiation-free diagnostic methods.

Material and Methods: 30 subjects were scanned using Planmeca ProMax 3D ProFace® (Planmeca USA, Inc.; Roselle, IL, USA): 1. without landmarks, 2. with black landmarks (operator A) and 3. with blue landmarks (operator B). Afterwards, the images with black and blue markings were superimposed using Planmeca Romexis® software in order to measure the distance between the marked points and determine the reproducibility of these points. In total, the following 19 points were examined: N.sup., O.inf.dex./sin., N.inf., Alare dex./sin., Lab.dex./sin., Cut B, Ang.mand.dex./sin., Aur.sup.dex./sin., Aur.inf.dex./sin., Trag.sup.dex./sin. and Trag.inf.dex./sin..

Results: The following four out of 19 points were proven to be highly reproducible: N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. and Trag.inf.sin. (mean value <1mm). Eight points (N.sup., Alare sin., Alare dex., Lab.sin., Lab.dex., Cut B, Trag.sup.sin. and Aur.inf.sin.) were moderately reproducible (MW: <1.5mm). Five of the 19 points (O.inf.dex., O.inf.sin., Aur.sup.sin., Aur.sup.dex. and Aur.inf.dex.) were insufficiently reproducible with a mean interexaminer deviation of >1.5mm. The highest degree of error was shown by the two mandibular angle points Ang.mand.sin. and Ang.mand.dex. with a mean interexaminer deviation of > 4.5mm.

Conclusion: The landmarks N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. and Trag.inf.sin. were the most reproducible points in this study. They showed a mean deviation of less than 1mm. The worst results were shown for Ang.mand.dex. and Ang.mand.sin. with a mean deviation >4.5mm. These two jaw angle points are not suitable for a clinical diagnostic method.

1. Einleitung

Immer mehr Patientinnen/Patienten hegen den Wunsch nach chirurgischer, kieferorthopädischer sowie prothetischer Behandlung, um ihre Gesundheit, die Funktion, ihr ästhetisches Erscheinungsbild und somit ihre Lebensqualität zu verbessern (Bragatto et al., 2016)(Spyropoulos and Halazonetis, 2001)(Hönn and Göz, 2007)(Galantucci et al., 2016).

Gerade die Gesichtsästhetik spielt dabei heute aus Sicht der Patientin/des Patienten - vermutlich bedingt durch Werbung und Medien – eine immer größere Rolle, gekoppelt mit den damit verbundenen Wünschen, aber auch Forderungen an die unterschiedlichen Behandler (Harvey Peck D.D.S, M.Sc.D; Sheldon Peck D.D.S., 1970)(Naini et al., 2006)(Turkmen, 2017).

Dies ist auch der Grund, warum sich Kieferorthopädinnen/Kieferorthopäden mit diesem Thema, neben der „Funktions“-Kausa (Schmerzfreiheit steht auch heute noch an erster Stelle) intensiver befassen als in der Vergangenheit (Fink et al., 2017).

Das ästhetische Erscheinungsbild eines Menschen entsteht aus einem Zusammenspiel von knöcherner Unterlage des Viszerokraniums mit den darüber liegenden Weichteilen. Das Verhältnis der einzelnen knöchernen Strukturen untereinander – wie Kiefer, Joch und Nase – spielen dabei genauso eine Rolle wie die Ausformung der Lippen sowie Farbe, Form und Position der Schneidezähne. Letztere bestimmen, zusammen mit dem Verlauf der Gingiva, einen weiteren wichtigen Faktor des Erscheinungsbildes – nämlich das Lächeln. Die Sprech- und Lachästhetik spielt eine Hauptrolle in der zwischenmenschlichen Kommunikation (Fink et al., 2017).

Da all diese erwähnten Topographien durch eine kieferorthopädische u./o. kieferchirurgische Behandlung beeinflusst werden können, sind gezielte Analysen der Gesichtsstrukturen in der Planungsphase der Behandlung unerlässlich (Kahl-Nieke, 2010).

Diese Analysen sind Teil des allgemein üblichen Diagnostik-Pakets, das folgende Punkte umfasst:

1) Anamnese

2) klinische Untersuchung

dh. Funktionsanalyse, Beurteilung allgemeiner exoraler Merkmale in Frontal-, Halbseiten- und Profilansicht, sowie die enorale Befundung (Schopf, 2008).

3) Röntgendiagnostik

dh. Analysen von Panoramaröntgen und Fernröntgen.

Handröntgenbeurteilen erfolgen nur optional.

4) Fotodiagnostik (Profil, en face, enoral), und

5) Modell- und Biss-Diagnostik (+/- Artikulormontage)

(Droschl, 1990)

Technische Gerätschaften, wie sie in dieser Routinediagnostik heute landläufig zur Anwendung kommen, liefern 2-dimensionale Aufnahmen, wie Röntgen- und Fotoapparate (Fink et al., 2017). Die Modelldiagnostik sowie die klinische Untersuchung, exoral wie enoral, sind hingegen dreidimensionale Verfahren.

Um die für eine solche Diagnose relevanten Strukturen näher beschreiben zu können, sollen Anhand einer Gesichtsabbildung relevante Teilregionen und ihre mögliche Einbindung in entsprechende Erfassungs- und Messverfahren besprochen werden.

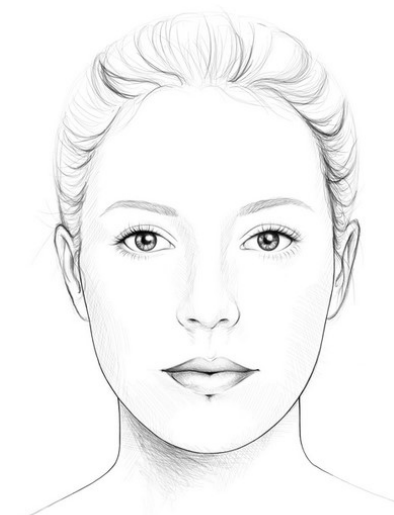


Abbildung 1: Frontalansicht eines Gesichtes

Für die Beschreibung wurde als erstes eine Frontalansicht gewählt, da sie jener Wahrnehmung entspricht, mit der sich die Patientin/der Patient am ehesten identifiziert. Sich selbst im Spiegel zu sehen, ist eine der direktesten „Selbsterkenntniserfahrungen“ des Alltags – da sie sich zudem auch noch mehrmals täglich festigen kann.

Gesichtseinprägung der Mutter durch den Blick des Neugeborenen, Passfotos als Identifikationswerkzeug, Gesichtserkennungssoftwares, Täterprofilierungen und ähnliches unterstreichen die Wichtigkeit der „Identifizierung“ anhand der frontalen Gesichtsansicht (Ralf Krauter, 2010)(Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, n.d.)(Kreutz K., 2007).

Konzentriert man sich nun auf die Analyse des Gesichtes beim Blick von vorne, so bietet sich die Möglichkeit einer exakten Beurteilung der Gesichtsform -breite und -höhe, der Symmetrie sowie der Beurteilung von Disproportionen in transversaler und vertikaler Richtung (Kahl-Nieke, 2010)(Rifkin R, 2000). Das in dieser Ansicht relativ leicht Beurteilungen möglich sind, liegt am generellen Aufbau des Gesichtes. Es liegen zwar relativ große freie Flächen dazwischen, aber die Kennpunkte Augen, Nase, Ohren und Mund sind markant und zudem annähernd symmetrisch und rechts/links spiegelanalog angeordnet (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, n.d.).

Durch das Ziehen von Linien sind Erstellungen von „Bezugsebenen“ möglich. Diese sind zwar im mathematisch-geometrischen Sinne keine „Ebenen“, werden aber landläufig als solche bezeichnet. Eine Linie entlang der Längsachse der Nase dient als vertikale Bezugsebene und eine Linie durch die beiden Pupillen als obere horizontale Referenzebene. Eine Parallele zur oberen horizontalen Bezugsebene gezogen durch den midsagittal gelegenen Berührungspunkt von Ober- und Unterlippe (Stomion) wird als untere horizontale Bezugsebene bezeichnet (Kahl-Nieke, 2010)(Rifkin R, 2000).

Weitere vertikale Linien können parallel dazu als Tangente an die Nasenflügel gelegt werden. In der Midsagittalen verbleibt schließlich die am häufigsten gebrauchte vertikale Linie der frontalen Gesichtsbeurteilung. Sie stellt die Symmetrieachse dar und ist knöchern unterlegt und daher gut reproduzierbar.

Das Ziehen jeglicher Referenzlinien im Gesicht bedarf der Auffindung reproduzierbarer Punkte im Bereich markanter anatomischer Strukturen. Die vertikale Referenzlinie entlang der

Längsachse der Nase erfüllt diese Kriterien deutlich besser als die Pupillen. Diese sind abhängig von der Bewegungsrichtung der zu betrachtenden Person und daher variabel. Das erschwert bei Messungen die Wiederholbarkeit d.h. sie sollten eigentlich (obwohl sie per se sehr gut zu sehen sind) nicht zur reproduzierbaren Punkterfassung verwendet werden. Deutlich besser eignen sich dazu die medialen und lateralen Endpunkte der Augen – also die Augenwinkel. Sie sind unabhängiger von Mimik oder stärkeren Beweglichkeiten.

Andere markante Strukturen in der Nähe der Augen, die zur Konstruktion weiterer horizontaler Bezugsebenen dienen können sind die Augenbrauen. Da die menschliche Augenbraue einen im Prinzip nach oben konvexen Bogen darstellt, sollten geometrisch eigentlich drei Punkte identifizierbar sein. Der Bogen der Braue ist jedoch sehr flach, wonach das Auffinden eines eindeutigen Top Points schwierig ist. Dadurch, dass Haare kleine Einzelstriche darstellen und keine eindeutige Außenkontur aufweisen, wird die Punktfindung zusätzlich erschwert (Abbildung 2).

1 ... Anfang

2 ... Top Point

3 ... Ende

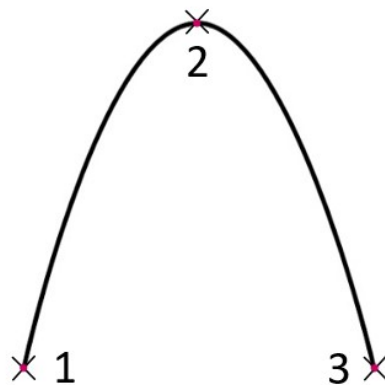


Abbildung 2: Anfangspunkt - Top Point - Endpunkt

Geht man im Blick weiter nach kaudal, bieten sich die Nasenflügel als weitere anatomische Struktur an. Aufgrund des runden Überganges dieses in die Gesichtshaut, ist das Auffinden eines exakten Punktes schwierig, zumal kaum Unterschiede in der Hautfärbung in diesem Bereich vorliegen und oft auch der Schattenwurf der Nase die Beurteilung erschwert.

Noch weiter kaudal liegen die Lippen. Im Gegensatz zur Nase findet man hier einen sehr deutlichen Farbunterschied. Will man diese Punkte reproduzierbar in eine Diagnostik einbauen, sollte die Patientin/der Patient eine entspannte Mund Haltung einnehmen. Das ist vor allem bei der Konstruktion einer Horizontallinie bedeutsam, da die Mundwinkel muskulär sehr beweglich sind, sogar schon beim leichten Lächeln.



Abbildung 3: Lageänderung der Mundwinkel beim Lächeln

Leichter ist das Ziehen einer Vertikallinie, da man sich des Philtrums bedienen kann. Das balancierte Verhältnis der Lippen zu Nase und Kinn steht in direktem Zusammenhang mit dem ästhetischen Erscheinungsbild (Nanda and Ghosh, 1995). Die Vorwölbung der Lippen wird stark von der ethnischen Herkunft und vom Geschlecht beeinflusst (Khosravanifard et al., 2013)(Nomura et al., 2009)(Mantzikos, 1915)(Al-Gunaid et al., 2007)(Uysal et al., 2012). Aus einigen Studien geht hervor, dass vollere Lippen in Kombination mit kleineren Nasen als ästhetisch ansprechend empfunden werden (Khosravanifard et al., 2013) (Duc Nguyen and Turley, 1998)(Harvey Peck D.D.S, M.Sc.D; Sheldon Peck D.D.S., 1970)(Sforza et al., 2008)(Berneburg et al., 2010)(Erbay E., 2002)(Scavone et al., 2008)(Ghorbanyjavadpour and

Rakhshan, 2019). Das untere Gesichtsdrittel kann man dreiteilen. Als besonders harmonisch werden Gesichter wahrgenommen, deren Strecke vom Nasenunterrand bis zur Oberlippe ungefähr halb so lang ist wie die von der Unterlippe bis zum Kinn (Rifkin R, 2000)(Sander, 2011) (Kahl-Nieke, 2010). Den unteren Abschluss des Gesichtes bildet das Kinn.

Die äußere Erscheinung des Weichteilkinns ist abhängig von seiner knöchernen Unterlage, aber auch von der Gewebsdicke (Nanda and Ghosh, 1995) und vom Tonus der darüber liegenden Muskulatur (Kahl-Nieke, 2010). Sollte der Unterrand des Kinnes ausreichend gut horizontal stehen, so kann auch dieser als Referenzlinie dienen.

Durch die Erstellung der vertikalen und horizontalen Bezugsebenen können Streckenmessungen an den Linien durchgeführt werden und in der Folge auch Längen und Breitenverhältnisse errechnet werden, was wiederum in die Proportionsbeurteilung einfließt. Die Messungen der absoluten Länge und Breite kann zur Errechnung des anthropologischen Indexes verwendet werden (Schopf, 2008). →

Maximale Schädelbreite x 100

Maximale Schädellänge

In der Frontalansicht wäre man geneigt auch die Ohren als Referenz heranzuziehen, da diese bei der Sicht von vorne sehr flach erscheinen und außerdem bei vielen Menschen sehr unterschiedlich hoch positioniert sind, eignen sie sich nicht so gut für die Linienkonstruktion aus dieser Sicht. Sie sind aber sehr gut für Analysen von der Seite geeignet.



Abbildung 4: Profilansicht eines Gesichtes

Um die genauen Umrisse und Übergänge in die angrenzende Gesichtshaut beurteilen zu können, sollten die Haare möglichst aus dem Blickfeld genommen werden – am Besten in superior posteriorer Richtung. Das erleichtert zwar das Auffinden des oberen Ohransatzes, dieser Punkt ist aber - wie sein kaudales Pendant - ähnlich schwierig zu beurteilen wie die Nasenflügel. Der untere Ohransatz ist durch die variable Insertionshöhe der Auricula in den Kopf nicht leicht auffindbar. Leichter gestaltet sich die Beurteilung des Tragus. Die Übergänge vom Tragus in die umliegende Gesichtshaut sind zwar auch flach, jedoch ist das Auffinden eines Top Points durch die geringe Größe des Bogens leichter. Weiter kaudal liegt der Kieferwinkel. Ähnlich wie bei der Augenbraue besteht auch hier die Schwierigkeit des Auffindens eines Tangentenpunktes. Die flache Form des Kieferwinkels und die Beweglichkeit erschweren zusätzlich die Beurteilung. Des Weiteren existiert an dieser Stelle kein Farbunterschied und die Schattenbildung kann je nach Lichteinfall stark variieren.



Abbildung 5: Kleine Bögen am Tragus

1.1 Bilderfassungs- und Messverfahren

Gesichter, wie sie im letzten Kapitel beschrieben wurden, können auf unterschiedliche Weise unter Zuhilfenahme technischer Gerätschaften erfasst und vermessen werden.

- A) In vivo
 - a. direkte Anthropometrie
- B) In vitro 2D
 - a. Fernröntgenanalyse
 - b. Fotografie
- C) In vitro 3D – Durchsicht
 - a. Computertomographie CT
 - b. Digitale Volumetomographie DVT
 - c. Magnetresonanztomographie MRT
- D) In vitro 3D - Aufsicht
 - a. Photogrammetrie
 - b. Strukturiertes Licht
 - i. Laserscan
 - ii. Moiré Fotografie
 - iii. 3Dmd
 - c. Holographie

Ad A. in vivo

Aa. Direkte Anthropometrie

Die Anthropometrie ist die biologische Wissenschaft der Messung von Größe, Gewicht und Proportionen des menschlichen Körpers (Hönn and Göz, 2007).

Die direkte Anthropometrie ist eine Messung am lebenden Objekt mittels Schiebelehre. Diese ist eine dreidimensionale, noninvasive, billige und valide Methode und daher vielfältig einsetzbar. Sie ist jedoch wegen des deutlichen Zeitaufwandes - mehrere Messungen sind nötig - und wegen der Abhängigkeit von der Compliance der Patientinnen/der Patienten - ein geduldiges Stillhalten der Probandinnen/der Probanden ist erforderlich - etwas aufwendiger als andere Methoden (Dindaroğlu et al., 2016)(Wong et al., 2006).



Abbildung 6: Direkte Anthropometrie mit einer digitalen Millimeter-Schiebelehre

Ad B. in vitro 2D

a. Fernröntgen

Die Fernröntgenanalyse ist für die Kieferorthopädin/den Kieferorthopäden der derzeitige Goldstandard, was die Vermessung und Diagnose von Gesichtern betrifft. Anhand des Fernröntgens werden skelettale Bezugspunkte gesucht und markiert, die dann der Konstruktion verschiedener Strecken und Winkel dienen (Kahl- Nieke, 2010)(Hönn and Göz, 2007). Dadurch ist eine genaue Analyse des Schädelskelettes möglich (Schopf, 2008).

Wie für alle Arten der Röntgendiagnostik gilt auch hier, dass die Anzahl der erstellten Röntgenbilder vor allem aus Gründen der Strahlenbelastung auf das diagnostisch erforderliche Mindestmaß zu beschränken ist und nach dem Prinzip "as low as reasonably achievable" (ALARA) gearbeitet werden sollte (Schopf, 2008)("American Dental Association Council on Scientific Affairs," 2006).

Ad B in vitro 2D

b. Fotografie

Die Fotografie ist eine hervorragende Möglichkeit zur Abbildung eines Gesichtes, da sie eine billige und einfache durchzuführende Methode ist. Außerdem kann man die Fotos und Datensätze in den Computer einlesen und dort auf unterschiedlichste Art und Weise weiterverarbeiten. Fotografiert man das Gesicht mit einem Messstab – wie in Abbildung 7 zu sehen ist - so können im Anschluss auch direkte Messungen durchgeführt werden. Der einzig wirkliche große Nachteil der Fotografie ist die Beschränkung auf zwei Dimensionen. Dies merkt man vor allem bei der Wahrnehmung der Tiefe.

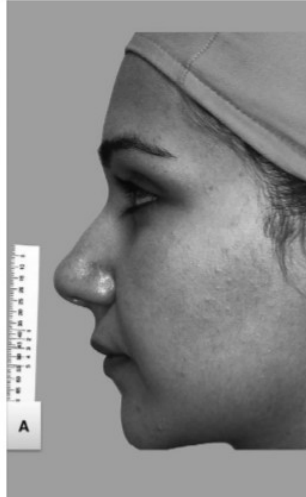


Abbildung 7: Fotografie mit Messstab

Ad. C in vitro 3D- Durchsicht

a. Computertomographie (CT)

Der wichtigste Bestandteil des CTs ist die sogenannte Gantry. Sie ist ein Rahmen, in dem auf der einen Seite eine Röntgenröhre und auf der anderen ein Detektor enthalten ist. Die Gantry rotiert um die Patientin/den Patienten und erstellt mithilfe eines fächerförmigen Röntgenstrahls in Sekundenschnelle tausende Schnittbilder. Ein Computer kann daraus 3D Bilder errechnen (Sukovic, 2003)(How Kau C et al., 2007)(Karatas and Toy, 2014). Das CT eignet sich aufgrund der hohen Strahlenexposition, des hohen Preises und der Größe des Gerätes nicht als Standarddiagnostikum für die Kieferorthopädie. Außerdem ist der Computertomograph speziell für die Darstellung von Hartgeweben konzipiert und eignet sich weniger gut für die Abbildung von Weichteilen (Siemens Healthcare GmbH, 2020)(Karatas and Toy, 2014)(How Kau C et al., 2007).

b. Digitale Volumetomographie (DVT)

Das DVT (CBCT) ist auf die Anwendung im Kopf-Halsbereich spezialisiert. Auch hier ist das Kernelement die Gantry (Sukovic, 2003)(J. K. Mah et al., 2003). Anders als beim CT ist der Röntgenstrahl jedoch kegelförmig (Karatas and Toy, 2014). Das DVT wird aus denselben Gründen wie das CT nicht als Routinediagnostikum von den Kieferorthopädinnen/den

Kieferorthopäden verwendet (How Kau C et al., 2007)(Papadopoulos et al., 2002)(Siemens HealthCare GmbH, 2020) (Pauwels et al., 2015).

c. Magnetresonanztomographie MRT

Das MRT ist ein 3D-Verfahren, das auf einem großen Magnetfeld basiert (Hajeer et al., 2002)(How Kau C et al., 2007). Durch dieses werden die Wasserstoffatome in den Zellen der verschiedenen Gewebe polarisiert. Bei der Depolarisation entstehen gepulste Radiowellen, die über einen Empfänger einem Computer zugeführt werden, der anhand dieser Information Schnittbilder und in weiterer Folge dreidimensionale Modelle erstellen kann (Siemens HealthCare GmbH, 2020). Aufgrund des hohen Wasserstoffgehaltes der Weichteile eignet sich der Magnetresonanztomograph besonders gut zur Darstellung derselben. Hartgewebe hingegen, wie zum Beispiel Knochen, können nicht so gut abgebildet werden (J. Mah et al., 2003). Ein großer Vorteil ist das Ausbleiben von ionisierender Strahlung. Das MRT ist ein sehr teures Gerät und nicht primär für die Darstellung von Oberflächen entwickelt. In der Zahnmedizin beschränkt sich die Verwendung des MRT hauptsächlich auf die Darstellung der Articulatio temporomandibularis (How Kau C et al., 2007).

Ad. D in vitro – Aufsicht

a. Photogrammetrie

Die Photogrammetrie ist die Wissenschaft der Vermessung von Fotografien, bei der durch die Auswertung zahlreicher Aufnahmen eines Objektes seine dreidimensionale Form und räumliche Lage rekonstruiert wird (Bongartz, 2002)(Karatas and Toy, 2014). Aufgrund von Gewebsreflexionen und Änderungen der Mimik zwischen den verschiedenen Aufnahmen ist eine exakte Darstellung des Gesichtes erschwert. Dies führt häufig zu einer ungenauen Abbildung von Haaren und Augenbrauen. Da Lichtstrahlen stark gekrümmte oder reflektierende Oberflächen nicht erreichen können, werden bestimmte Strukturen wie Augen und Ohren nicht naturgetreu dargestellt (How Kau C et al., 2007).

Die Photogrammetrie kann mit nur einer Kamera oder mehreren durchgeführt werden (How Kau C et al., 2007).

Verwendung einer Kamera → Eine Kamera wird um das aufzunehmende Objekt bewegt und nimmt währenddessen zahlreiche Bilder (mind. 50-60) aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf.

Diese werden anschließend in einen Computer übertragen und unter Verwendung spezifischer Software wird dadurch ein 3D Modell errechnet (Hajeer et al., 2004).

Verwendung zweier Kameras → Bei der sogenannten Stereo-Photogrammetrie nehmen zwei Kameras gleichzeitig Fotos von einem Objekt auf. Das hat den Vorteil, dass der Abstand zwischen den Kameras bekannt ist und der Computer kann anschließend durch Triangulation die dreidimensionale Gesichtsmorphologie registrieren (Dindaroğlu et al., 2016) (Ferrario V, Sforza C, 1998).

Eine Sonderform der Stereophotogrammetrie stellt die Automatisierte Infrarot-Photogrammetrie (3D-Gesichtsmorphometrie - 3DFM) dar. Das System besteht aus 2 Infrarotkameras, einer Hardware zur Erkennung von Markern und einer Software zur 3D-Rekonstruktion der Koordinaten von Punkten. Bei dieser Methode werden zunächst 15-20 Punkte im Gesicht der Probandin/des Probanden mit Hilfe eines schwarzen Eyeliners markiert. Jeder Punkt wird mit einer 2mm großen halbkreisförmigen reflektierenden Markierung abgedeckt. Das System registriert die Position der Punkte und erstellt ein dreidimensionales Gerüst. Das vorgefertigte Gerüst wird durch das Hinzufügen von gescannten Fotografien des Patienten vervollständigt und somit ein 3D Bild von Kopf und Hals erstellt. Diese Technik ist frei von potenziell schädlicher Strahlung, weist jedoch eine geringe Genauigkeit auf und ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden (Ferrario et al., 1995) (Karatas and Toy, 2014)(Hajeer et al., 2004)(How Kau C et al., 2007).

b. Strukturiertes Licht

Die Technik des Strukturierten Lichts fasst eine breite Kategorie von verschiedenen Systemen zur Erfassung von 3D-Informationen zusammen, die auf dem Prinzip der Triangulation aufgebaut sind (How Kau C et al., 2007). Dabei handelt es sich um ein einfaches Verfahren frei von ionisierender Strahlung zur Darstellung von Gesichtern (Underhill T, Chilvarquer I, 1988). Strukturiertes Licht, welches sich aus Ellipsen und zufälligen Mustern zusammensetzt, wird auf eine zu scannende Zielfläche projiziert. Dabei wird das Lichtmuster verzerrt und krümmt sich. Ein Kamerasystem (Fotoapparat oder Videokamera) erfasst die reflektierten und verzerrten Muster und kann daraus die Form und Struktur des Objektes erfassen, da das ursprüngliche Muster bekannt ist (Karatas and Toy, 2014). Der Computer, der diese Information speichert, erstellt eine Punktwolke. Danach werden jeweils drei Punkte dieser Wolke miteinander verbunden - ein Gitter aus Dreiecken entsteht. Dies ist die Grundlage für die Errechnung eines

dreidimensionalen Modells (Dindaroğlu et al., 2016). Dabei reicht die Aufnahme eines einzigen Bildes aus (Nguyen CX, Nissanov J, Oztürk C, Nuveen MJ, 2000)(Hajeer et al., 2004). Um eine exakte Darstellung zu erhalten, muss das Gesicht jedoch mehrmals mit zufälligen Lichtmustern beleuchtet und fotografiert werden (Dindaroğlu et al., 2016) (How Kau C et al., 2007).

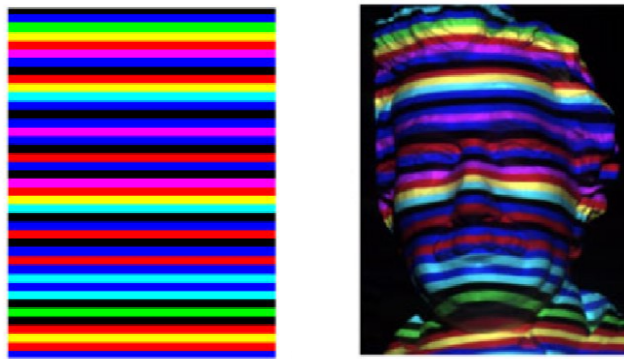


Abbildung 8: Strukturiertes Licht auf einem Gesicht

i. Laserscan

Der Laserscan ist die einfachste Form des strukturierten Lichts. Dabei wird monochromatisches Licht in Form eines Fächers auf das zu erfassende Objekt gerichtet. Die Linie, die von dem Objekt reflektiert wird, verformt sich aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit des Gesichtes. Eine Kamera registriert die Verzerrung der Laserlinie aus einem Winkel von 45° und dadurch kann im Anschluss die dreidimensionale Form errechnet werden. Durch die kleine Fläche der Linie nimmt das Verfahren vergleichsweise hohe Zeit in Anspruch, da der Fächerstrahl die gesamte Oberfläche des Gesichtes abtasten muss (Papadopoulos et al., 2002)(Coward et al., 1997)(Karatas and Toy, 2014). Eine Aufnahme dauert eine Minute oder sogar länger. Da es unwahrscheinlich ist, dass die Probandin/der Proband während dieser Zeit völlig stillhält, können Verzerrungen entstehen. Zudem kann das monochromatische Licht keine Farben registrieren, das heißt man erhält ein 3D Modell ohne Textur (Dindaroğlu et al., 2016)(Hajeer et al., 2004)(How Kau C et al., 2007). Liegt die Lichtintensität des Lasers unter einem MilliWatt ist eine Schädigung der Augen auszuschließen. Das Verfahren ist äußerst kostengünstig, jedoch durch die Abbildungsungenauigkeiten nicht für genaue metrische Analysen des Gesichtes geeignet (How Kau C et al., 2007).

ii. Moiré Fotografie

Die Moiré Fotografie ist eine der ältesten/ersten Methoden, bei der strukturiertes Licht eingesetzt wurde. Bei dieser Technik wird ein Objekt/Gesicht durch ein Gitter beleuchtet und auf diese Weise wird darauf ein Schattenbild geworfen (Hajeer et al., 2004). Durch die Oberflächenmorphologie des Gesichtes wird der Schatten verzerrt und eine Kamera nimmt das Geschehen durch das Gitter hindurch auf. Ein Computer kann dann die dreidimensionalen Koordinaten errechnen und wiederum ein dreidimensionales Modell erstellen. Am besten werden stark konturierte Gesichter erfasst. Das System hat den Nachteil, dass es bei der kleinsten Bewegung des Kopfes zu ungenauen Wiedergaben der dreidimensionalen Struktur kommt. Außerdem kann es auch nicht die Textur - das heißt die Farbe - des Gesichtes erfassen (Takasaki, 1970)(How Kau C et al., 2007).

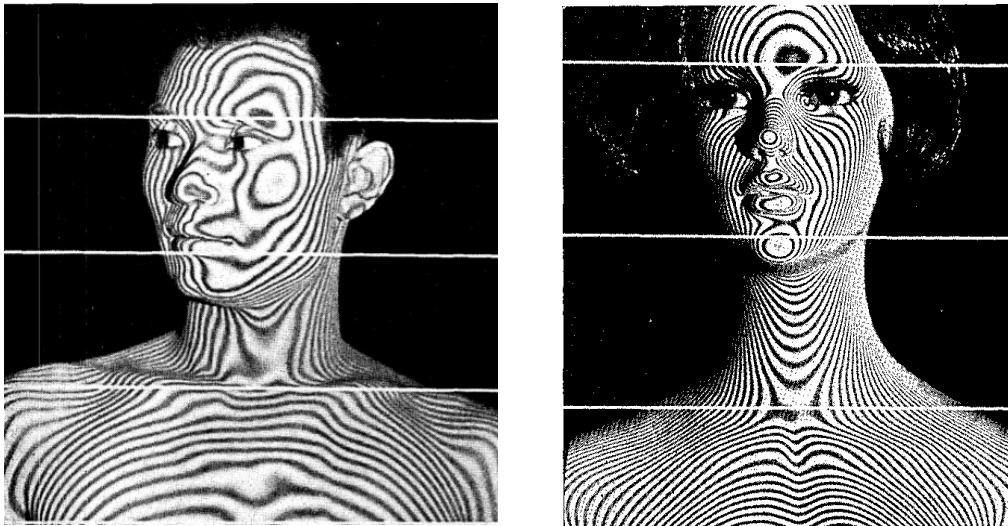


Abbildung 9: Moiré Muster auf einem männlichen und einem weiblichen Gesicht

iii. 3dMD

Eine Kombination aus strukturiertem Licht und Photogrammetrie ist das 3dMD-System. Auf zwei Seiten werden jeweils drei Kameras angeordnet – eine Farbkamera und zwei Infrarotkameras. Ein Lichtmuster wird auf das Gesicht der Probandin/des Probanden projiziert und die insgesamt sechs Kameras nehmen gleichzeitig Bilder aus den verschiedenen Winkeln auf. Der ganze Vorgang dauert nur 1,5 ms, wodurch die Wahrscheinlichkeit von Artefaktbildungen durch Bewegungen der mimischen Muskulatur sehr gering ist, und die Darstellung von Kindergesichtern erleichtert wird. Es hat eine vom Hersteller angegebene

Genauigkeit von <0,5 mm (Aldridge et al., 2005a)(Karatas and Toy, 2014)(Karatas and Toy, 2014).

c.Holographie

Ein weiteres Verfahren zur Darstellung einer dreidimensionalen Figur ist die Holographie. Ein einziger Laserimpuls (Dauer: 20-25 ns) wird auf ein Objekt gelenkt. Laserlicht besteht aus Photonen, die sich alle in der gleichen Phase befinden. Dadurch bilden sie eine einzige Wellenfront. Diese wird vom Objekt zurückgeworfen und dabei in einer bestimmten Phase der Welle reflektiert. Ein zweiter Laser durchleuchtet wiederum dieses zurückgeworfene Laserlicht und es entsteht ein Hell-Dunkel Muster. Diese kann auf einer Photoplatte (=Hologramm) gespeichert werden. Man erhält eine dreidimensionale Wiedergabe der dreidimensionalen Oberfläche des Objektes. Bis zu diesem Zeitpunkt handelt es sich dabei um eine rein optische Methode. Durch das Prinzip der Hologrammtomographie kann man das Hologramm in digitale Daten übersetzen (Bongartz, 2002)(How Kau C et al., 2007).

2. Material und Methoden

2.1 Studienpopulation

Für diese Studie wurden 30 Studentinnen/Studenten der Medizin und Zahnmedizin und Angestellte der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz herangezogen, da es aus organisatorischen Gründen und aufgrund der leichteren örtlichen Erreichbarkeit einfacher war, vordergründig auf diese zurückzugreifen. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass die Kausa auf so großes Interesse innerhalb der Kollegenschaft stieß. Anfängliche Schwierigkeiten in der technischen Umsetzung konnten dadurch schneller und zielgerichteter erhoben werden, da das Probandengut direkt vor Ort war. 20 Frauen und 10 Männer im Alter von 23 bis 56 Jahren wurden in Einzelsitzung gescannt. Die Dauer der Untersuchung war mit 30 Minuten anberaumt.

2.2 Einschlusskriterien und Ausschlusskriterien

Bei den weiblichen Probandinnen wurde darauf geachtet, dass kein zu stark deckendes Make-up aufgelegt war. In Einzelfällen wurde die Person gebeten, selbiges zu entfernen. Durchscheinende Grundierungen stellten kein Problem dar. Personen mit Permanent Make-up mussten leider aus der Studie ausgeschlossen werden, da sich Permanent Make-up in der Regel an den Augenbrauen, Lidern und Lippen befindet, wodurch die Gefahr der Verfälschung natürlicher Gesichtsstrukturen bestand. Bei männlichen Probanden war das Vorhandensein eines dichten Bartes ein Ausschlusskriterium, da sich wegen der Reflexionen bei den Haaren Artefakte bildeten. Im schlechtesten Fall konnte der Computer aus dem diffus gestreuten Reflexionslicht kein Bild erstellen. Personen mit starken Asymmetrien und Gesichtsdeformitäten wurden aus dieser Studie ausgeschlossen, da wir uns auf die Ermittlung der Punkterkennung und -wiedergabe des Durchschnittsgesichtes konzentrieren wollten. Malformationen und syndromal bedingte Gesichtsveränderungen sollen Inhalt weiterführender zukünftiger Studien sein. Auch Traumapatientinnen/Traumapatienten, Patientinnen/Patienten mit Narbenzügen und solche mit neuronalen Gesichtserkrankungen, wie zum Beispiel Paresen, wurden ausgeschlossen. Aufgrund des notwendigen 30-minütigen Verweilens in aufrechter Körperhaltung wurden Schwangere ausgeschlossen, weil dies eine

zu große Belastung dargestellt hätte. Aus demselben Grund wurden auch keine Kinder hinzugezogen.

2.3 Punktmarkierung

Die Studie wurde von zwei Untersucherinnen/Untersuchern durchgeführt. Jeder von beiden zeichnete je 19 Punkte auf das Gesicht jeder einzelnen Probandin/jedes einzelnen Probanden. Zu diesem Zweck wurden ein schwarzer und blauer Eyeliner verwendet, um im Nachhinein sofort erkennen zu können, von welcher Behandlerin/welchem Behandler die Markierungen stammen. In einer kleinen Vorstudie waren auch andere Eyeliner Farben ausprobiert worden. Es hatte sich jedoch gezeigt, dass nur die Farben Schwarz und Blau im Scan ausreichend sichtbar waren. Nach jedem Scanvorgang wurden die Punktmarkierungen auf den Gesichtern der Probandinnen/der Probanden wieder gründlich entfernt, sodass die zweite Behandlerin/der zweite Behandler nicht durch die Markierungen der ersten Behandlerin/des ersten Behandlers irritiert werden konnte. Folgende Punkte wurden gekennzeichnet:

Orbitale inferius dexter/sinister: Hautpunkt direkt über dem Foramen infraorbitale (palpatorisch erörtert)

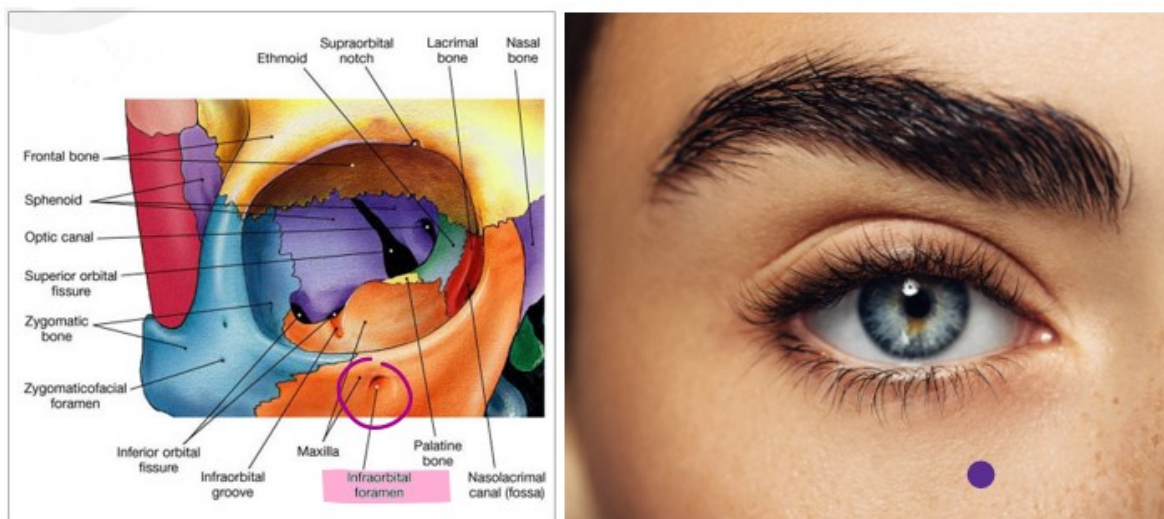


Abbildung 10: Punkt O.inf.dex. über dem Foramen infraorbitale

Nasale superius: dorsalster midsagittaler Punkt an der Nasenwurzel (palpatorisch erörtert)

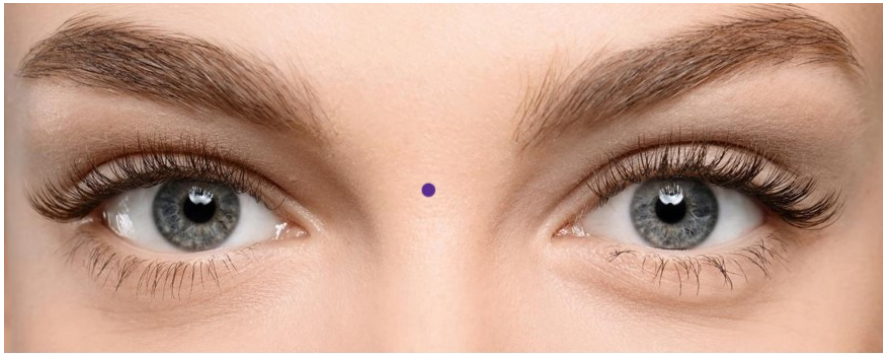


Abbildung 11: Punkt N.sup. in Frontalansicht



Abbildung 12: Punkt N.sup. in Profilansicht

Nasale inferius: Schnittpunkt von Columella mit dem Philtrum in der Midsagittalen / in der tiefsten Einziehung und midsagittal gelegener Punkt an der Insertion der Nase in das Philtrum

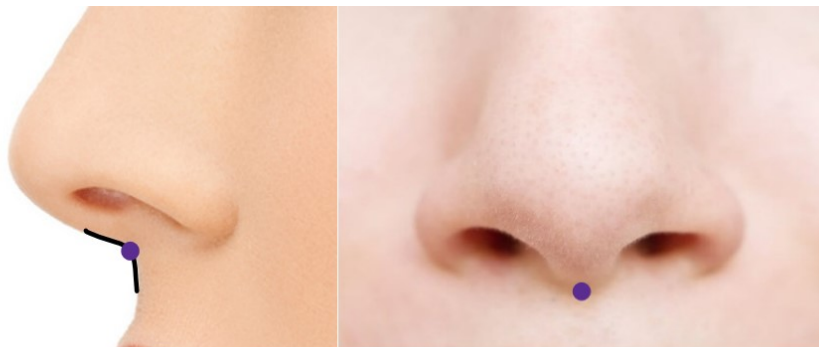


Abbildung 13: Punkt N.inf. in lateraler und frontaler Ansicht

Alare dexter/sinister: Insertionspunkte der Nasenflügel in die Gesichtshaut



Abbildung 14: Punkte Alare dex. und sin.

Labiale dexter/sinister: Punkt an der Commissura labiorum (Übergang der Oberlippe in die Unterlippe am Mundwinkel)



Abbildung 15: Punkte Lab.dex. und sin.

Punctum cutaneum B: Hautpunkt über dem skelettalen B-Punkt (=dorsalster Punkt an der ventralen Kontur der Mandibula)

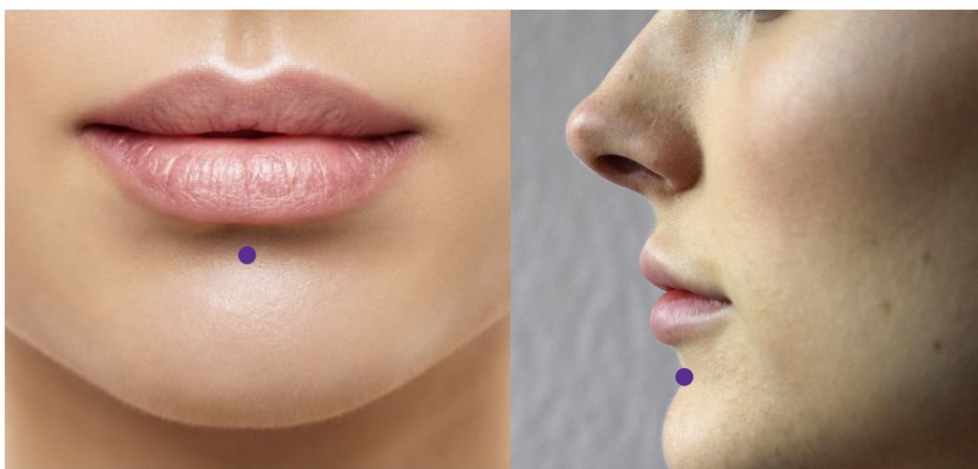


Abbildung 16: Punkt Cut B in frontaler und lateraler Ansicht

Auriculare superius dexter/sinister: Oberster Insertionspunkt des Ohres in die Gesichtshaut



Abbildung 17: Punkt Aur.sup.dex.

Auriculare inferius dexter/sinister: Insertionspunkt des Lobulus auriculae in die Gesichtshaut



Abbildung 18: Punkt Aur.inf.dex.

Tragus superius dexter/sinister: Punkt am Top Point der Incisura anterior auris



Abbildung 19: Punkt Trag.sup.dex.

Tragus inferius dexter/sinister: Punkt am Top Point der Incisura intertragica



Abbildung 20: Punkt Trag.inf.dex.



Abbildung 21: Incisurae anterior auris und intertragica

Angulus mandibulae dexter/sinister: Hautpunkt über Angulus mandibulae



Abbildung 22: Punkt Ang.mand.sin.

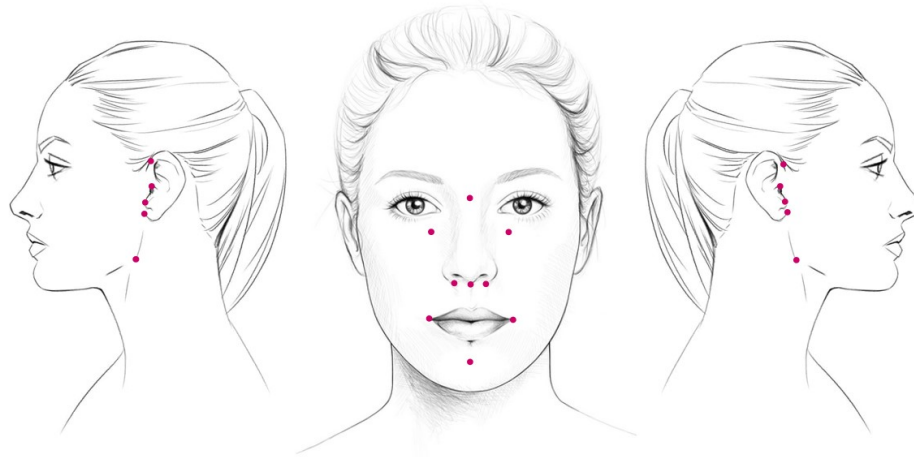


Abbildung 23: Schematische Darstellung aller verwendeten Punkte von frontal und lateral gesehen

2.4 Technische Equipment

Die dreidimensionale Bilderfassung der Gesichter wurde mit einem Planmeca ProMax 3D ProFace® (Planmeca USA, Inc.; Roselle, IL, USA) durchgeführt, das ein realistisches 3D-Bild des Gesichtes erzeugt. Die Fotografien wurden mit der ProFace-Option aufgenommen, die keine Strahlung erfordert. Das Gerät basiert auf der Laserstrahlung zweier Laser, welche die Gesichtsgeometrie abtasten, und zwei Digitalkameras, die die Textur und Farbe erfassen. Die räumliche Genauigkeit dieses Gerätes beträgt laut Herstellerangaben 0,03 mm. Die 3D-Fotografien wurden mit der Software Planmeca Romexis® verarbeitet, die eine genaue und detaillierte Bedienung ermöglicht.

Jede Probandin/jeder Proband wurde insgesamt drei Mal gescannt. Das erste Mal ohne Markierungen, das zweite Mal mit den von Behandlerin A/Behandler A eingezeichneten schwarzen Punkten und das dritte Mal mit den von Behandlerin B/Behandler B eingezeichneten blauen Punkten.

Jede Probandin/jeder Proband wurde vor dem Scan dazu aufgefordert, seine Haare nach hinten zu binden und Brille und Schmuck abzulegen. Alle Probandinnen/Probanden wurden über die Untersuchung, sowie über die Datenverarbeitung informiert und mussten dieser schriftlich zustimmen. Da eine Scanuntersuchung frei von Strahlen- und Schmerzbelastung ist, kann diese als risikolos und ethisch unbedenklich angesehen werden.

2.5 Vermessungsvorgang

Um die Vermessungsdifferenzen der Untersucherinnen/der Untersucher zu ermitteln, wurde die Aufnahme mit Markierungen von Behandlerin A/Behandler A mit dem Scan von Behandlerin B/Behandler B mittels der Software Romexis überlagert. Anschließend wurde die 3D Fotografie von Behandlerin B/Behandler B ausgeblendet und die Punktmarkierungen von Behandlerin A/Behandler A mit virtuellen Markierungen versehen. Danach wurde die Abbildung von Behandlerin A/Behandler A ausgeblendet und jene von Behandlerin B/Behandler B eingeblendet und die Streckendifferenzen mit der Längenmessfunktion erfasst und dokumentiert.

Außerdem wurde die Richtung der Abweichung aufgeschrieben. Dies wurde im System der in der Zahnmedizin gebräuchlichen Quadranten vermerkt. Das heißt: im Uhrzeigersinn ist rechts oben in einem gedachten Quadrat der 1. Quadrant, rechts oben der 2. Quadrant, rechts unten der 3. Quadrant und links unten der 4. Quadrant. War die Verschiebung von schwarz auf blau also von rechts oben nach links unten, wurde dies beispielsweise als 2 nach 4 vermerkt.

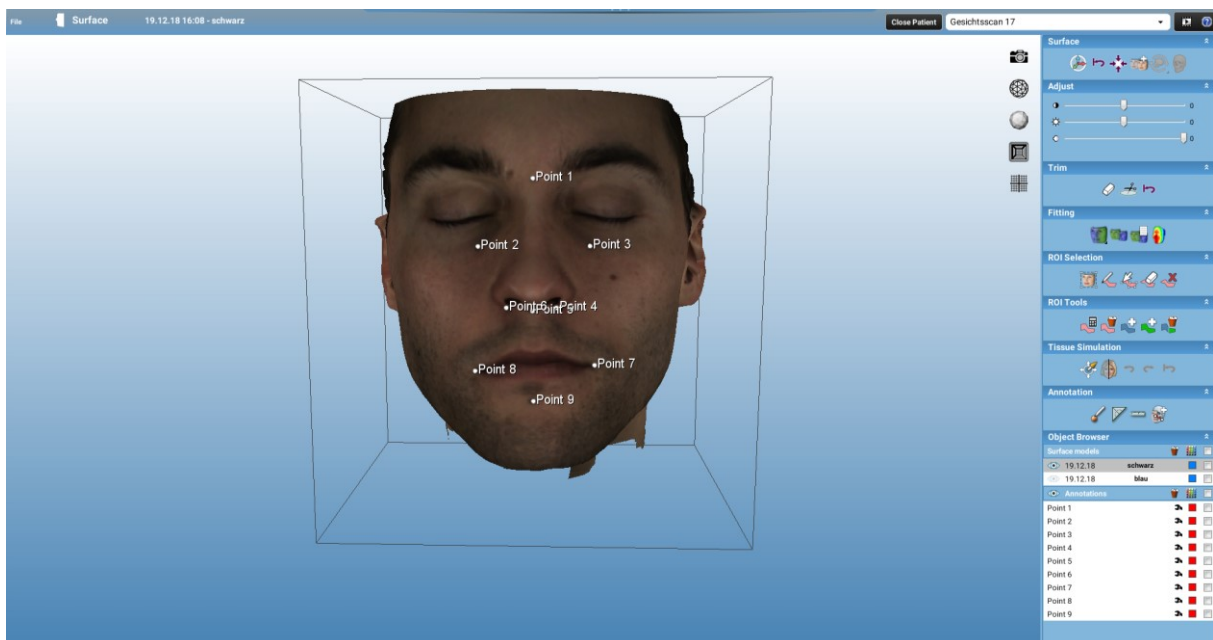


Abbildung 24: Virtuelle Markierung der schwarzen Punkte

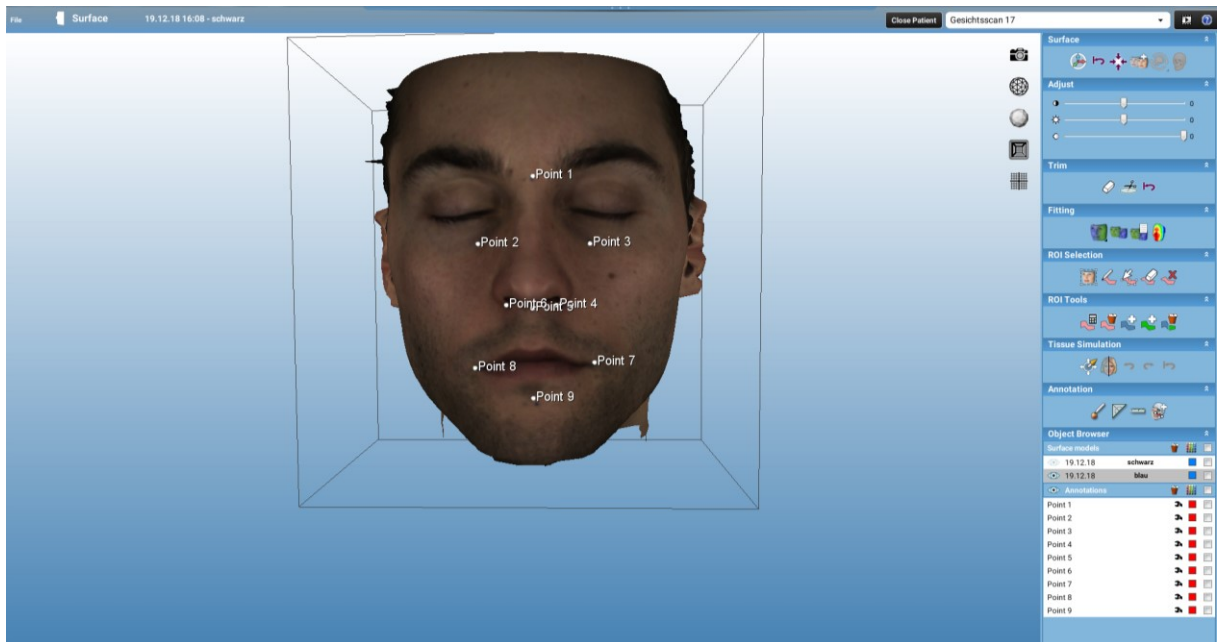


Abbildung 25: Virtuelle Markierungen der blauen Punkte nach Ausblenden des Scans mit den schwarzen Punkten

2.6 Statistische Analyse

Die Daten wurden deskriptiv und explorativ ausgewertet. Berechnungen wurden in IBM SPSS 25 durchgeführt, Diagramme in Microsoft Excel erstellt. Die mittleren Abweichungen wurden mit einem T-Test für unabhängige Stichproben auf Geschlechterunterschied getestet.

3. Ergebnisse

3.1 Erkennbarkeit der Punkte im Gesichtsscan

In 56,7% der Fälle waren die Punkte Aur.sup.dex. und sin. nicht am Scan zu erkennen. Aur.inf.dex. war in 10% und Aur.inf.sin. in 13,3% der Fälle nicht zu erkennen. Die restlichen 15 Markierungen konnten alle auf jedem der dreidimensionalen Gesichtsmodelle gefunden und vermessen werden (Abbildung 25).

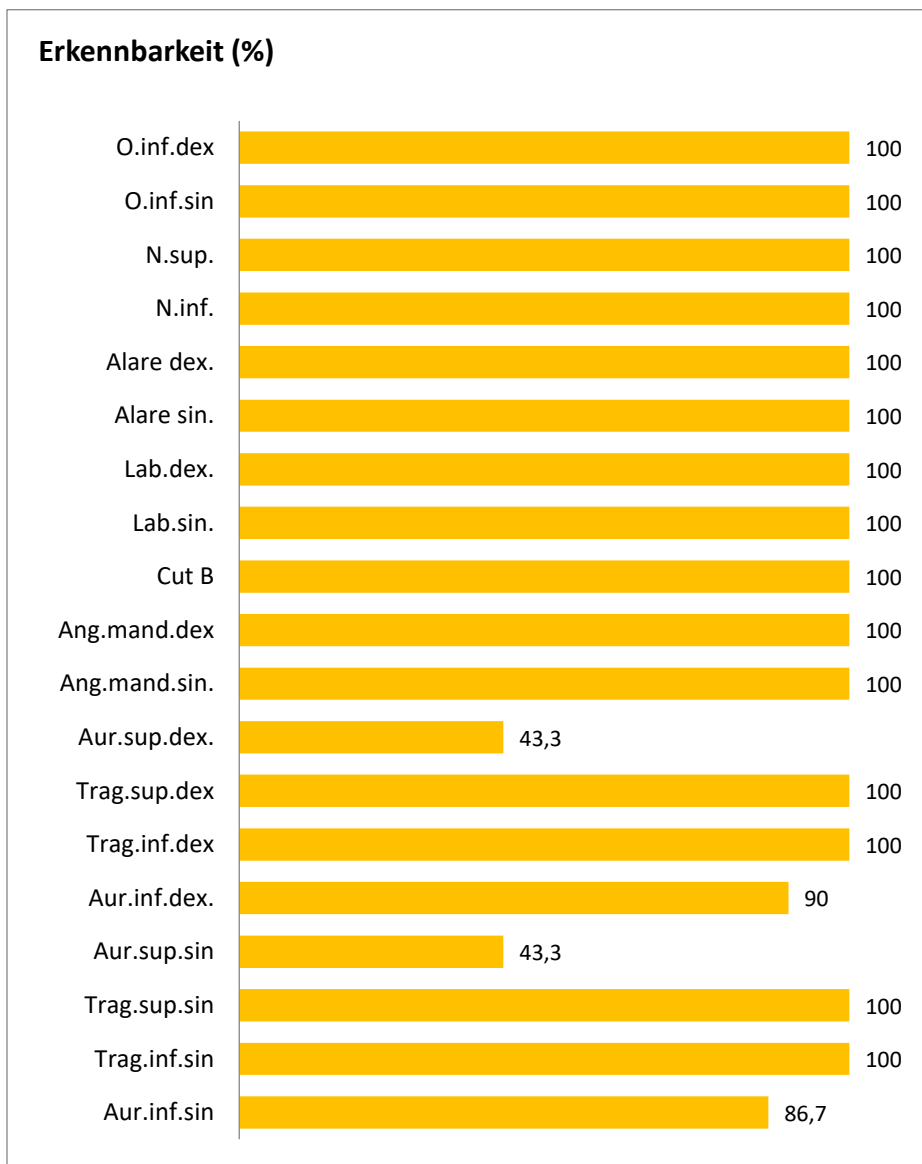


Tabelle 1: Erkennbarkeit der Punkte in Prozent

3.2 Abweichungen pro Punkt

Der Mittelwert der Abweichungen pro Punkt, zwischen den Markierungen der beiden Behandlerinnen/der Behandler, bewegte sich für alle Punkte - die Kieferwinkelpunkte ausgenommen - zwischen 0,81mm (N.inf.) und 2,18mm (O.inf.dex.). Auffallend hoch waren die Mittelwerte für die Punkte Ang.mand.dex. (4,76mm) und sin. (4,63mm) bei einer Standardabweichung von 3,12mm für Ang.mand.dex. und 3,96mm für Ang.mand.sin. Die maximale Abweichung betrug für Ang.mand.dex. 13,3mm und für Ang.mand.sin. 16,6mm.

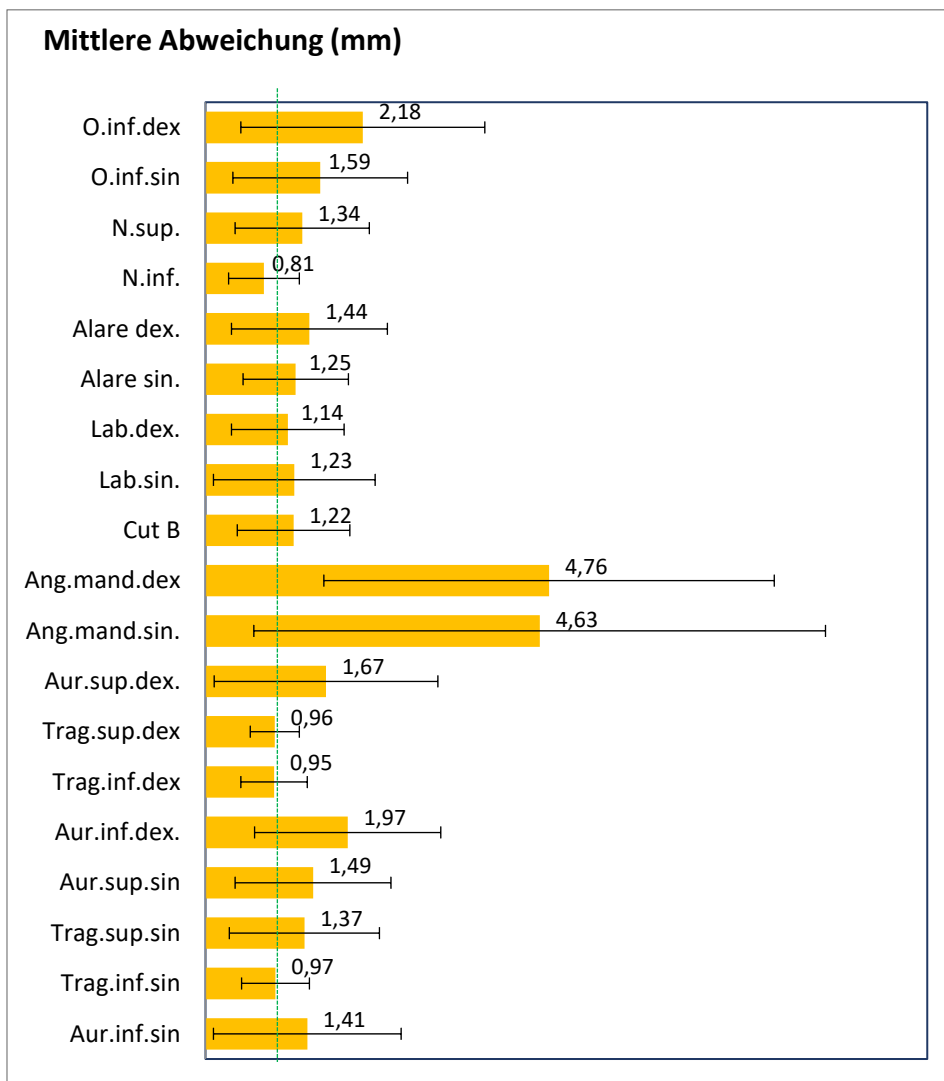


Tabelle 2: Mittlere Abweichung (mm)

Für alle Punkte lag die minimalste Abweichung zwischen den Markierungen der Behandlerinnen/der Behandler unter 1mm.

Bei vier Punkten (N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin.) lag die mittlere Abweichung <1mm und die Standardabweichung <0,5mm.

Eine mittlere Abweichung <1,5mm hatten acht Punktmarkierungen (N.sup., Alare dex., Alare sin., Lab.dex., Lab.sin., Cut B, Trag.sup.sin. und Aur.inf.sin.). Die Standardabweichung für diese Punkte bewegte sich zwischen 0,73mm und 1,12mm.

Für vier Punkte (O.inf.sin, Aur.sup.dex., Aur.inf.dex. und Aur.sup.sin.) lag die mittlere Abweichung unter 2mm und die Standardabweichung zwischen 1,08mm und 1,55mm.

Die mittlere Abweichung für den Punkt O.inf.dex ergab 2,18mm bei einer Standardabweichung von 1,69mm.

Punkt	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
O.inf.dex	0,5	6,2	2,18	1,69
O.inf.sin	0,4	4,8	1,59	1,21
N.sup.	0,4	4,4	1,34	0,93
N.inf.	0,2	2,6	0,81	0,49
Alare dex.	0,3	5,0	1,44	1,08
Alare sin.	0,4	3,4	1,25	0,73
Lab.dex.	0,4	4,3	1,14	0,78
Lab.sin.	0,3	6,4	1,23	1,12
Cut B	0,2	3,2	1,22	0,78
Ang.mand.dex.	0,8	13,3	4,76	3,12
Ang.mand.sin.	0,7	16,6	4,63	3,96
Aur.sup.dex.	0,4	5,4	1,67	1,55
Trag.sup.dex.	0,3	2,0	0,96	0,34
Trag.inf.dex.	0,3	2,1	0,95	0,46
Aur.inf.dex.	0,5	6,1	1,97	1,29
Aur.sup.sin.	0,3	4,1	1,49	1,08
Trag.sup.sin.	0,3	4,6	1,37	1,04
Trag.inf.sin.	0,3	2,3	0,97	0,47
Aur.inf.sin.	0,1	6,8	1,41	1,30

Tabelle 3: Abweichungen pro Punkt –
 Min. = minimalste Abweichung in mm
 Max. = maximale Abweichung in mm

- ① grün: Mittelwert unter 1mm
- ② blau: Mittelwert unter 1,5mm
- ③ gelb: Mittelwert unter 2 mm
- ④ orange: Mittelwert unter 2,5mm
- ⑤ rot: Mittelwert über 2,5mm

3.3 Prozentuelle Abweichung pro Punkt unter 1mm

83,3% der N.inf. Punktmarkierungen lagen zwischen Behandlerin A/Behandler A und Behandlerin B/Behandler B weniger als 1mm voneinander entfernt. Die zwei Punkte Trag.sup.dex. und Trag.inf.dex. lagen zu 56,7% und 60% unter 1mm auseinander. Genau die Hälfte aller Trag.sup.sin. und Trag.inf.sin. Punkte lagen weniger als 1mm voneinander entfernt. Bei fünf Punkten (O.inf.sin., Alare dex., Alare sin., Lab.dex., Lab.sin., Cut B und Aur.sup.dex.) bewegte sich dieser Wert über 45%. In über 40% der Alare sin. und O.inf.sin. lag der Abstand zwischen den von den zwei Untersuchern eingezeichneten Punkten unter 1mm. Vier der Punkte (O.inf.dex., N.sup., Aur.sup.sin. und Aur.inf.sin.) lagen zu über 30% weniger als 1mm auseinander. 81,5% der markierten Punkte Aur.inf.dex. lagen über 1mm voneinander entfernt. Und nur 2 von 30 markierten Punkten am Kieferwinkel (Ang.mand.dex. und Ang.mand.sin.) lagen weniger als 1mm auseinander.

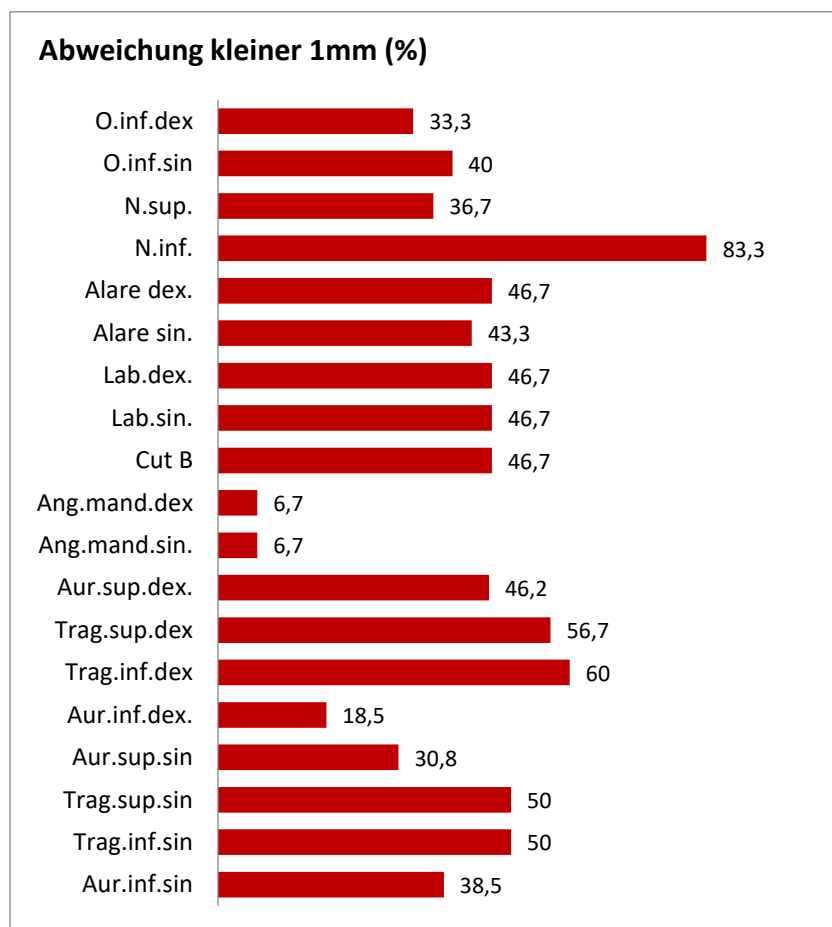


Tabella 4: Abweichung kleiner 1mm (%)

3.4 Richtung der Abweichungen

In 24% der Fälle war die Abweichung aller Punktmarkierungen von Behandlerin A/Behandler A zur Markierung von Behandlerin B/Behandler B von rechts unten nach links oben. Die mittlere Abweichung betrug dabei 1,78 mm bei einer Standardabweichung von 1,74mm.

Jeweils 21,7 % der Abweichungen waren von rechts oben nach links unten und von links oben nach rechts unten. Hier betrug die Strecke mittelwertig 1,92mm bei einer Standardabweichung von 2,64mm.

In 19% wichen die Punkte von Behandlerin A/Behandler A zu Behandlerin B/Behandler B von links unten nach rechts oben bei einem Mittelwert von 1,87 und einer Standardabweichung von 1,94mm ab.

Seltener waren Abweichungen in horizontaler Richtung: In 5,3% von rechts nach links bei einem Mittelwert von 1,39mm und einer Standardabweichung von 1,04mm und in 3,6% in die entgegengesetzte Richtung. Hier fand sich eine mittlere Abweichung von 1,11mm und eine Standardabweichung von 0,94mm.

In den seltensten Fällen war eine Abweichung in vertikaler Richtung zu ergründen: in 2,6% von oben nach unten mit einem Mittelwert von 1,31 mm bei einer Standardabweichung von 1,51mm und in nur 1,3% von unten nach oben mit einer mittleren Abweichung von 1,2mm und einer Standardabweichung von 0,35mm.

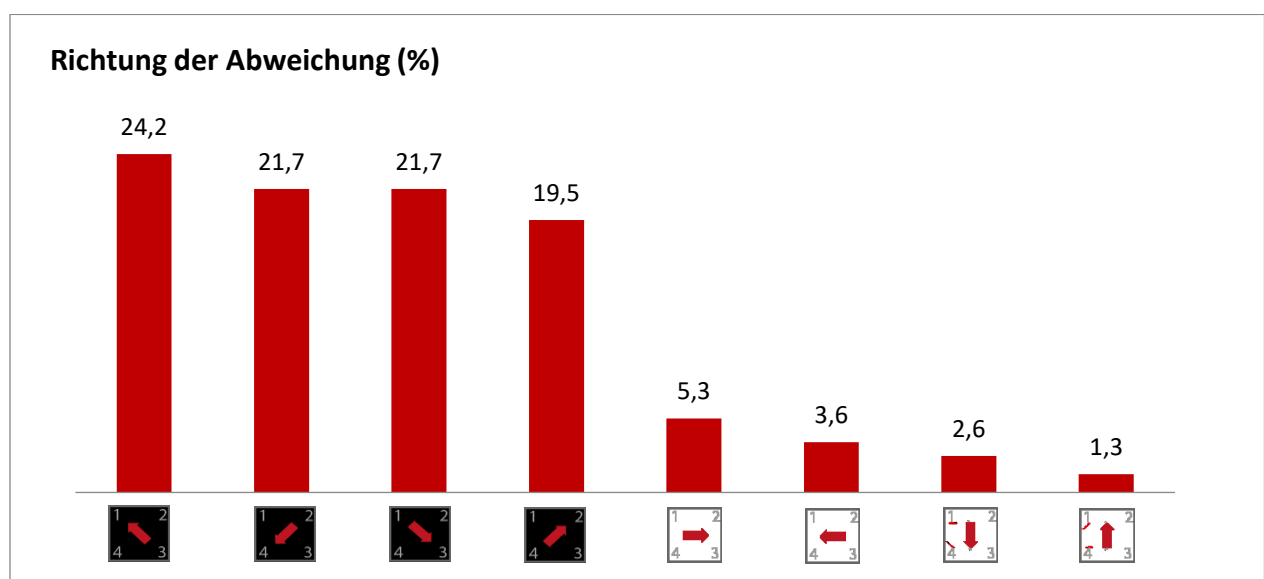


Tabelle 5: Richtung der Abweichung (%)

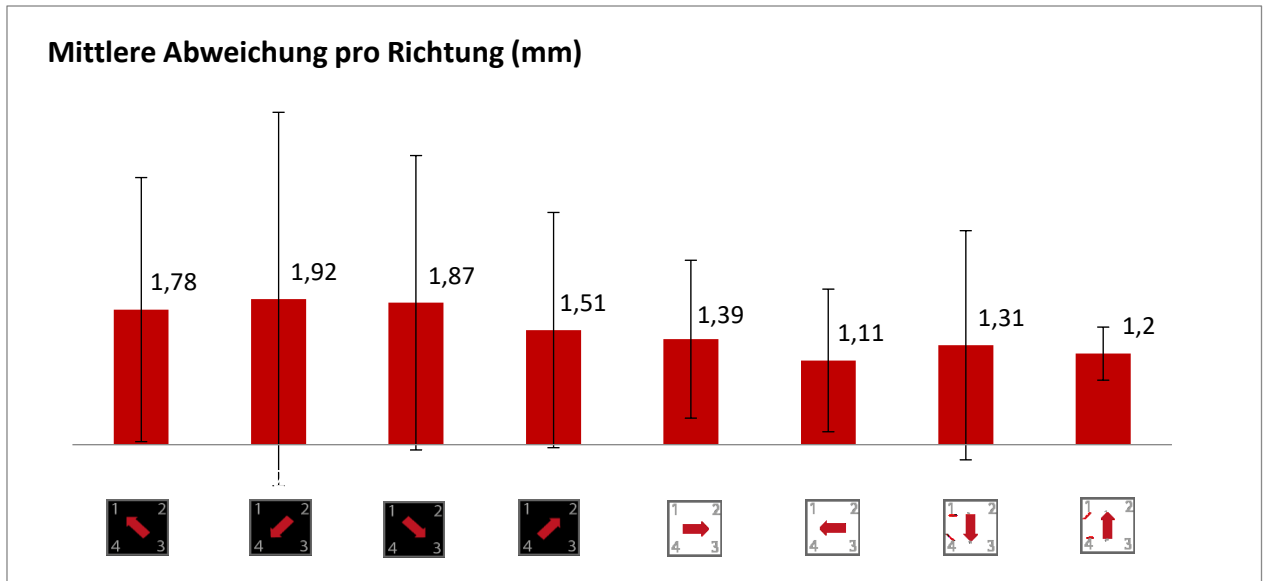


Tabelle 6: Mittlere Abweichung pro Richtung (%)

Richtung	Anz.	%	mittl. Abw (mm)	SD	
↘	31	128	24,2	1,78	1,74
↗	24	115	21,7	1,92	2,46
↙	13	115	21,7	1,87	1,94
↖	42	103	19,5	1,51	1,55
→	12	28	5,3	1,39	1,04
←	21	19	3,6	1,11	0,94
↓	14	14	2,6	1,31	1,51
↑	41	7	1,3	1,20	0,35

Tabelle 7: Richtung der Abweichungen –

Anz. = Anzahl der Abweichungen in diese Richtung.

% = prozentueller Anteil aller vermessenen Richtungen in dieser Richtung.

mittl. Abw (mm) = mittlere Abweichung in mm in diese Richtung.

SD = Standardabweichung in mm in diese Richtung

3.5 Richtung der Abweichungen pro Punkt

In der folgenden Tabelle wird veranschaulicht, welcher Punkt zwischen den Markierungen der beiden Behandlerinnen/Behandlern wie oft in welche Richtung abgewichen ist. Genauere Einzeldaten entnehmen sie Tabelle 8.

	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
O.inf.dex			2	6,7			1	3,3	19	63,3	3	10,0		5	16,7	
O.inf.sin	4	13,3	8	26,7	2	6,7	1	3,3	1	3,3	11	36,7	1	3,3	2	6,7
N.sup.	3	10,0	2	6,7			2	6,7	7	23,3	10	33,3	2	6,7	4	13,3
N.inf.	4	13,8	2	6,9	1	3,4	2	6,9	6	20,7	6	20,7	1	3,4	7	24,1
Alare dex.	3	10,0	9	30,0	2	6,7	1	3,3	7	23,3	4	13,3			4	13,3
Alare sin.	2	6,7	6	20,0			1	3,3	8	26,7	6	20,0			7	23,3
Lab.dex.	1	3,3	9	30,0	1	3,3	1	3,3	7	23,3	7	23,3			4	13,3
Lab.sin.	2	6,9	11	37,9	1	3,4			7	24,1	1	3,4			7	24,1
Cut B	3	10,0	5	16,7	3	10,0	5	16,7	7	23,3	5	16,7			2	6,7
Ang.mand.dex			12	40,0			1	3,3	1	3,3	13	43,3			3	10
Ang.mand.sin.			4	13,3	1	3,3	1	3,3	14	46,7	4	13,3			6	20
Aur.sup.dex.			1	7,7	2	15,4					5	38,5			5	38,5
Trag.sup.dex	1	3,3	5	16,7					5	16,7	6	20,0	3	10,0	10	33,3
Trag.inf.dex	1	3,3	11	36,7	1	3,3			3	10,0	9	30,0			5	16,7
Aur.inf.dex.	1	3,7	4	14,8					2	7,4	6	22,2			14	51,9
Aur.sup.sin									4	30,8	7	53,8			2	15,4
Trag.sup.sin			4	13,3			2	6,7	6	20,0	12	40,0			6	20
Trag.inf.sin	2	6,7	12	40,0	1	3,3			8	26,7	3	10,0			4	13,3
Aur.inf.sin			7	26,9	1	3,8	1	3,8	2	7,7	9	34,6			6	23,1

Tabelle 8: Richtung der Abweichungen pro Punkt
n= Anzahl der Abweichungen einer Richtung pro Punkt
%= Prozentsatz an Abweichungen in eine Richtung pro Punkt

3.6 Geschlechterspezifische Auswertung

3.6.1 Erkennbarkeit - geschlechterspezifisch

Die Punkte Aur.sup.dex. und sin. sowie Aur.inf.dex. und sin. waren nicht auf allen Scans erkennbar. Bei der geschlechterspezifischen Auswertung stellte sich heraus, dass Aur.sup.dex. bei Männern in 80% erkannt werden konnte und bei Frauen nur zu 25%. Bei Aur.sup.sin. waren bei Männern 43,3% und bei Frauen nur 30% erkennbar. Aur.inf.dex. war bei Männern in 90% der Fälle und bei Frauen in 85% der Fälle erkennbar. Und Aur.inf.sin. war auf allen 3D Aufnahmen von männlichen Probanden und auf 80% der Aufnahmen weiblicher Studienteilnehmer ersichtlich. Die restlichen Punkte waren auf den Aufnahmen aller Probanden erkennbar.

Punkt	gesamt		männlich n=10		weiblich n=20	
	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
O.inf.dex	30	100,0	10	100,0	20	100,0
O.inf.sin	30	100,0	10	100,0	20	100,0
N.sup.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
N.inf.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Alare dex.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Alare sin.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Lab.dex.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Lab.sin.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Cut B	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Ang.mand.dex.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Ang.mand.sin.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Aur.sup.dex.	13	43,3	8	80,0	5	25,0
Trag.sup.dex.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Trag.inf.dex.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Aur.inf.dex.	27	90,0	10	100,0	17	85,0
Aur.sup.sin.	13	43,3	7	70,0	6	30,0
Trag.sup.sin.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Trag.inf.sin.	30	100,0	10	100,0	20	100,0
Aur.inf.sin.	26	86,7	10	100,0	16	80,0

Tabelle 9: Erkennbarkeit der Punkte – geschlechterspezifisch

Anz. = Anzahl der Probanden auf denen der Punkt im Scan erkennbar war

% = Prozentsatz der Probanden, auf dessen Gesichtern der Punkt am Scan erkannt wurde

Die Anzahl (Anz.) gibt wieder auf welchen Scans der Punkt erkennbar ist. 100% bedeutet, dass der Punkt auf allen Scans erkennbar ist. Die Punkte, die nicht auf allen Scans erkennbar waren, wurden zur besseren Veranschaulichung rot markiert.

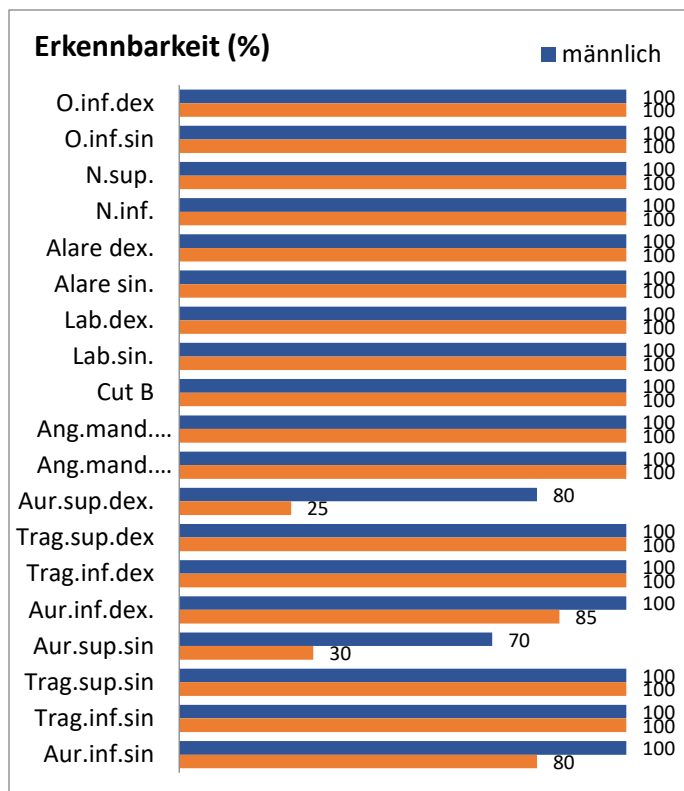


Tabelle 10: Erkennbarkeit (%) - geschlechterspezifisch

Punkt	männlich				weiblich				Signifikanz
	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	
O.inf.dex	0,5	4,7	1,520	1,26	0,6	6,2	2,51	1,81	p = 0,132
O.inf.sin	0,4	3,5	1,44	1,14	0,4	4,8	1,66	1,27	p = 0,647
N.sup.	0,4	4,4	1,49	1,34	0,4	2,8	1,27	0,67	p = 0,540
N.inf.	0,2	1,3	0,72	0,32	0,3	2,6	0,86	0,56	p = 0,473
Alare dex.	0,3	3,2	1,07	0,91	0,5	5,0	1,62	1,12	p = 0,187
Alare sin.	0,5	3,4	1,54	0,88	0,4	2,4	1,10	0,62	p = 0,124
Lab.dex.	0,5	4,3	1,41	1,07	0,4	2,4	1,01	0,57	p = 0,182
Lab.sin.	0,4	6,4	1,48	1,79	0,3	2,3	1,11	0,58	p = 0,395
Cut B	0,7	3,0	1,51	0,71	0,2	3,2	1,08	0,78	p = 0,156
Ang.mand.dex.	0,8	13,3	6,61	3,90	0,9	9,4	3,84	2,23	p = 0,019
Ang.mand.sin.	1,2	5,7	3,24	1,54	0,7	16,6	5,33	4,61	p = 0,178
Aur.sup.dex.	0,4	2,3	1,11	0,72	0,4	5,4	2,56	2,16	p = 0,102
Trag.sup.dex.	0,7	1,6	1,02	0,30	0,3	2,0	0,93	0,36	p = 0,501
Trag.inf.dex.	0,5	2,1	1,24	0,53	0,3	1,6	0,81	0,35	p = 0,011
Aur.inf.dex.	0,5	3,5	1,68	1,03	0,6	6,1	2,14	1,43	p = 0,387
Aur.sup.sin.	0,3	3,1	1,47	0,96	0,5	4,1	1,50	1,31	p = 0,965
Trag.sup.sin.	0,3	4,1	1,48	1,16	0,3	4,6	1,32	1,00	p = 0,699
Trag.inf.sin.	0,3	1,5	1,04	0,39	0,4	2,3	0,94	0,52	p = 0,595
Aur.inf.sin.	0,1	2,4	1,22	0,66	0,3	6,8	1,53	1,59	p = 0,563

Tabelle 11: mittlere Abweichungen und Standardabweichungen - geschlechterspezifisch

Die Abweichungen wurden mit dem T-Test statistisch verglichen. Nur bei 2 Punkten gibt es einen signifikanten Geschlechterunterschied (Ang.mand.dex. und Trag.inf.dex). Dabei sind

die Abweichungen bei den männlichen Probanden etwas höher. Dies trifft für zwei Punkte der rechten Gesichtshälfte zu.

3.6.2 Abweichungen <1mm – geschlechterspezifisch

Für den Punkt Cut B lagen auf den Gesichtern weiblicher Probandinnen 65% der Markierungen die Abweichungen <1mm und bei den männlichen Probanden nur 10%.

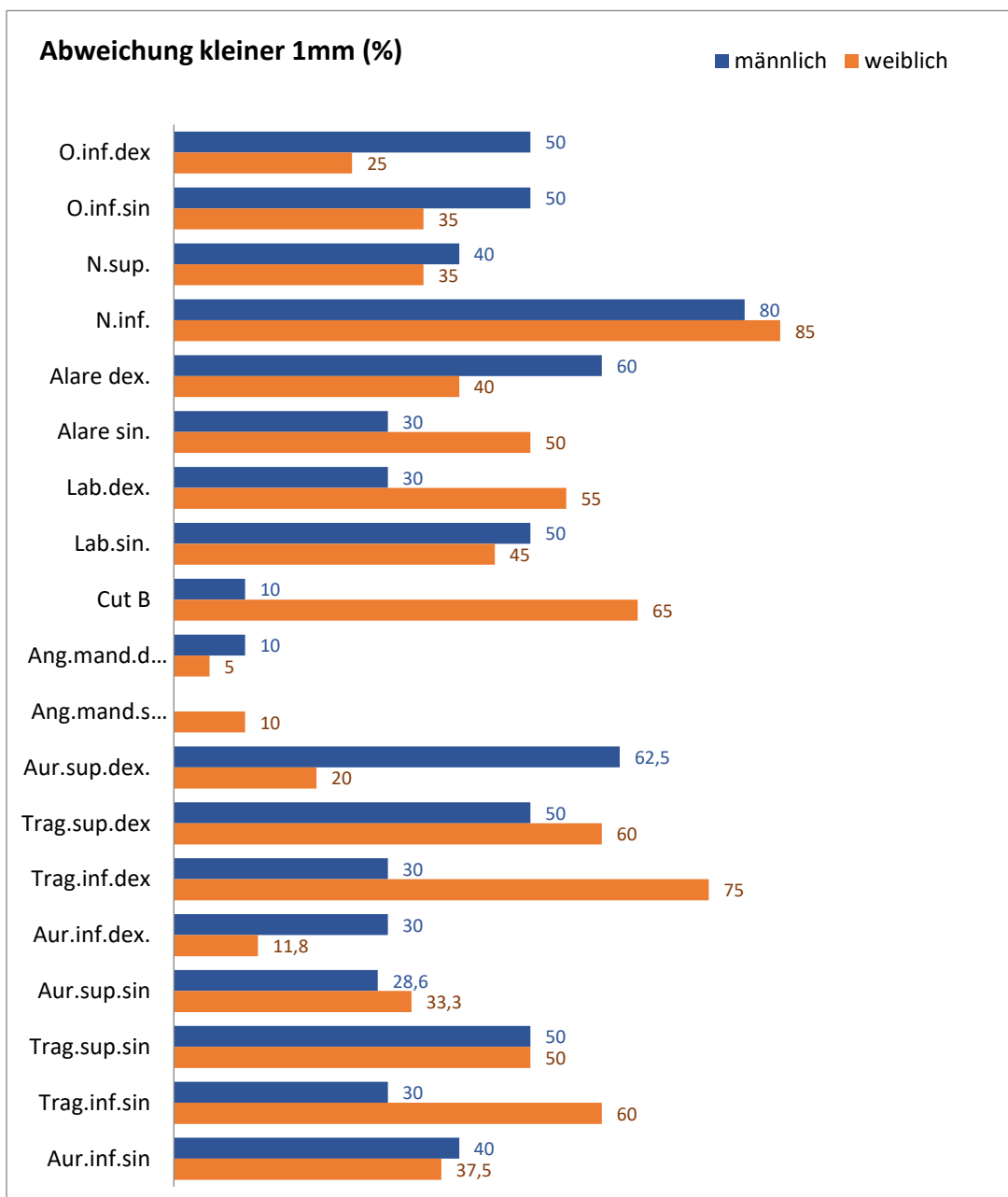


Tabelle 12: Abweichung < 1mm - geschlechterspezifisch

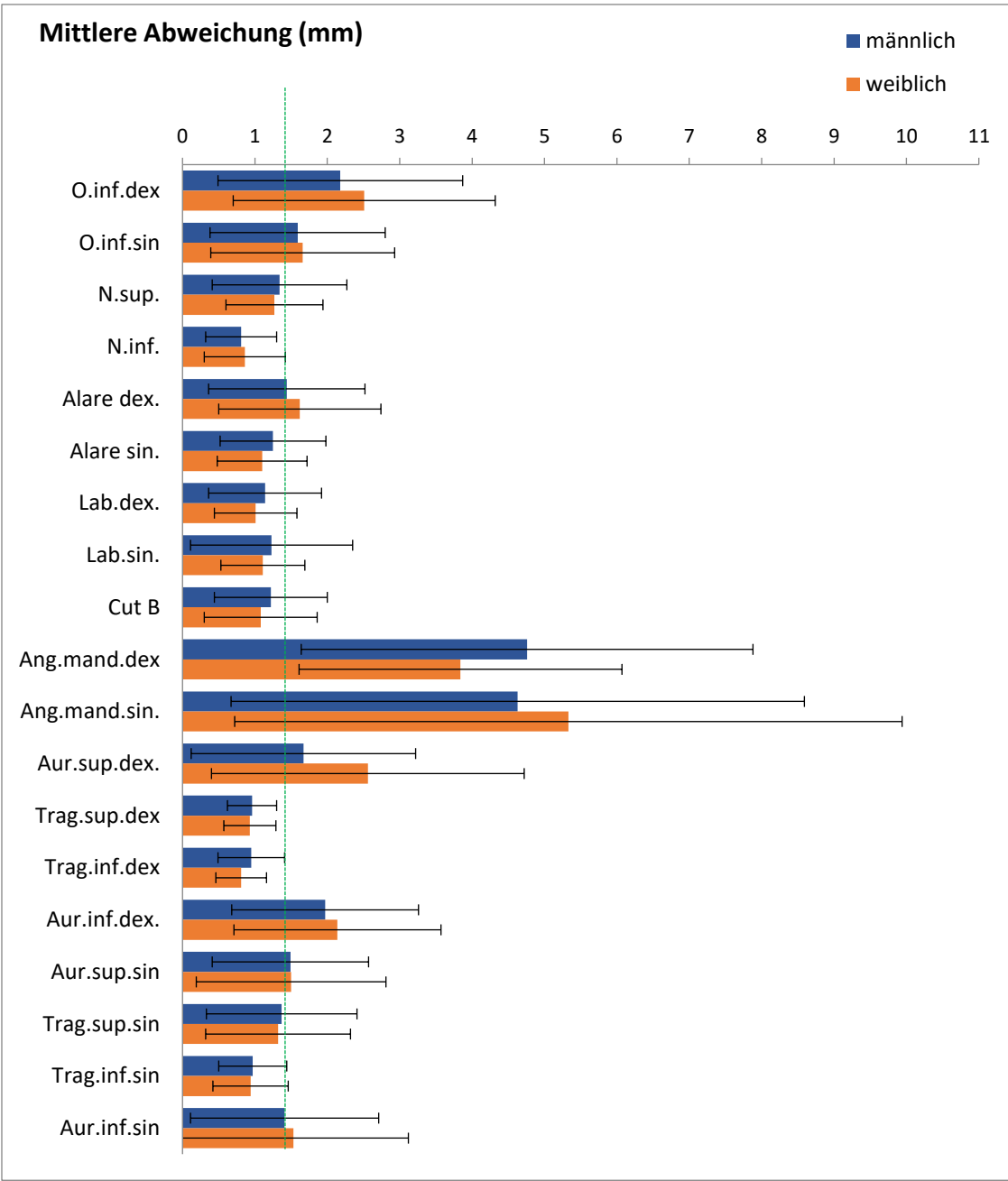


Tabelle 13: Mittlere Abweichung - geschlechterspezifisch

Punkt	männlich			weiblich		
	N	Anz. < 1mm	% < 1mm	N	Anz. < 1mm	% < 1mm
O.inf.dex	10	5	50	20	5	25
O.inf.sin	10	5	50	20	7	35
N.sup.	10	4	40	20	7	35
N.inf.	10	8	80	20	17	85
Alare dex.	10	6	60	20	8	40
Alare sin.	10	3	30	20	10	50
Lab.dex.	10	3	30	20	11	55
Lab.sin.	10	5	50	20	9	45
Cut B	10	1	10	20	13	65
Ang.mand.dex.	10	1	10	20	1	5
Ang.mand.sin.	10	0	0	20	2	10
Aur.sup.dex.	8	5	62,5	5	1	20
Trag.sup.dex.	10	5	50	20	12	60
Trag.inf.dex.	10	3	30	20	15	75
Aur.inf.dex.	10	3	30	17	2	11,8
Aur.sup.sin.	7	2	28,6	6	2	33,3
Trag.sup.sin.	10	5	50	20	10	50
Trag.inf.sin.	10	3	30	20	12	60
Aur.inf.sin.	10	4	40	16	6	37,5

Tabelle 14: Anzahl der Punkte mit Abstand von <1mm und prozentueller Anteil – geschlechterspezifisch

In Tabelle 14 wird veranschaulicht, auf wievielen Scans des jeweiligen Geschlechts die Punktmarkierungen erkennbar waren, wieviele davon und welcher prozentuelle Anteil der geschlechtsbezogenen Gesamtzahl eine Abweichung von <1mm aufzeigten. Die rot markierten Punkte (Aur.sup.dex., Aur.inf.dex., Aur.sup.sin., Aur.inf.sin.) waren nicht auf allen Scans erkennbar.

3.7 Reproduzierbarkeit der Weichteilpunkte

Durch die Messungen dieser Studie erwiesen sich 4 von 19 Punkten als hoch reproduzierbar. Diese waren: N.inf., Trag.sup.dex, Trag.inf.dex und Trag.inf.sin. (MW <1mm).

Acht Punkte (N.sup., Alare sin., Alare dex., Lab.sin., Lab.dex., Cut B, Trag.sup.sin. und Aur.inf.sin.) erwiesen sich als mäßig reproduzierbar (MW: <1,5mm).

Fünf der 19 Punkte (O.inf.dex., O.inf.sin., Aur.sup.sin., Aur.sup.dex. und Aur.inf.dex.) erwiesen sich mit einer mittelwertigen interexaminer Abweichung von ≥1,5mm als nicht ausreichend reproduzierbar.

Am schlechtesten waren die Ergebnisse für die beiden Kieferwinkelpunkte Ang.mand.sin. und Ang.mand.dex. mit mittelwertigen Abweichungen von > 4,5mm.

4. Diskussion

4.1 Interpretation der Ergebnisse

4.1.1 Erkennbarkeit der Punkte am Scan

Drei der 19 Punktmarkierungen (Aur.sup.dex., Aur.inf.dex. und Aur.inf.sin.) waren nicht auf jedem der Scans erkennbar. Obwohl darauf geachtet wurde, dass die Haare streng nach hinten und oben zu einem Zopf gebunden waren oder – bei kürzeren Haaren – hinter das Ohr geschoben wurden und somit der Punkt in vivo zu sehen war, waren die Aur.sup.dex. Markierungen häufig durch die Schattenbildung der Haare oder des Ohransatzes verdeckt. Die Punkte Aur.inf.dex. und sin. waren am Scan durch das Ohrläppchen oder durch den Schatten dessen verdeckt. Würde man auf diese Punkte in Zukunft nicht verzichten wollen, könnte man in Folgeuntersuchungen andere - zum Beispiel hellere - Farben für diese Punktmarkierungen wählen, die trotz Schattenbildungen leichter wiederzuerkennen sein könnten. Ein anderer Ansatz wäre auch wiederablösbare Pflaster, um dem Patienten das Abschminken der Punkte zu ersparen.

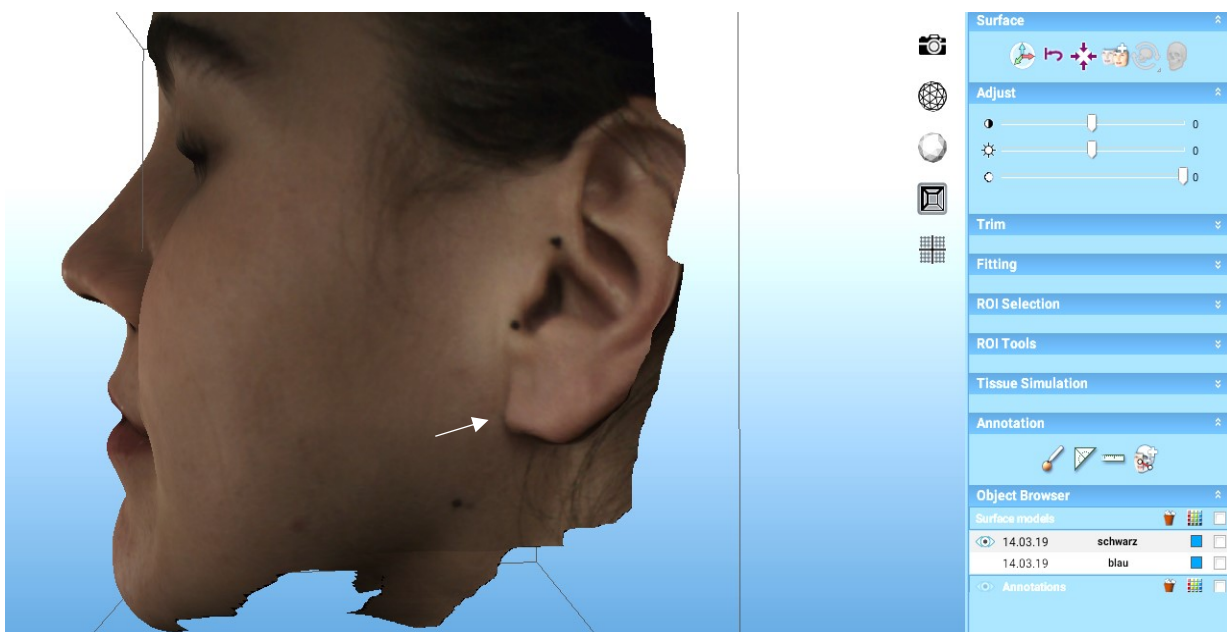


Abbildung 26: Punkte Aur sup.dex. und sin. nicht erkennbar (schwarz)



Abbildung 27: Punkt Aur.inf.sin. auf gleichem Gesicht mit blauen Markierungen jedoch erkennbar - Aur.sup.sin. durch Schattenwurf der Haare nicht erkennbar

4.1.2 Reproduzierbarkeit der Punkte

Die starken Abweichungen zwischen den Punktmarkierungen von Behandlerin A/Behandler A und Behandlerin B/Behandler B in der Region des Kieferwinkels lassen sich auf folgende mögliche Ursachen zurückführen: Die Haut über dem Kieferwinkel ist je nach Kopfhaltung unterschiedlich, d.h. man müsste die Position des Kopfes fixieren um den Punkt reproduzierbarer zu gestalten. Außerdem ist die Kontur der Mandibula zwar konvex, jedoch ist der Bogen sehr flach und das Ertasten des Top Points schwer. Hinzu kommt, dass die Schattenbildung stark abweichen kann, was die Punktfindung zusätzlich erschwert. Die maximalen Abweichungen 13,3mm (Ang.mand.dex.) und 16,6mm (Ang.mand.sin.) von Ang.mand.dex. und Ang.mand.sin. unterscheiden sich stark von den restlichen Punkten und unterstreichen ihre schlechte Reproduzierbarkeit.

Die vier Punkte N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin. erwiesen sich in dieser Studie als am besten reproduzierbar. Der Punkt N.inf. ist besonders einfach aufzufinden, da dieser in der Midsagittalen liegt und in einer spitz zulaufenden Grube zwischen Philtrum und Nase liegt. Die Tragus Punkte Trag.sup.dex, Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin. waren auch leicht zu markieren, da die Incisura intertragica und die Incisura anterior auris einem Bogen mit kleinem Radius ähneln, wodurch sich die Fehlerquelle verkleinert. Dass der Punkt Trag.sup.sin. nicht wie sein Gegenpart Trag.sup.dex. eine mittlere Abweichung von <1mm aufwies kann daran

liegen, dass in 8 von 30 Fällen das linke Ohr schlecht zu überlagern war und daher sogar in 5 Fällen noch einmal extra überlagert werden musste um nicht den Matching Fehler als Fehler in der Punktfindung zu messen. Interessant ist, dass das rechte Ohr besser abgebildet wurde. Dies könnte zum Beispiel an der Umdrehung der Scankörpers um den Kopf des Probanden liegen. Dieser beginnt an der linken Seite des Patienten und rotiert anschließend über die Vorderseite des Gesichtes nach rechts. Vielleicht kann der Scan zu Beginn der Aufnahme schwierige Strukturen schlechter erfassen oder dem Phänomen liegt ein Kalibrierungsfehler zugrunde.

Die mäßig reproduzierbaren Punkte waren N.sup., Alare sin., Alare dex., Lab.sin., Lab dex., Cut B, Trag.sup.sin. und Aur.inf.sin.. Die Fehlerquelle bei der Findung von N.sup. könnte wieder auf die flache Kontur der Nasenwurzel zurückzuführen sein, wodurch die Auffindung eines eindeutigen Base Points erschwert ist. Bei den Punkten Alare sin. und dex. ist die Insertion der Nasenflügel nicht immer eindeutig erkennbar. Die Punkte Lab.sin. und dex. sind an sich leicht zu finden, da der Mundwinkel eine spitz zulaufende Struktur ist. Die mittlere Abweichung <1,5mm lässt sich auf das Matching zurückführen. Die Mundwinkelpunkte wurden von Behandlerin A/Behandler A und Behandlerin B/Behandler B vor dem Scan auf der Haut der Probanden markiert. Danach wurden die Scans erstellt und übereinandergelegt. Obwohl die Probandinnen/die Probanden darauf hingewiesen wurden, die mimische Muskulatur zu entspannen und die Lippen locker zu schließen, konnte beim Überlagerungsvorgang beobachtet werden, dass die Gesichtsausdrücke zwischen den Aufnahmen bei einigen Probandinnen/einigen Probanden variieren und dadurch das Matching erschwert war. Die Strukturen, die zum matchen verwendet wurden, waren meist die Augen, Nase und der Mund. Waren die Mundwinkel durch Änderung des Gesichtsausdruckes jedoch zwischen den verschiedenen Aufnahmen in unterschiedlichen Höhen wurden nur die Augen und die Nase zum matchen verwendet. Dadurch wichen die Mundwinkel in der gematchten Ansicht auseinander und somit auch die Markierungen von Lab.dex. und Lab.sin.. Dabei konnte auch beobachtet werden, wie sich die Breite der Nasenflügel verändert, wenn eine Probandin/ein Proband lächelt.

Auch Aynechi et al. berichten von diesem Problem. Hier wurden die Weichteilpunkte auch vor der 3D - Aufnahme markiert und die Probandinnen/Probanden darauf hingewiesen, einen neutralen Gesichtsausdruck beizubehalten. Die Autorinnen/die Autoren vermuten, dass

Veränderungen der mimischen Muskulatur zu Veränderungen der Position einiger Orientierungspunkte während der Bildaufnahme mit 3Dmd geführt haben.

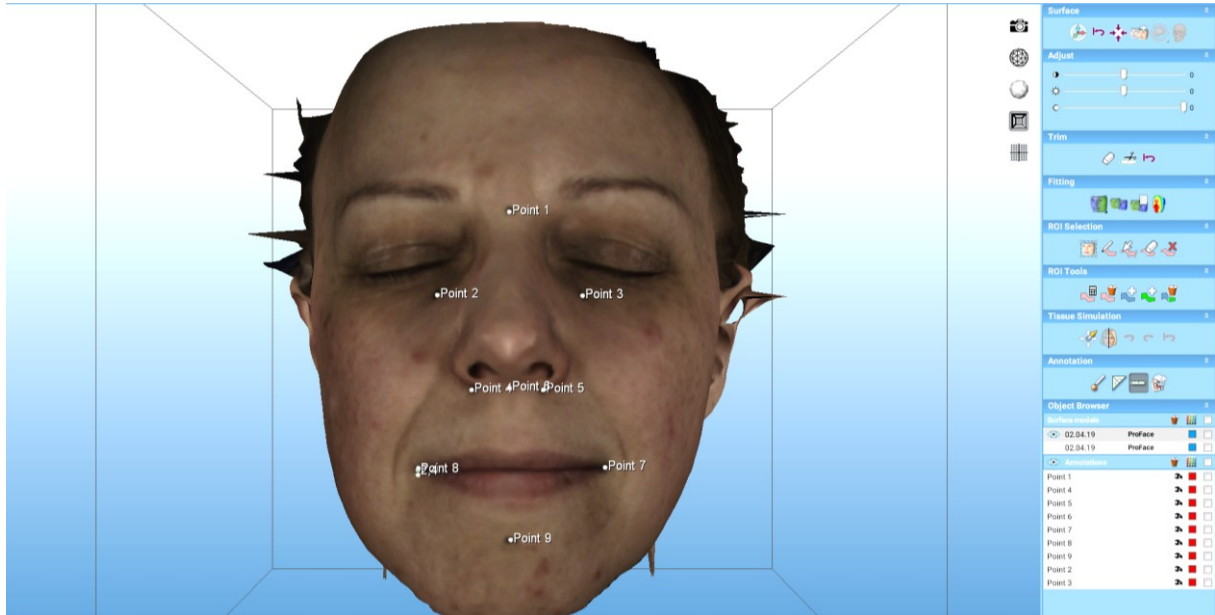


Abbildung 28: lächelnde Lippenhaltung (schwarz)

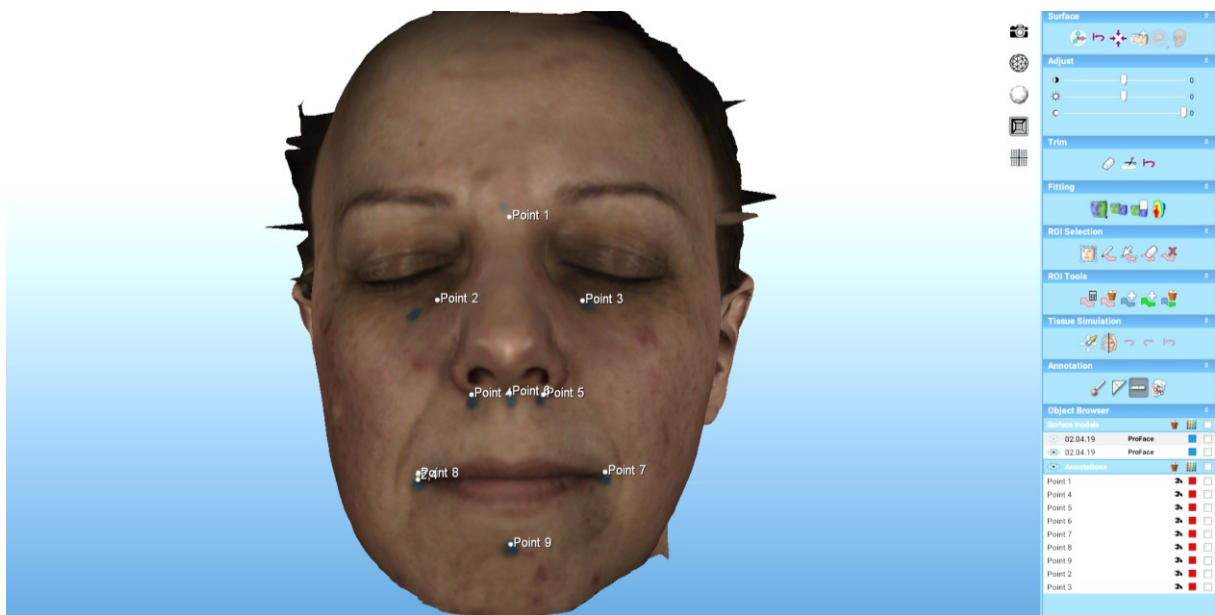


Abbildung 29: entspannte Lippenhaltung (blau)

Der Punkt Cut B ist leicht zu finden, da er in der Midsagittalen liegt und in einem Tiefpunkt einer konkaven Struktur an der ventralen Kontur Mandibula liegt. Dass sich der Punkt Aur.inf.sin. als besser reproduzierbar als sein Gegenpart Aur.inf.dex. erwiesen hat, ist am ehesten auf ein Software Problem des Matching Tools zurückzuführen.

Die fünf Punkte O.inf.dex, O.inf.sin., Aur.sup.sin., Aur.sup.dex. und Aur.inf.dex. wiesen eine mittlere Abweichung von $>1,5\text{mm}$ auf. Die Punkte O.inf.dex und sin. beruhen zwar auf einer knöchernen Unterlage, jedoch ist die Haut unter den Augen sehr dünn und leicht verschieblich, d.h. sie kann auch schon mit dem Ansetzen des Stiftes beziehungsweise der Hand verzogen werden. So kann das Foramen infraorbitale zwar richtig ertastet, jedoch bei der Punktsetzung versetzt gezeichnet worden sein, denn man hat durch den Stift kein taktilen Gefühl. Möchte man diesen Punkt in eine Diagnostik einbeziehen, würde es sich empfehlen, nach Trocknung der Farbe noch einmal palpatorisch nachzukontrollieren, ob der Punkt tatsächlich direkt über dem Foramen gesetzt wurde. Die oberen Ohrenpunkte Aur.sup.dex. und sin. sind aus folgenden Gründen schwer reproduzierbar. Abhängig von dem Winkel, in dem man das Ohr betrachtet, verschiebt sich der Insertionspunkt der Ohrmuschel optisch und die Schattenbildung wird eine andere. Es gibt hier auch keinen farblichen Unterschied, der die Auffindung des Punktes leichter gestalten würde.

Allgemein kann festgehalten werden, dass der Scanner das Ohr schlecht abbildet. Dies lässt sich auf die stark gewölbte Form der Ohren zurückführen, die für die Abtastung durch strukturiertes Licht schwierig ist. Auf einigen Scans waren die Ohren teils oder gar nicht abgebildet. Daraufhin musste der Scanvorgang wiederholt werden, bis alle erwünschten Strukturen auf der Abbildung zu erkennen waren. Auch mussten für einige Messungen die Ohren jeweils noch einmal einzeln überlagert werden.

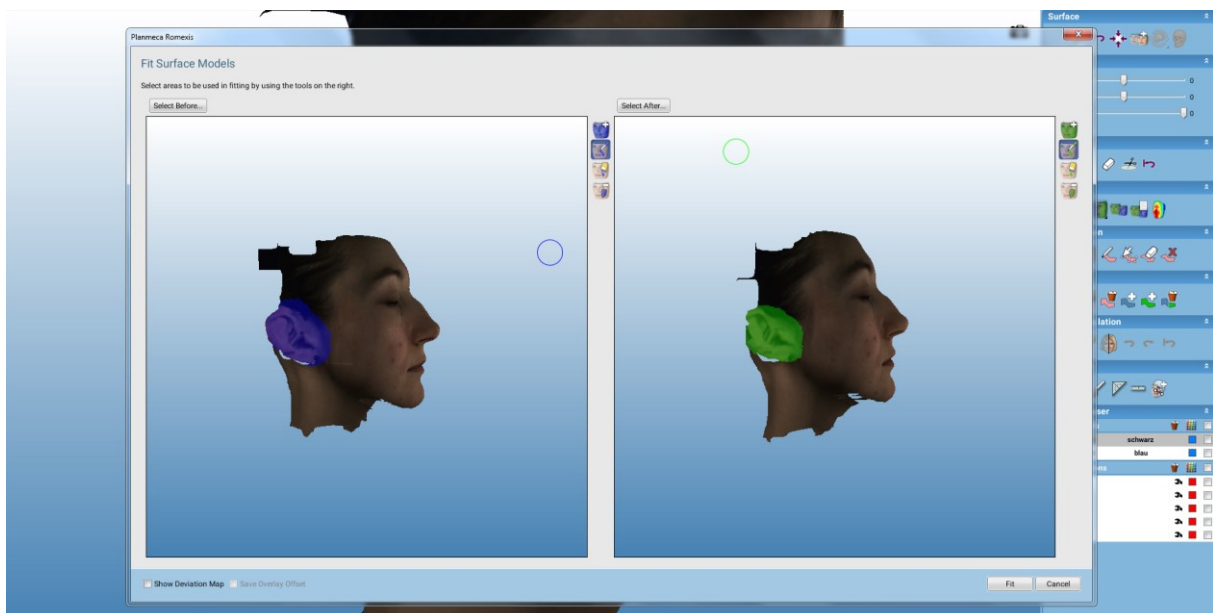


Abbildung 30: Überlagerung eines einzelnen Ohres - Die Ringe im Bild stellen die Position der Maus dar und haben keine Relevanz

Ein Proband musste nachträglich aus der Studie ausgeschlossen werden, da durch den starken Bartwuchs der Scanner nicht in der Lage war das Untergesicht abzubilden. Eine mögliche Ursache dafür könnte die starke und vielfach variierende Reflexion des Lichtes an der Haarstruktur sein. Somit wurden diese Scans verworfen und stattdessen ein weiterer Proband zur Studie hinzugezogen.



Abbildung 31: Mangelnde Abbildung des Untergesichts durch dichten Bart

4.2 Fehlerquellen

In der vorliegenden Studie bestehen vier potentielle Fehlerquellen:

1. Fehlerquelle beim Zeichnen (bedingt durch den Untersucher) → Ein Unterschied zwischen zwei von verschiedenen Behandlerinnen/Behandlern gezeichneten Punkten können wie folgt interpretiert werden:
 - Behandlerin A/Behandler hat richtig gezeichnet, Behandlerin B/Behandler B hat falsch gezeichnet.
 - Behandlerin B/Behandler B hat richtig gezeichnet, Behandlerin A/Behandler A hat falsch gezeichnet.
 - Behandlerin A/Behandler A und Behandlerin B/Behandler B haben falsch gezeichnet.
(Hätten beiden Behandlerinnen/Behandler richtig gezeichnet, gäbe es keinen Abstand.)

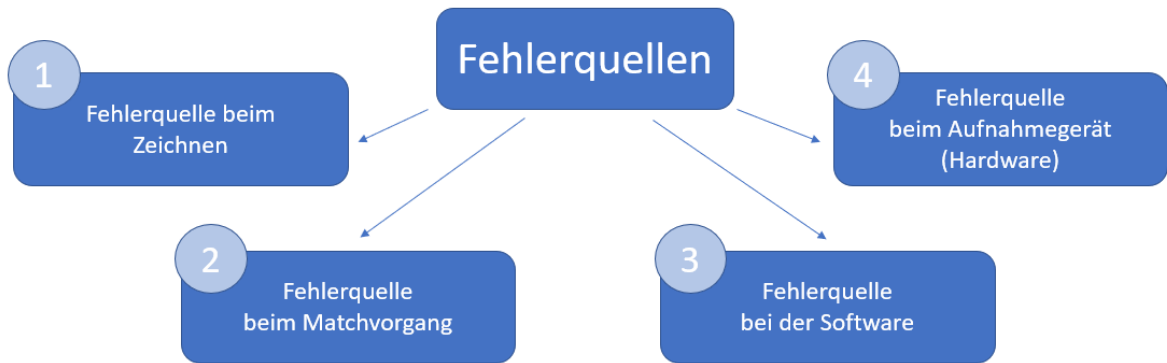


Abbildung 32: Mögliche Fehlerquellen

Falsches Zeichnen kann entweder durch zu ungenaue Definition des Punktes, richtige Definition aber unzureichendes Erkennungsvermögen seitens der Untersucherin/des Untersuchers, oder ungünstige anatomische Gegebenheiten bedingt sein.

2. Fehlerquelle beim Matchvorgang → Im Rahmen des Matchvorganges kam es zu Schwierigkeiten beim Angleichen der zwei Layer. Dies wurde in erster Linie darauf zurückgeführt, dass durch minimale Abweichungen der Mimik die Layer nicht mehr kompatibel waren. In diesem Fall war es notwendig, einzelne anatomische Areale separat zu überlagern. Im schlimmsten Fall musste der Scanvorgang zur Gänze wiederholt werden.
3. Fehlerquelle bei der Software → Wie bei allen computerprogrammierten Systemen könnte es sein, dass Probleme aufgrund der Software auftreten.
4. Fehlerquelle beim Aufnahmegerät → In der vorliegenden Studie wurde auf einigen Aufnahmen Doppelkonturen in der Gesichtsmitte festgestellt. Um dem auf den Grund zu gehen, wurde eine Puppenkopf mit einem Netz überzogen und anschließend gescannt. Auf diesem Scan war eine Häufung von Artefakten in der Midsagittalen zu erkennen. Des Weiteren zeigte sich diese Schwäche in der Mitte des Scanfeldes am Auftreten von Doppelpunkten, die in Wirklichkeit nur als Einzelpunkt im Gesicht der Probandin/des Probanden vorhanden waren (Siehe Abbildung 37). Für die Messung wurde nur der Punkt herangezogen, der der tatsächlichen Markierung entsprach.

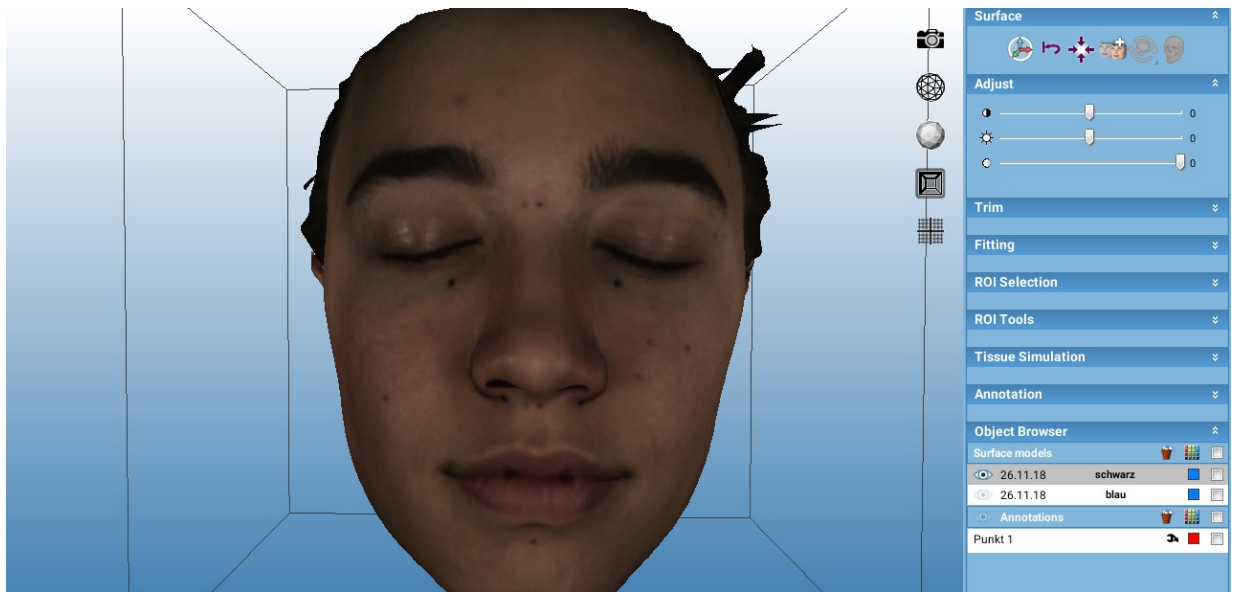


Abbildung 33: Auftreten von Doppelpunkten in der Gesichtsmitte (N.sup. und N.inf.) - der kräftigere Punkt entspricht dem tatsächlich gezeichneten Punkt, der Schwächere stellt ein Artefakt dar

4.3 Vergleich mit der Literatur

In der Weltliteratur findet man einige Studien, die sich auch mit der Reproduzierbarkeit von Weichteilpunkten beschäftigt haben (Aldridge et al., 2005b; Aynechi et al., 2011; Fink et al., 2014; Gwilliam et al., 2006; Hajeer et al., 2002; de Menezes et al., 2010; Othman et al., 2013; Plooij et al., 2009; Toma A et al., 2009). Jedoch sind diese Publikationen aufgrund der verschiedenen dreidimensionalen Messmethoden und gewählten Punkte schwer miteinander vergleichbar. Manche verwendeten das 3dMD System (Aldridge et al., 2005b; Aynechi et al., 2011; Gwilliam et al., 2006; Plooij et al., 2009) andere das Prinzip der Stereophotogrammetrie mit Vectra 3D (Othman et al., 2013; Menéndez et al., 2010; Toma et al., 2009), eine andere Studie C3D, welches dem 3dMD System ähnelt (Hajeer et al., 2002) und eine andere verwendete die Streifenlichtprojektion (Fink et al., 2014). Die Anzahl der gescannten Probandinnen/Probanden variiert auch stark: Gwilliam et al. zogen 6 Personen, Aynechi et al., Menéndez et al. und Hajeer et al. 10 Personen, Aldridge et al. 15 Personen, Plooij et al. 20 Personen, Othman et al. und Toma et al. 30 Personen und Fink et al. 32 Personen heran. Fink et al. markierten 10 Punkte, Aldridge et al. 20 Punkte, Toma et al. 21 Punkte, Gwilliam et al. und Othman et al. 24 Punkte, Aynechi et al. 28 Punkte, Hajeer et al. 30 Punkte, Plooij et al. 49 Punkte und De Menezes et al. 50 Punkte pro Gesicht.

Die Studien lassen sich grob in *Intraexaminer* und *Interexaminer* Studien einteilen, das heißt in den Studien von Hajeer et al., Aynechi et al., Fink et al., Gwilliam et al., Aldridge et al., Othman et al., Plooij et al. und Toma et al. wurden die räumlichen Abweichungen von Weichteilpunkten innerhalb der Markierungen einer Behandlerin/eines Behandlers dokumentiert. In den Studien von de Menezes et al., Fink et al., Gwilliam et al., Plooij et al. und Toma et al. wurden die Differenzen der Punktsetzungen zwischen 2 Behandlerinnen/Behandlern (Menéndez et al., 2010; Plooij et al., 2009; Toma et al., 2009), 3 Behndlern (Fink et al., 2014) und 30 Behandlerinnen/Behandlern (Gwilliam et al., 2006) gemessen.

Die Vergleichsstudien unterscheiden sich weiters in der Definition der sehr gut reproduzierbaren, gut reproduzierbaren, mäßig und schlecht reproduzierbaren Punkte. In den Studien von Hajeer et al. Gwilliam et al. und Toma et al. wurden Punkte mit einer Standardabweichung $<0,5\text{mm}$ als hoch reproduzierbar gewertet. Bei Hajeer et al. waren 25 von 30 Punkten laut dieser Auswertung von *einer Behandlerin/einem Behandler* markiert (intraexaminer) hoch reproduzierbar. Die Studie von Gwilliam et al. war zweigeteilt: einmal wurden die Abweichungen innerhalb der Punktsetzungen *einer Behandlerin/eines Behandlers* gemessen und einmal die Abweichung der gesetzten Punkte von *dreißig Behandlerinnen/Behandlern*. „Intraexaminer“ lagen 4 von 24 Punkten (Cheilion l/r, Labrale superius, Exocanthion l) und „Interexaminer“ lag kein einziger Punkt unter einer Standardabweichung von $0,5\text{mm}$. Auch in der Studie von Toma et al. wurde die Intraexaminer Reliability sowie die Interexaminer Reliability geprüft. Einer aus 21 Punkten (Labiale superius) war jeweils intraexaminer und interexaminer hoch reproduzierbar ($<0,5\text{mm}$). 9 von 21 Punkten (Crista Philtri (Cph), Labiale Inferius (Li), Subnasale (Sn), Pronasale (Prn), Cheilion (Ch), Palpebrale Inferius (Pi)) waren intraexaminer und interexaminer unter 1mm Standardabweichung. 8 der 21 Weichteilpunkte lagen bei einer Standardabweichung über 1mm (Alare r/l (Al), Nasion (N), Glabella (G), Exocanthion r/l (Ex), Palpebrale superius r/l (Ps)). Nur bei 2 Punkten (Endocanthion r/l (En), Pogonion (Pg)) ließ sich ein Unterschied zwischen den Auswertungen der intra- und interexaminer reliability erkennen. Diese lagen jeweils intraexaminer $<1\text{mm}$ und interexaminer $>1\text{mm}$. In der Studie von Fink et al. werden mit diesem Grenzwert nur 2 von 10 (Subnasale, Porion) Punkten als hoch reproduzierbar gestuft. Hier wurden die Markierungen von *drei Behandlerinnen/Behandlern* verglichen.

Unter diesen Kriterien (Abweichung $<0,5\text{mm}$) können in der vorliegenden Studie nur 4 von 20 Punkten (N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin.) als hoch reproduzierbar gewertet werden. Es ist anzunehmen, dass die Abweichungen der Punkte steigen, je mehr verschiedene Behandlerinnen/Behandler die Markierungen setzen. Auch in der Studie von Toma et al. kam man zu diesem Schluss.

Wendet man diese Definition der reproduzierbaren Punkte auf die Studie von Aldridge et al. an, wären 7 von 20 Punkten – gesetzt von *einer Behandlerin/einem Behandler* - hoch reproduzierbar (Subnasale, Endocanthion r/l, Exocanthion r, Chelion r/l, Otobasion inferius l).

Aldridge et al. setzen in ihrer Studie die Grenze für sehr reproduzierbare Punkte bei einer Standardabweichung $<1\text{mm}$, gut reproduzierbare Punkte bei einer Standardabweichung zwischen 1 und 2 mm und alle Punkte bei einer Standardabweichung $>2\text{mm}$ als schlecht reproduzierbar. So wurden 14 von 20 Punkten als hoch reproduzierbar, 3 von 20 Punkten (Nasion, Tragion r/l) als gut reproduzierbar und 2 von 20 Punkten (Glabella, Gonion) als schlecht reproduzierbar eingestuft.

Dies würde für die vorliegende Studie bedeuten, dass sich 8 Punkte als hoch reproduzierbar, 8 Punkte als gut reproduzierbar und nur 2 Punkte (Ang.mand.dex, Ang.mand.sin.) als schlecht reproduzierbar erwiesen hätten. Geht man wie bei der vorliegenden Studie davon aus, dass Punkte mit einer Standardabweichung von $<1\text{mm}$ als gut reproduzierbar gewertet werden, stößt man bei den Vergleichsstudien auf folgende Ergebnisse: Bei Gwilliam et al. erwiesen sich 12 von 24 Punkten *von der gleichen Behandlerin/vom gleichen Behandler* gezeichnet als gut reproduzierbar ($<1\text{mm}$), jedoch zwischen den Markierungen der 30 *Behandlerinnen/Behandler* nur 2 von 24 Punkten. In der Studie von Fink et al. lagen 9 von 10 Punkten unter einer Standardabweichung von 1mm. Bei der vorliegenden Studie liegen 8 von 19 Punkten unter einer mittleren Abweichung von 1mm.

Beim Vergleich unserer Studie mit der Literatur kann noch zusätzlich festgehalten werden, dass diese, um die Genauigkeit der Punkte zu eruieren, mit der Standardabweichung von x-, y-, z- Koordinaten gerechnet haben, wohingegen in der vorliegenden Studie die mittlere Abweichung in mm zur Bestimmung der Genauigkeit verwendet wurde um die Übereinstimmung der Punkteposition zu erörtern.

Einige Punkte dieser Studie sind ident mit den in den Vergleichsstudien verwendeten Punkte:

Nasale superius = Nasion

Nasale sup.: dorsalster midsagittaler Punkt an der Nasenwurzel (palpatorisch erörtert)

Nasion (N): der midsagittale Punkt auf der Nasenwurzel als auch der Sutura nasofrontalis immer oberhalb der Linie, die die beiden Augeninnenwinkel verbindet, identisch mit dem knöchernen Nasion

Nasale inferius = Subnasale

Nasale inf.: Schnittpunkt von Columella mit dem Philtrum in der Midsagittalen gelegen // in der tiefsten Einziehung und midsagittal gelegener Punkt an der Insertion der Nase in das Philtrum

Subnasale (Sn): der Mittelpunkt der Einziehung/des Winkels an der Basis der Columella, an der Nasenscheidewand und Oberlippe aufeinander treffen, nicht ident mit dem knöchernen A- Punkt (ANS) oder der Spina nasalis anterior

Labiale dexter/sinister = Cheilion r/l

Labiale. dex./sin.: Punkt an der Comissura labiorum (Übergang der Oberlippe in die Unterlippe am Mundwinkel)

Cheilion (CH): Punkt jeweils an der Comissura labiorum links und rechts

Angulus mandibulae dexter/sinister = Gonion r/l

Angulus mand. dex./sin.: Hautpunkt über Angulus mandibulae

Gonion (Go): der am weitesten lateral gelegene Punkt des Unterkieferwinkels in der Nähe des knöchernen Gonions

Tragus superius dexter/sinister = Tragion

Tragus sup. dex./sin.: Punkt am Top Point der Incisura anterior auris

Tragion (Tr): die Kerbe/Einziehung am oberen Rand des Tragus

Tragus inferius dexter/sinister = Subtragion

Tragus inf. dex./sin.: Punkt am Top Point der Incisura intertragica

Subtragion (Sbtr): der am weitesten anterior und inferior gelegene Punkt am vorderen unteren Rand des Helixansatzes im Gesicht, direkt oberhalb des Ohrläppchens

Auriculare inferius dexter/sinister = Otobasion inferius

Auriculare inf. dex./sin.: Insertionspunkt des Lobulus auriculae in die Gesichtshaut

Otobasion inferius: Der unterste Punkt am Ohrläppchen, der sich am Ansatz des Ohrläppchens zum Gesicht befindet

Die schlechte Reproduzierbarkeit (mittlere Abweichungen von >4,5mm) der Punkte Ang.mand.dex. und sin. deckt sich mit der Aussage der Vergleichsstudien. Bei den Untersuchungen von Hajeer et al., Aldridge et al., Gwilliam et al. und Plooij et al. erwies sich der Punkt **Ang.mand.dex./sin. (Gonion r/l)** als nicht reproduzierbar. Bei Hajeer, Aldridge und Gwilliam war dieser der am schlechtesten zu reproduzierende Punkt. Aldridge et al. vermuteten die schlechte Reproduzierbarkeit aufgrund der großen anatomischen Variabilität des Kieferwinkels und der unterschiedlichen Weichgewebskonfiguration darüber. Außerdem stellt auch der unterschiedliche Schattenwurf eine große Schwierigkeit in der präzisen Punktsetzung dar (Aldridge et al., 2005). Gwilliam et al. schließt durch den schlechten Farbkontrast an dieser Stelle und den unterschiedlichen Schattenwurf auf das schlechte Ergebnis dieses Punktes. Zusammenfassend kann man also über die Punkte Ang.mand.dex. und sin. (Gonion r/l) sagen, dass sie sich nicht für den Gebrauch in einer klinischen Diagnostik eignen. In Folgestudien wäre es wichtig, eine Alternative für eine Punktdefinition in dieser Regio zu finden.

Der Punkt **N.sup. (Nasion)** wurde von Fink et al, Hajeer et al., Aynechi et al., de Menezes et al., Aldridge et al., Gwilliam et al., Othman et al. und Toma et al. verwendet. In den Untersuchungen von Fink et al. lag die Standardabweichung inter- und intraobserver unter 1mm und wurde somit klinisch attestiert. Auch in der Studie von Hajeer et al. erwies sich dieser Punkt als ausreichend reproduzierbar (Standardabweichung <1mm). Bei Aldridge et al. waren 14 von 20 Punkten gut reproduzierbar (Standardabweichung <1mm), jedoch lagen die Ergebnisse für Nasion zwischen 1 und 2 mm SD (zusammen mit Tragion r und l). Auch bei Gwilliam et al. waren die Ergebnisse für den Punkt Nasion inter- und intraexaminer relativ schlecht im Vergleich zu den restlichen Punkten (vor allem auf der y- Achse). Diese Aussage wird von Plooij et al. bestätigt – auch hier wurde eine schlechte Reproduzierbarkeit dieses Punktes beobachtet (vor allem auf der y- Achse). Sie vermuten die Schwierigkeit diesen Punkt

zu setzen liegt daran, dass nicht immer die NHP Natural Head Position eingehalten wurde. Bei Othman et al. war der Punkt Nasion der am besten zu reproduzierende Punkt. In der vorliegenden Studie lag der Punkt N.inf unter den mäßig reproduzierbaren Punkten mit einer mittleren Abweichung von <1,5mm. Die Aussagen in den verschiedenen Studien über N.sup. (Nasion) unterscheiden sich also sehr.

Der Punkt N.inf. (Subnasale) erwies sich in der vorliegenden Studie (<0,5mm) sowie in den Vergleichsstudien als sehr gut reproduzierbar. Er wurde von Fink et al., Hajeer et al., Aynechi et al., Menéndez et al., Aldridge et al., Gwilliam et al., Othman et al. und Plooij et al. verwendet. In der vorliegenden Studie präsentierte er sich mit einer mittleren Abweichung <0,5 mm als am besten reproduzierbar. Auch in den Studien von Fink et al. und Hajeer et al. war er unter den am besten zu reproduzierenden Punkten. Bei Gwilliam et al. lag der Punkt *intraexaminer* <1mm Standardabweichung. In der Studie von Othman et al. lag der Punkt Subnasale auch unter den besten 8 von 24 untersuchten Punkten. Plooij et al. berichtet von einer allgemein besseren Reproduzierbarkeit der midsagittal gelegenen Punkte. In der Studie von Toma et al. lag der Punkt unter den gut reproduzierbaren Punkten (<1mm interexaminer und intraexaminer reliability). Der Punkt N.inf. beziehungsweise Subnasale erwies sich also in allen Vergleichsstudien als sehr gut reproduzierbare Markierung. Es ist anzunehmen, dass dies an der klaren anatomischen Struktur liegt, wo er gesetzt wird. Er liegt in der Mitte des Philtrums und in der Einziehung zwischen Nasensteg und Oberlippe. Daher lässt er sich von verschiedenen Behandlerinnen/Behandlern leicht an dieselbe Stelle setzen und erweist sich als klinisch verwendbar.

Die Punkte Lab.dex. und Lab.sin. (Chelion r/l) waren auch in den Vergleichsstudien Hajeer et al., Aynechi et al., de Menezes et al., Aldridge et al. Gwilliam et al. Othman et al. und Plooij et al. vertreten. In der Studie von Gwilliam et al. erwiesen sich diese Markierungen intraexaminer als sehr gut reproduzierbar (SD <0,5mm). Auch bei Othman et al. lagen diese Punkte mit einem ICC von 0,80-0,90 unter 14 von 24 gut reproduzierbaren. Während den Untersuchungen von Plooij et al. erwiesen sich Chelion r/l zusammen mit Endocanthion r/l, Exocanthion r/l und Christa philtri als leicht zu reproduzieren. In der Studie von Toma et al. lagen die Lippenpunkte mit einer Standardabweichung inter- und intraexaminer <1 mm unter den gut zu reproduzierenden Weichteilpunkten. In der vorliegenden Studie lagen Lab. dex. und sin. mit einer mittleren Abweichung <1,5mm unter den mäßig reproduzierbaren Punkten. In den

Studien von de Menezes (mit Ausnahme von den Punkten Inferior und Superior Point of the Nostril Axis (Itn and Stn), Exocanthion (Ex), Endocanthion (En), Stomion (Sto) und Cheilion (Ch)) und Aynechi (mit Ausnahme der Punkte Endocanthion (En), Exocanthion (Ex) und Stomion (Sto)) wurden auch die Weichteilpunkte vorhergehend mit einem schwarzen Eyeliner bzw. mit einem chirurgischen Hautstift markiert. Jedoch nicht die Mundwinkel. Dass die Punkte Lab. dex. und sin. bei den Vergleichsstudien bessere Ergebnisse erzielt haben als in der vorliegenden Studie, könnte daran liegen dass in den Vergleichsstudien keine vorhergehenden Markierungen gemacht wurden und die Punkte von den verschiedenen Behandlerinnen/Behandlern an derselben dreidimensionalen Aufnahme gekennzeichnet wurden. Das heißt, die potenzielle Fehlerquelle – mimische Gesichtsveränderungen zwischen den verschiedenen Aufnahmen – fällt weg.

Trag.inf.dex. und **sin. (Subtragion)** erwiesen sich in der vorliegenden Studie mit einer mittleren Abweichung von <1mm als gut reproduzierbar. Auch in der Studie von Hajeer et al. wurden diese mit einer Standardabweichung von <0,5mm zu den am besten reproduzierbaren Punkten (zusammen mit Ac r/l und Sn) gezählt. Dieses Punktepaar hat sich also als ausreichend reproduzierbar erwiesen und könnte für eine neue Diagnostikmethode verwendet werden.

Die Punkte **Trag.sup.dex.** und **sin. (Tragion r/l)** erlangten in der vorliegenden Studie einen unterschiedlichen Rang. Trag.sup.dex. war mit einem Mittelwert <1mm gut reproduzierbar und Trag.sup.sin. (MW <1,5mm) mäßig reproduzierbar. Auch in den Studien von Hajeer et al. Aynechi et al., de Menezes et al., Aldridge et al., Gwilliam et al. und Plooij et al. wurden diese Punkte untersucht. Bei Hajeer et al. erwiesen sich diese Punkte mit einer Standardabweichung >0,5mm als schlecht/nicht reproduzierbar und lagen nach Gonion r/l somit an der zweitschlechtesten Stelle. Bei Aldridge et al. lagen diese Punkte zusammen mit N.sup. (Nasion) unter den 3 von 20 Punkten mit einer Ungenauigkeit von 1-2mm, die hier aber noch als `präzise Punkte` gewertet werden. Bei Gwilliam et al. waren diese Punkte nicht ausreichend reproduzierbar, da in deren Auswertung Punkte mit einer Standardabweichung >1mm als unzureichend reproduzierbar gewertet wurden. Und bei Plooij et al. wurden diese Punkte zu den schlechtesten gezählt. Prinzipiell berichtet Plooij et al. von einer schlechteren Reproduzierbarkeit von Punkten an Ohren und Nase. Die Ergebnisse der Vergleichsstudien decken sich also in Bezug auf die unzureichende Reproduzierbarkeit von Trag.sup.dex. und sin. (Tragion).

Die Punkte *Aur.inf.dex.* und *sin. (Otobasion r/l)* wurden auch von Hajeer et al. und Aldridge et al. untersucht (jeweils *intraobserver*). In der Studie von Hajeer et al. war dieses Punktepaar unter den 4 schlechtesten Punktepaaren der gesamten Studie (von insgesamt 30 Punkten). Auch Aldridge et al. vertreten die Meinung, dass Punkte am Ohr wie *Tragion* und *Otobasion inferius* schwer wiederholbar zu markieren sind, da die Strukturen an dieser Stelle oft unterschiedliche Schatten werfen. Auch in der vorliegenden Studie waren diese Punkte unter den mäßig (*Aur.inf.sin.*) und nicht ausreichend (*Aur.inf.dex.*) reproduzierbaren Markierungen (*interobserver*). Die Aussagen der verschiedenen Untersucherinnen/Untersucher decken sich also für dieses Punktepaar.

Prinzipiell lässt sich sagen, dass in allen Studien die Punkte, die an klar begrenzten Stellen mit Farbunterschieden liegen, am leichtesten wieder an den gleichen Ort zu setzen sind. Die besten Punkte bei Fink et al. waren *Subnasale (N.sup.)* und *Porion r/l*. Einer liegt also in der Gesichtsmitte und der andere ist ein bilateraler Punkt. Die besten Punkte in der Studie von Hajeer et al. waren *Subtragion r/l*, *Alar curvature r/l* und *Subnasale*, wobei davon nur der Punkt *Subnasale* in der Midsagittalen liegt. Aynechi et al. werteten sogar 14 von 20 Punkten als sehr gut reproduzierbar – davon 4 in der Midsagittalen und fünf davon Bilateral gelegen. In der Studie von Gwilliam et al. waren die Punkte mit den besten Reproduzierbarkeitswerten *Cheilion r/l*, *Labrale Superius r/l* und *Exocanthion l*. Diese liegen alle nicht in der Midsagittalen; jedoch an spitz zulaufenden Stellen. Bei Othman et al. waren die am besten zu reproduzierenden Punkte *Nasion*, *Pronasale*, *Subnasale*, *Alare l*, *Gnathion*, *Crista Philtris r/l* und *Frontotemporale r*, vier davon midsagittal gelegen. Plooiij et al. beobachteten während ihren Untersuchungen, dass midsagittal gelegene Punkte besser reproduzierbar waren als die Bilateralen. Die am leichtesten zu identifizierenden Weichteilpunkte dieser Studie waren jedoch *Endocanthion r/l*, *Exocanthion r/l*, *Christa Philtri r/l* und *Cheilion r/l*. Diese liegen alle bilateral und an spitz zulaufenden anatomischen Strukturen, nämlich an Augenaußen- und -innenwinkel, an den Spitzen des Amorbogens und an den Mundwinkeln und sind daher leicht wiederholbar an dieselbe Stelle zu setzen. Der Punkt mit der besten Reproduzierbarkeit in der Studie von Toma et al. war *Labiale superius*. Dieser liegt in der Gesichtsmitte, an einer spitz zulaufenden Stelle und an einem Ort mit einem klaren Farbunterschied (zwischen Lippen- und Hautfarbe).

4.4 Wertigkeit des Aufnahmetools

Es wurden 31 Probandinnen/Probanden eingescannt. Jeder einmal ohne Markierungen, einmal mit schwarzen Markierungen von Behandlerin A/Behandler A und einmal mit blauen Markierungen von Behandlerin B/Behandler B. Jedoch mussten einige 3D-Aufnahmen wieder verworfen werden, weil diese aufgrund von mangelnder Darstellung von Gesichtspartien unbrauchbar waren. Teilweise waren die Aufnahmen der Ohren unzureichend, die Kieferwinkel, das Kinn oder das gesamte Untergesicht abgeschnitten, das Kinn abgeschnitten, das gesamte Untergesicht abgeschnitten, Teile der Nase nicht abgebildet oder das gesamte Gesicht verzerrt. Auch Gwilliam et al., Plooij et al., Aldridge et al. (alle 3Dmd) und de Menezes et al. (Vectra 3D) berichten von einer erschwerten und artefaktreicher Abbildung der Ohrmuschel. Insgesamt mussten in der vorliegenden Studie 137 Aufnahmen erstellt werden, um für die Vermessung brauchbare Bilder zu erhalten. Das heißt 44 Aufnahmen mussten verworfen werden, was nicht sehr für die Genauigkeit und Brauchbarkeit als klinisches Diagnostik Tool dieses Gerätes spricht.

93 brauchbare Aufnahmen + 44 verworfene Aufnahmen = 137 Aufnahmen insgesamt

Die folgenden Abbildungen sollen verschiedene Artefakte von im Laufe dieser Studie aufgetretenen Artefakte näher veranschaulichen.

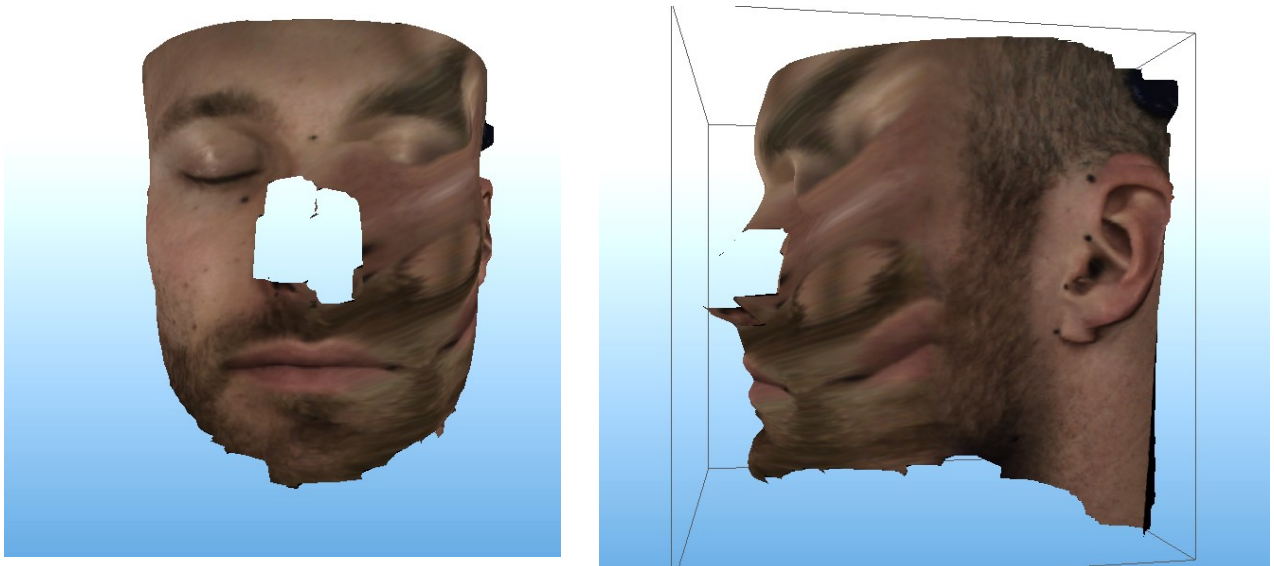


Abbildung 34: Artefakte - fehlende Nase und verschwommene linke Gesichtshälfte

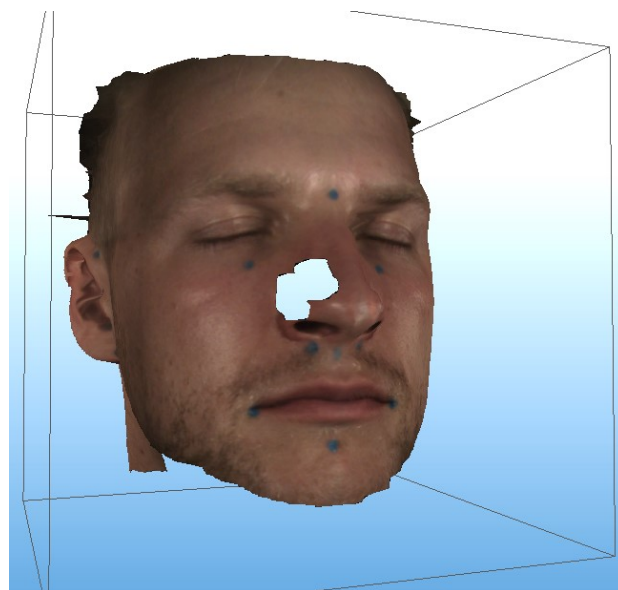


Abbildung 35: Artefakte - unzureichende Darstellung der rechten Nasenhälfte

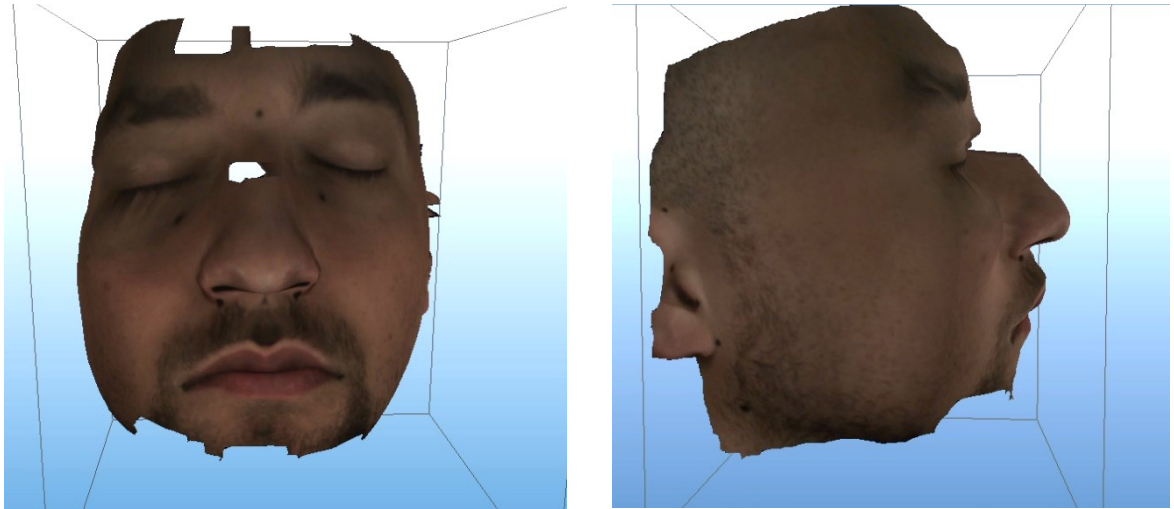


Abbildung 36: Artefakte - verzogene rechte Gesichtshälfte und verzogene Nasenkontur

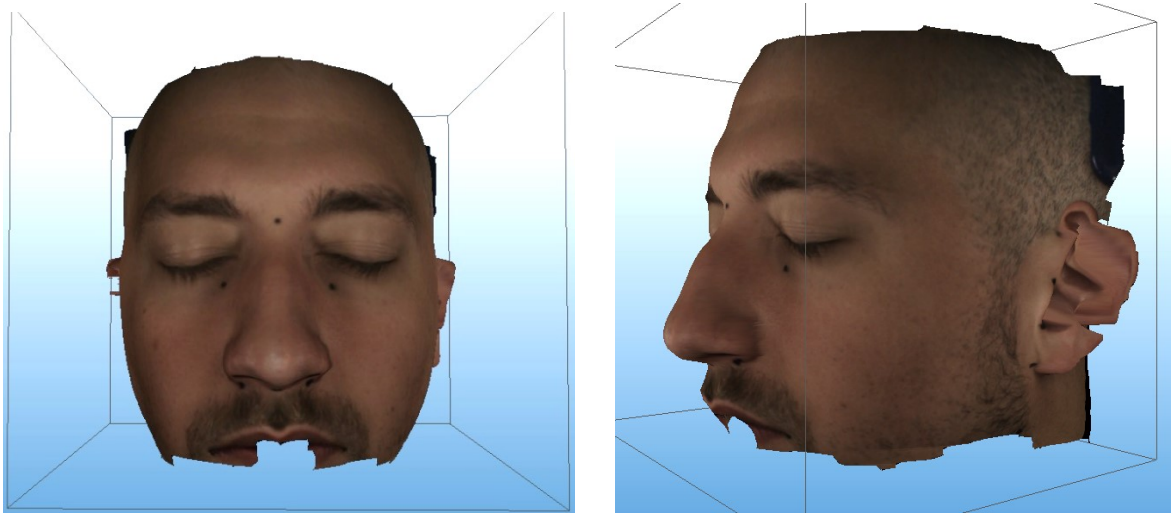


Abbildung 37: Artefakte - mangelnde Abbildung der unteren Gesichtshälfte durch Bartwuchs eines männlichen Probanden

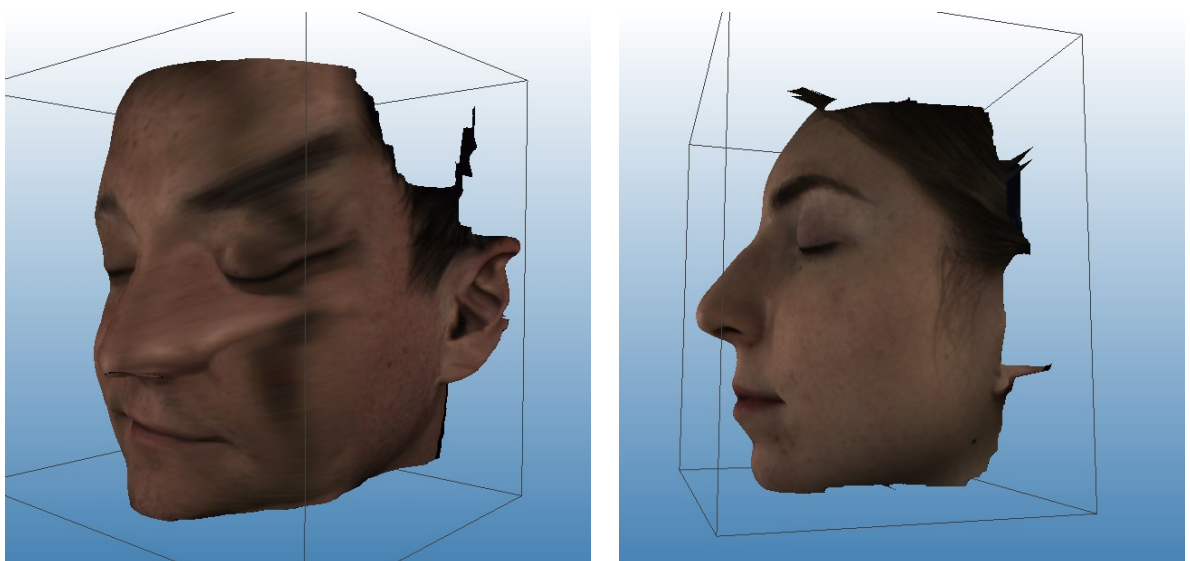


Abbildung 38: Artefakte - verschwommene linke Gesichtshälfte des männlichen Probanden sowie unvollständige Abbildung des linken Ohrs der weiblichen Probandin



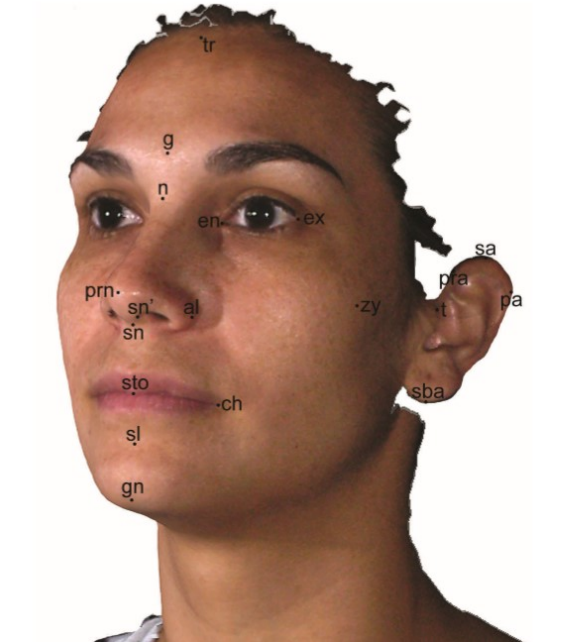
4.5 Geschlechterspezifische Auswertung

Bei der geschlechterspezifischen Auswertung waren die Ohrpunkte auf Gesichtern männlicher Probanden besser erkennbar als auf den Gesichtern weiblicher Probandinnen. Dies könnte daran liegen, dass Frauen meist lange Haare haben. Diese wurden zwar zu einem Zopf gebunden, trotzdem waren auf einigen Scans durch die Schattenbildung und Farbe der langen Haare die Punkte nicht zu erkennen. Der Unterschied war vor allem bei den Punkten Aur.sup.dex. und sin. zu erkennen, also am Oberrand der Ohrmuschel. Bei den Punkten Aur.inf.dex. und sin. war die Differenz zwischen der Erkennbarkeit auf Scans von weiblichen im Vergleich zu männlichen Probandinnen/Probanden deutlich kleiner. Ein weiterer geschlechtsspezifischer Unterschied konnte beim Punkt Cut B festgestellt werden. Hier lagen für die weiblichen Probandinnen 65% der Markierung weniger als 1 mm und bei den männlichen Probanden nur 10% weniger als 1 mm voneinander entfernt. Dies könnte daran liegen, dass der Bart der Männer irreführend bei der Festlegung der Mittellinie sein könnte und daher die Abweichungen zwischen den Markierungen der beiden Behandlerinnen/Behandler größer war. Der männliche Bartwuchs kann also auch aus diesem Grund zu Problemen führen. Auf die Schwierigkeit der Darstellung der unteren Gesichtshälfte durch die offensichtlich sehr ungeordnete Reflexion des Lichtes an der Barthaaroberfläche wurde bereits hingewiesen.

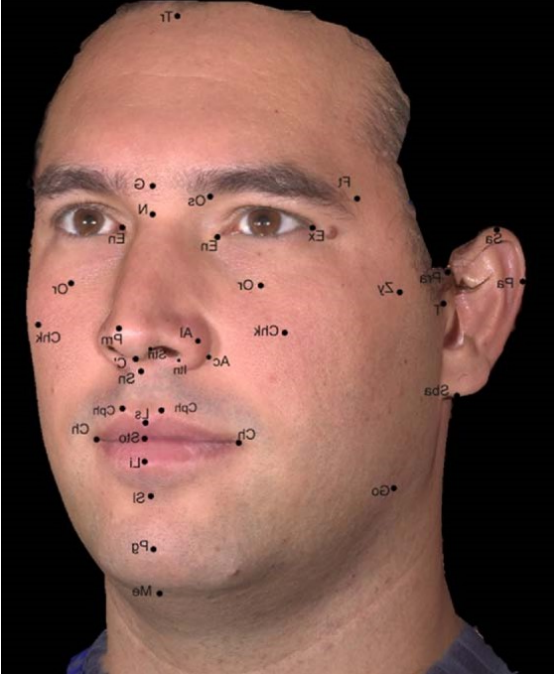
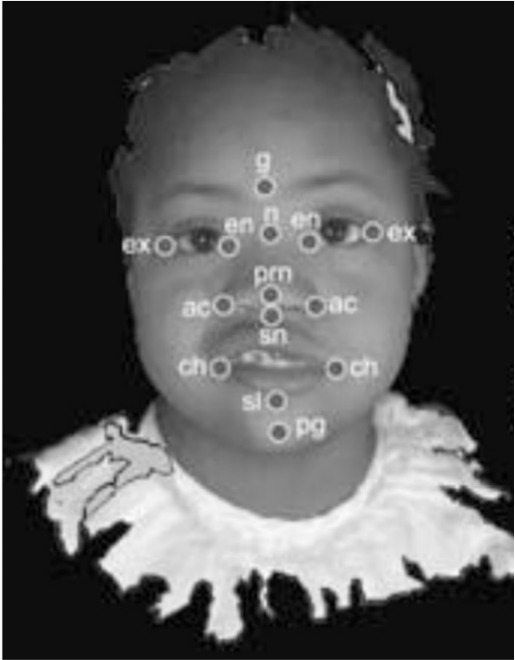
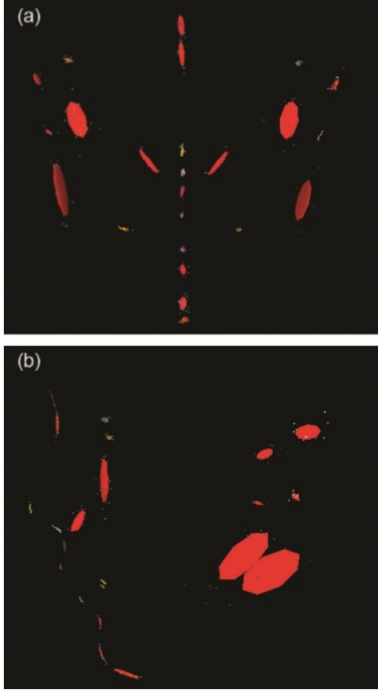
Es wäre also notwendig sich vor der Erstellung eines Gesichtsscans zu rasieren. Das bedeutet auch, dass Männer, die sich unter keinen Umständen den Bart rasieren wollen, nicht mit einem 3D Scan analysiert werden können. Toma et al. beschrieben zwar keine Probleme von Seiten des Bartwuchses, kamen in ihrer Studie jedoch zu dem Schluss, dass Punktmarkierungen auf den Gesichtern von Frauen schlechter reproduzierbar waren. Dies betraf vor allem Markierungen rund um die Augen.

4.6 Vergleichsstudien in der direkten Gegenüberstellung

Auf den folgenden Seiten werden die Vergleichsstudien direkt gegenübergestellt, um einen besseren Überblick zu schaffen. Obwohl Aynechi et al. und Menéndez et al. Streckenmessungen basierend auf Punktsetzungen vollzogen haben, wurden ihre Studien des Vergleiches wegen in den Tabellen mitveranschaulicht.

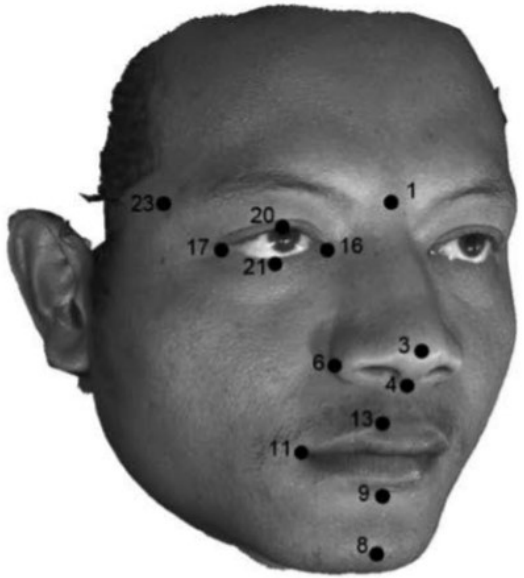

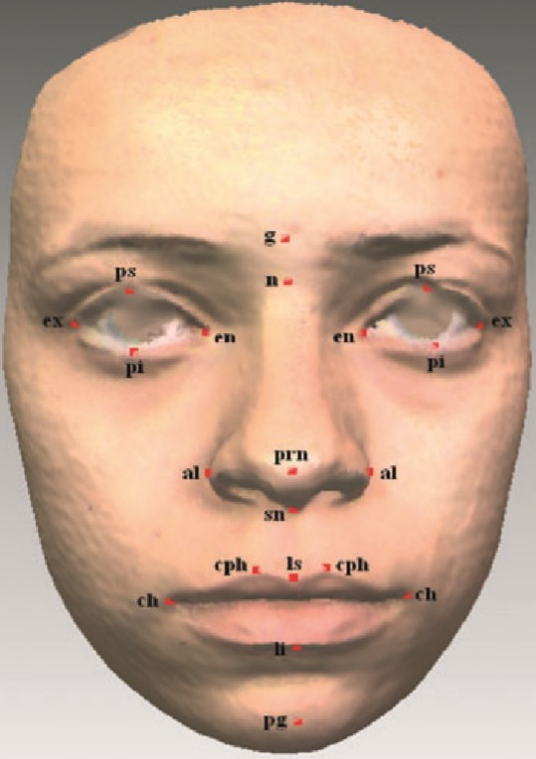
Fink et al. (2014)	Hajeer et al. (2002)	Aynechi et al. (2011)
10 Weichteilpunkte	30 Weichteilpunkte	28 Weichteilpunkte - Strecken
		
<p>Trichion Glabella Nasion Subnasale Orbitale r/l Pogonion Porion l/r Gnathion</p>	<p>Alar curvature (Ac) Cheilion (CH) Endocanthion (Enc) Exocanthion (Exc) Glabella (Gl) Gonion (Go) Inferior labial sulcus Labrale inferius (Li) Labrale superius (Ls) Menton (Me) Nasion (N)</p>	<p>Tragion Trichion Glabella Nasion Gnathion Stomion Zygon Endocanthion Exocanthion Subnasale Alare Pronasale Cheilion</p>

	Otobasion inferius (Obi) Pogonion (Pog) Pronasale (Prn) Stomion inferius (Sti)† Stomion superius (Sts)† Subnasale (Sn) Subtragion (Sbtr)† Superior labial sulcus Tragion (Tr) Zygion (Zyg)†	Sublabiale Preaurale Postaurale Superaurale Subaurale
6 Midsagittal	12 Midsagittal	8 Midsagittal
2 Bilateral	9 Bilateral	10 Bilateral
SD <1mm: gut reproduzierbar >1mm: schlecht reproduzierbar	0,5 mm SD ist Grenzwert zwischen reproduzierbaren und nicht reproduzierbaren Punkten	
Beste Punkte: Sn Por Schlechtester Punkt: Gnathion (SD>1mm) 9 von 10 vermessenen Punkten >1mm SD	5 Punkte (Go R/L, Zyg R/L, Me) nicht reproduzierbar (>0,5mm SD) 3 Punkte am besten: Sbtr L/R, Ac L/R, Sn schlechtester Punkt: Go R/L	

Menéndez et al. (2010)	Aldridge et al. (2005)	Gwilliam et al. (2006)
50 Weichteilpunkte - Strecken	20 Weichteilpunkte	24 Weichteilpunkte
		
<p>Trichion (Tr) Glabella (G) Nasion (N) Pronasale (Prn) Columella (C) Subnasale (Sn) Labiale superius (Ls) Stomion (Sto) Labiale inferius (Li) Sublabiale (SI) Pogonion (Pg) Menton (Me)</p>	<p>Glabella (G) Nasion (N) Pronasale (Prn) Subnasale (Sn) Sublabiale (SI) Pogonion (Pg) Endocanthion (En) Exocanthion (Ex) Alar curvature (Ac) Chelion (Ch) Tragion (T) Otobasion inferius (Obi) Gonion (Go)</p>	<p>Alar Curvature/Crest (Ac) Cheillion (Ch) Exocanthion (Exc) Glabella (GI) Gonion (Go) Inferior Labial Sulcus Labrale Inferius (Li) Labrale Superius (Ls) Menton (Me) Nasion (N) Otobasion inferius (Obi) Pogonion (Pg)</p>

<p>Exocanthion (Ex) Endocanthion (En) Orbitale superius (Os) Orbitale (O) Frontotemporale (Ft) Cheek (Chk) Zygion (Zy) Tragion (Tr) Alare (Al) Alar Crest (Ac), Inferior Point of Nostril Axis (Itn) Superior point of nostril axis (Stn) Crista Philtra (Cph) Cheilion (Ch) Gonion (Go) Preaurale (Pra) Superaurale (Sa) Postaurale (Pa) Subaurale (Sba)</p>		<p>Pronasale (Prn) Subnasale (Sn) Superior labial sulcus Tragion (T) Zygion (Zyg)</p>
12 Midsagittal	6 Midsagittal	10 Midsagittal
19 Bilateral	7 Bilateral	7 Bilateral
	<p><1mm: hoch reproduzierbar 1-2 mm: moderat reproduzierbar >2mm: schlecht reproduzierbar</p>	<p><0,5mm: hoch reproduzierbar >1mm: gut reproduzierbar</p>
	<p>hoch reproduzierbar: 14/20 Punkten reproduzierbar: 3/20 Punkten Nasion Tragion r/l schlecht reproduzierbar: 2/20 Punkten Glabella, Gonion</p>	<p>Schlechtester Punkt: Gonion Doppelt so viele Punkte <i>intraoperator</i> gut reproduzierbar im Vergleich zu <i>interoperator</i> Intraoperator: <0,5mm (4/24 Punkten) Cheilion r/l, Labrale Superius, Exocanthion l</p>

		<p><1mm (8/24 Punkten) Alar Crest r, Exocanthion r, Glabella, Inferior Labial Sulcus, Labrale Inferius, Otobasion Inferius r, Superior Labial Sulcus, Subnasale</p> <p>Interoperator: <0,5mm kein Punkt</p> <p>>1mm (2/24 Punkten) Cheilion r, Labrale Superioris</p>
--	--	--

Othman (2013)	Plooij (2009)	Toma (2009)
24 Weichteilpunkte	49 Weichteilpunkte	21 Weichteilpunkte
		
<p>Glabella (g) Nasion (n) Pronasale (prn) Subnasale (sn) Alare r/l (al) Gnathion (gn) Pogonion (Pg) Sublabiale (Sl) Cheilion r/l (Ch) Crista philtra r/l (Cph) Exocanthion r/l (Ex) 15 Endocanthion r/l (En) Palpebrale superius r/l</p>	<p>Alar Curvature (Ac) Alare (Al) Columella - constructed point (Cc) Cheilion (Ch) Christa Philtri (Cph) Endocanthion (En) Exocanthion (Ex) Glabella (G) Labiale Superius (Ls) Nostril Base (Nb) Nostril Top (Nt) Orbitale Superius*</p>	<p>Glabella (G) Nasion (N) Endocanthion (En) L/R Exocanthion (Ex) L/R Palpebrale superius (Ps) L/R Palpebrale inferius (Pi) L/R Pronasale (Prn) Subnasale (Sn) Alare (Al) L/R Labiale Superius</p>

(Ps) Palpebrale inferius r/l (Pi) Frontotemporale r/l (Ft) Labiale inferius (Li)	(Os) Pronasale (Prn) Sellion (Se) Subnasale (Sn) Orbitale* (Or) Soft Tissue zygon* (St Zy) Subaurale Subspinale (Ss) Inferior Stomion (Sti) Upper Stomion (Stu) Tragion* (T) Trichion* (Tr) Labiale Inferius (Li) Soft Tissue Gonion* (St Go) Sublabiale (Sl) Soft Tissue Pogonion (Pg) Soft Tissue Gnathion* (St Gn) Soft Tissue Gnathion Tangent (St Gn T) Soft Tissue Porion* (St Po) Superaurale (Sa) Subaurale (Sba) Pupil Reconstructed Point (Prp) Soft Tissue Pogonion Tangent* (St Pg T)	(Ls) Labiale inferius (Li) Crista philtri (Cph) L/R Cheilion (Ch) L/R Pogonion (Pg)
8 Midsagittal	16 Midsagittal	7 Midsagittal
8 Bilateral	17 Bilateral	7 Bilateral
Intraklassen-Korrelationskoeffizient ICC >0,90: sehr gut reproduzierbar ICC 0,80-0,90: gut reproduzierbar ICC 0,70-0,80: mäßig reproduzierbar ICC 0.60-0,70: schlecht reproduzierbar	<0,5 mm: gut reproduzierbar	<0.5 mm: sehr gut reproduzierbar <1 mm: moderat reproduzierbar >1 mm: schlecht reproduzierbar
ICC >0,90 8/24 Punkte	Intraobserver 45/49 Punkten <0,5 mm Interobserver 39/49 Punkten <0,5 mm	<0,5mm <i>intra- und interexaminer</i> 1/21 Punkten

<p>Nasion, Pronasale, Subnasale, Left Alera, Gnathion, Crista Philtris r/l, Frontotemporale r ICC 0,80-0,90 14/24 Punkte</p> <p>Glabella, Alare r, Pogonion, Sublabiale, Cheilions r/l, Exocanthion r/l, Endocanthion r/l, Palpebrale Superius r, Palpebrale Inferius l, Frontotemporale l and Labiale Inferius ICC 0,70-0,80 Left 1/24 Punkten</p> <p>Palpebrale Inferius ICC 0,60-0,70 1/24 Punkten</p> <p>Palpebrale Inferius</p>	<p>Midsagittale Punkte besser reproduzierbar als die Bilateralen</p> <p>Schlechter reproduzierbare Punkte an Ohren und Nase: Soft Tissue Porion r/l, Tragion r/l Alare r/l, Alar Curvature</p> <p>Gut reproduzierbar</p> <p>Endocanthion r/l, Exocanthion r/l, Christa Philtri, Cheilion r/l</p>	<p>Labiale Superius (Ls)</p> <p><1mm <i>intra- und interexaminer</i></p> <p>9/21 Punkten</p> <p>Crista Philtri (Cph), Labiale Inferius (Li), Subnasale (Sn), Pronasale (Prn), Cheilion (Ch), Palpebrale Inferius (Pi)</p> <p>>1 mm <i>intra- und interexaminer</i></p> <p>8/21 Punkten</p> <p>Alare r/l (Al), Nasion (N), Glabella (G), Exocanthion r/l (Ex), Palpebrale Superius r/l (Ps)</p> <p><1mm <i>intraexaminer</i></p> <p>Endocanthion (En), Pogonion (Pg)</p> <p>>1mm <i>interexaminer</i></p> <p>Endocanthion (En), Pogonion (Pg)</p>
--	--	--

Studie	Methode	Probanden	Behandler	Punkte	Zeitpunkte	Interexaminer	Intraobserver	Markierungen
Hajeer	C3D	10	1	30	3	nein	ja	nein
Aynechi	3Dmd	10	1	28	2	nein	ja	ja
Menezes	Vectra 3D Stereophotogrammetrie	10	2	50	1	ja	nein	ja
Fink	FaceSCAN3D® Streifenlichtprojektion	32	3	10	2	ja	ja	nein
Gwilliam	3Dmd	6	1 und 30	24	30 und 1	ja	ja	nein
Aldridge	3Dmd	15	1	20	2	nein	ja	nein
Othman	Vectra 3D	30	1	24	2	nein	ja	nein
Plooj	3Dmd	20	2	49	jeweils an 2	ja	ja	nein
Toma	Konica Minolta Laser Scanner	30	2	21	1	ja	ja	nein

Tabelle 15: Gegenüberstellung der Vergleichsstudien

4.7 Richtungen der Abweichungen

In Abbildung 39 wird grafisch dargestellt, in welcher Richtung Abweichungen zwischen den Markierungen von Behandlerin A/Behandler A (schwarz) und Behandlerin B/Behandler B (blau) vorlagen. Dabei konnte für die Punkte Trag.sup.dex. und sin., Aur.inf.dex. und sin., Gonion dex. und sin. und Alare dex. und sin. eine Spiegelung der häufigsten Abweichungsrichtungen festgestellt werden. Die Abweichungen waren also nicht einheitlich in eine Richtung. Es lässt sich vermuten, dass die unterschiedlichen Punktlokalisationen aufgrund der verschiedenen Positionen der Behandlerinnen/Behandler zu den Probandinnen/Probanden zum Zeitpunkt des Einzeichnens entstanden sind. Die Position der Probandinnen/Probanden zur Behandlerin/zum Behandler wurde nicht standardisiert festgelegt. Durch verschiedene Blickwinkel und Kopfhaltungen kann sich der Schattenwurf ändern und die Wahrnehmung einer anatomischen Struktur verändert sein. Das menschliche Auge orientiert sich am Schatten. Dieser ändert sich je nach Position. Vor allem bei Strukturen, die nicht spitz zulaufend sind oder eine farbliche Grenze aufweisen, orientiert sich die Behandlerin/der Behandler am Schattenwurf. Nicht nur die Position der Behandlerin/des Behandlers verändert diesen, auch etwaige Unterschiede in der Mimik der Probandin/des Probanden können dazu führen. Aus diesem Grund sollte einerseits beim Einzeichnen der Punkte immer eine standardisierte Position der Behandlerin/des Behandlers zum Probanden eingenommen werden und andererseits unter einheitlichen Lichtverhältnissen im Raum gearbeitet werden.

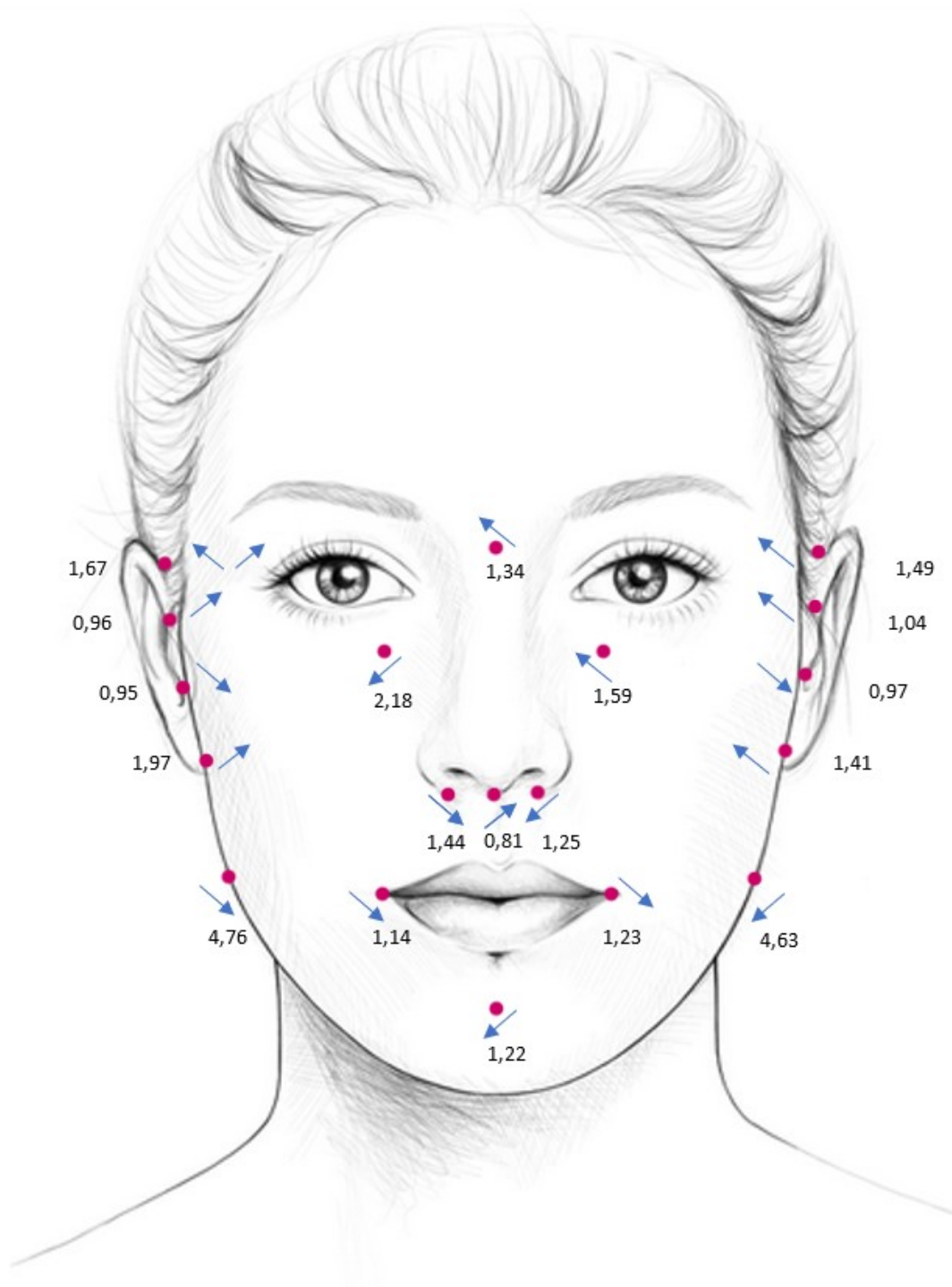


Abbildung 36: Richtung und Mittelwert der Abweichung pro Punkt in mm

5. Conclusio

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich in der vorliegenden Studie die Punkte N.inf., Trag.sup.dex., Trag.inf.dex. und Trag.inf.sin. als am besten reproduzierbar erwiesen haben. Sie zeigten interexaminer eine mittlere Abweichung unter 1mm. Am schlechtesten waren die Ergebnisse für die Punkte Ang.mand.dex. und Ang.mand.sin. mit einer mittleren Abweichung > 4,5mm. Diese beiden Kieferwinkelpunkte eignen sich nicht für eine klinische Diagnostikmethode. Um die Fehlerquelle der mimischen Veränderungen zwischen den einzelnen Scanaufnahmen zu eliminieren, könnte man in einer zukünftigen Studie einen Puppenkopf benutzen, um die Abweichungen der Punktmarkierungen der verschiedenen Behandlerinnen/Behandlern zwischen den einzelnen Scans zu erfassen.

Literaturverzeichnis

- Aldridge, K., Boyadjiev, S.A., Capone, G.T., DeLeon, V.B., Richtsmeier, J.T., 2005a. Precision and Error of Three-dimensional Phenotypic Measures Acquired from 3dMD Photogrammetric Images American Journal of Medical Genetics 138 A, 247–253.
- Al-Gunaid, T., Yamada, K., Yamaki, M., Saito, I., 2007. Soft-tissue cephalometric norms in Yemeni men American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 132, 576.e7-576.e14.
- Aynechi, N., Larson, B.E., Leon-Salazar, V., Beiraghi, S., 2011. Accuracy and precision of a 3D anthropometric facial analysis with and without landmark labeling before image acquisition Angle Orthodontist 81, 245–252.
- Hajeer et al., 2002. Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: The clinical application of a new method.
- Berneburg, M., Dietz, K., Niederle, C., Göz, G., 2010. Changes in esthetic standards since 1940 American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 137, 450.e1-450.e9.
- Bongartz, J.R., 2002. Hochauflösende dreidimensionale Gesichtsprofilvermessung mit kurzgepulster Holographie.
- Bragatto, F.P., Chicarelli, M., Kasuya, A.V.B., Takeshita, W.M., Iwaki-Filho, L., Iwaki, L.C.V., 2016. Golden Proportion Analysis of Dental–Skeletal Patterns of Class II and III Patients Pre and Post Orthodontic-orthognathic Treatment Journal of Contemporary Dental Practice 17, 728–733.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, n.d. Gesichtserkennung. Bonn, Nordrheinwestfahlen DE.
- Coward, T.J., Watson, R.M., Scott, B.J.J., 1997. Laser scanning for the identification of repeatable landmarks of the ears and face, British Journal of Plastic Surgery.
- Dindaroğlu, F., Kutlu, P., Duran, G.S., Görgülü, S., Aslan, E., 2016. Accuracy and reliability of 3D stereophotogrammetry: A comparison to direct anthropometry and 2D photogrammetry Angle Orthodontist 86, 487–494.
- Duc Nguyen, D., Turley, P.K., 1998. Changes in the Caucasian male facial profile as depicted in fashion magazines during the twentieth century, Am J Orthod Dentofacial Orthop.
- Erbay E., C.C., 2002. Soft tissue profile in Anatolian Turkish adults: Part II. Comparison of different soft tissue analyses in the evaluation of beauty. Istanbul.
- Ferrario V, Sforza C, S.J. et. al., 1998. A three-dimensional computerized mesh diagram analysis and its application in soft tissue facial morphometry
- Ferrario, V.F., Sforza, C., Serrao, G., Miani, A., 1995. A computerized non-invasive method for the assessment of human facial volume.
- Fink, M., Hirschfelder, U., Hirschinger, V., Assessment of facial soft-tissue profiles based on lateral photographs versus three-dimensional face scans /Bewertung des Gesichtsweichteilprofils anhand seitlicher Fotografien vs. 3-D-Scans 2017. Journal of Orofacial Orthopedics 78, 70–76.
- Fink, M., Medelnik, J., Strobel, K., Hirschfelder, U., Hofmann, E., 2014. Metric precision via soft-tissue landmarks in three-dimensional structured-light scans of human faces/ Gesichtsscan mittels

- Streifenlichtprojektion: Studie zur Messgenauigkeit von Weichteilpunkten *Journal of Orofacial Orthopedics* 75, 133–143.
- Galantucci, L.M., Deli, R., Laino, A., di Gioia, E., D’Alessio, R., Lavecchia, F., Percoco, G., Savastano, C., 2016. Three-Dimensional Anthropometric Database of Attractive Caucasian Women: Standards and Comparisons *Journal of Craniofacial Surgery* 27, 1884–1895.
- Ghorbanyjavadpour, F., Rakhshan, V., 2019. Factors associated with the beauty of soft-tissue profile *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 155, 832–843.
- Gwilliam, J.R., Cunningham, S.J., Hutton, T., 2006. Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans *European Journal of Orthodontics* 28, 408–415.
- Hajeer, M.Y., Ayoub, A.F., Millett, D.T., Bock, M., Siebert, J.P., 2002. Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: The clinical application of a new method *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* 17, 318–330.
- Hajeer, M.Y., Millett, D.T., Ayoub, A.F., Siebert, J.P., 2004. Applications of 3D imaging in orthodontics: Part I, *Journal of Orthodontics* 31, 62–70.
- Harvey Peck D.D.S, M.Sc.D; Sheldon Peck D.D.S., M.Sc.D., 1970, *A Concept of Facial Esthetics*
- Hönn, M., Göz, G., 2007. Das faziale Schönheitsideal: Ein Literaturüberblick. *Journal of Orofacial Orthopedics*.
- How Kau C, Richmond, S., Incrapera, A., English, J., Xia, J.J., 2007. Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery. *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*.
- Kahl-Nieke, B., 2010. *Einführung in die Kieferorthopädie*. Deutscher Zahnärzte Verlag Köln.
- Karatas, O.H., Toy, E., 2014. Three-dimensional imaging techniques: A literature review. *European Journal of Dentistry*.
- Khosravanifard, B., Rakhshan, V., Raeesi, E., 2013. Factors influencing attractiveness of soft tissue profile, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 115, 29–37.
- Kreutz K., V.M., 2007. *Forensische Gesichtsrekonstruktion – Identifizierung bei Skelettfunden* Deutsches Ärzteblatt.
- Mah, J., Hatcher, D., Mah, James, 2003. Current status and future needs in craniofacial imaging.
- Mah, J.K., Danforth, R.A., Bumann, A., Hatcher, D., 2003. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 96, 508–513.
- Mantzikos, T., 1915. Esthetic soft tissue profile preferences among the Japanese population, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.
- Menéndez López-Mateos, M.L., 2019. Three-dimensional photographic analysis of the face in European adults from southern Spain with normal occlusion, *BMC Oral Health*
- Naini, F.B., Moss, J.P., Gill, D.S., 2006. The enigma of facial beauty: Esthetics, proportions, deformity, and controversy *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 130, 277–282.
- Nanda, R.S., Ghosh, J., 1995. *Facial Soft Tissue Harmony and Growth in Orthodontic Treatment*.

- Nguyen CX, Nissanov J, Oztürk C, Nuveen MJ, T.O., 2000. Three-dimensional imaging, Clin. Orthod. Res 3, 46–50.
- Nomura, M., Motegi, E., Hatch, J.P., Gakunga, P.T., Ng'ang'a, P.M., Rugh, J.D., Yamaguchi, H., 2009. Esthetic preferences of European American, Hispanic American, Japanese, and African judges for soft-tissue profiles, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 135.
- Othman, S.A., Ahmad, R., Merican, A.F., Jamaludin, M., 2013. Reproducibility of facial soft tissue landmarks on facial images captured on a 3D camera, Australian orthodontic journal.
- Papadopoulos, M.A., Christou, P.K., Athanasiou, A.E., Boettcher, P., Zeilhofer, H.F., Sader, R., Papadopoulos, N.A., 2002. Three-dimensional craniofacial reconstruction imaging, Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics 93, 382–393.
- Pauwels, R., Araki, K., Siewerdsen, J.H., Thongvigitmanee, S.S., 2015. Technical aspects of dental CBCT: State of the art. Dentomaxillofacial Radiology.
- Plooij, J.M., Swennen, G.R.J., Rangel, F.A., Maal, T.J.J., Schutyser, F.A.C., Bronkhorst, E.M., Kuijpers-Jagtman, A.M., Bergé, S.J., 2009. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 38, 267–273.
- Ralf Krauter, 2010. Biometrische Identifikation - 3D-Gesichtserkennung ermöglicht sichere Identifikation [WWW Document]. Deutschlandradio ©. URL https://www.deutschlandfunk.de/biometrische-identifikation.676.de.html?dram:article_id=27282
- Rifkin R, 2000. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry Practical Periodontics Ans Aesthetic Dentistry.
- Scavone, H., Zahn-Silva, W., do Valle-Corotti, K.M., Nahás, A.C.R., 2008. Soft Tissue Profile in White Brazilian Adults with Normal Occlusions and Well-Balanced Faces Angle Orthodontist 78, 58–63.
- Schopf, P., 2008. Curriculum Kieferorthopädie. Quintessenz-Verlag-GmbH.
- Sforza, C., Laino, A., D'Alessio, R., Grandi, G., Tartaglia, G.M., Ferrario, V.F., 2008. Soft-Tissue Facial Characteristics of Attractive and Normal Adolescent Boys and Girls Angle Orthodontist 78, 799–807.
- Siemens Healthcare GmbH, 2020. Computertomographie (CT) [WWW Document]. URL <http://www.medizinischestrahlung.de/verfahren-der-medizinischen-bildgebung/bildgebende-verfahren-mit-rontgenstrahlung/computertomografie-ct/>
- Siemens HealthCare GmbH, 2020. Magnetresonanztomographie [WWW Document]. URL www.medizinischestrahlung.de/verfahren-der-medizinischen-bildgebung/andere-arten-der-medizinischen-bildgebung/magnetresonanztomografie/
- Spyropoulos, M.N., Halazonetis, D.J., 2001. Significance of the soft tissue profile on facial esthetics American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 119, 464–471.
- Sukovic, P., 2003. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging.
- Takasaki, H., 1970. Moire Topography.

- Toma A, Z.A., Playle, R., Ong, E., Richmond, S., Toma, A M, Zhurov, A., Toma, Arshed M, 2009. Reproducibility of facial soft tissue landmarks on 3D laser-scanned facial images.
- Turkmen, A.M., 2017. Selfie affect on the psychology of young individuals, Herald of Dagestan State University 32, 86–93.
- Underhill T, Chilvarquer I, K.K. et al., 1988. Radiobiologic risk estimation from dental radiology. Part I. Absorbed doses to critical organs Oral Surg Oral Med Oral Pathol.
- Uysal, T., Baysal, A., Yagci, A., Sigler, L.M., McNamara, J.A., 2012. Ethnic differences in the soft tissue profiles of Turkish and European–American young adults with normal occlusions and well-balanced faces European Journal of Orthodontics 34, 296–301.
- Wong, J.Y., Oh, A.K., Ohta, E., Hunt, A.T., Rogers, G.D.F., Mulliken, J.B., Deutsch, C.K., 2006. Validity and Reliability of Craniofacial Anthropometric Measurement of 3D Digital Photogrammetric Images 2006.