

Aus dem Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Augenheilkunde
Direktor: Universitätsprofessor Dr. C. Cursiefen

Dreidimensionale Analyse von Mimik und Augenbewegung in der Periorbitalregion

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Lars Fricke
aus Kiel

promoviert am 24. April 2026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
Druckjahr 2026

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Dr. phil. L. M. Heindl

2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. R. Hörster

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Herr Privatdozent Dr. med. Alexander Rokohl

Herr Privatdozent Dr. med. Dr. phil. L. M. Heindl

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen und Auswertungen sind von mir durchgeführt worden.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 24.04.2026

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
1. ZUSAMMENFASSUNG	8
2. EINLEITUNG	10
2.1. Gesichtsanthropometrie	10
2.2. Anatomie	11
2.3. Mimik	13
2.4. Augenbewegung	14
2.5. Dreidimensionale Fotografie	16
2.6. Fragestellungen und Ziel der Arbeit	17
3. MATERIAL UND METHODEN	18
3.1. Patientenkollektiv	18
3.2. Dreidimensionale Bildaufnahme	18
3.3. Mimik und Augenbewegung	19
3.4. Messpunkte	20
3.5. Auswertung und Statistik	22
3.6. Statistik	23
4. ERGEBNISSE	24
4.1. Mimik	24
4.1.1. Lächeln	24
4.1.2. Lachen	27
4.1.3. Böse gucken	30
4.1.4. Kussmund	33
4.1.5. Wangen aufplustern	36
4.1.6. Augen aufreißen	39

4.1.7.	Augen schließen	42
4.2.	Augenbewegung	45
4.2.1.	Blickrichtung nach kranial	45
4.2.2.	Blickrichtung nach kranial lateral	48
4.2.3.	Blickrichtung nach lateral	51
4.2.4.	Blickrichtung nach kaudal lateral	54
4.2.5.	Blickrichtung nach kaudal	57
4.2.6.	Blickrichtung nach kaudal medial	60
4.2.7.	Blickrichtung nach medial	63
4.2.8.	Blickrichtung nach kranial medial	66
5.	DISKUSSION	69
5.1.	Mimik	69
5.2.	Augenbewegung	71
5.3.	Geschlecht	72
5.4.	Alter	72
5.5.	Studiendesign	73
5.6.	Fazit	74
6.	LITERATURVERZEICHNIS	75
7.	ANHANG	79
7.1.	Abbildungsverzeichnis	82
7.2.	Tabellenverzeichnis	83
8.	VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN	84

Abkürzungsverzeichnis

PFW	Breite der Lidspalte <i>Palpebral fissure width</i>
PFH	Höhe der Lidspalte <i>Palpebral fissure height</i>
EEnD_I	Abstand Augeninnenwinkel und Unterkante der Augenbraue <i>Eyebrow-endocanthion distance of the inferior point</i>
EEnD_M	Abstand Augeninnenwinkel und Mitte der Augenbraue <i>Eyebrow-endocanthion distance of middle point</i>
EEnD_S	Abstand Augeninnenwinkel und Oberkante der Augenbraue <i>Eyebrow-endocanthion distance of the superior point</i>
FPDm	Abstand Lidrand und Oberlidfalte (medial) <i>Upper lid fold-palpebral margin distance (medial)</i>
EPDm_I	Abstand Lidrand und Unterkante der Augenbraue (medial paralimbal) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (medial of the limbus) of the inferior point</i>
EPDm_M	Abstand Lidrand und Mitte der Augenbraue (medial paralimbal) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (media of the limbus) of the middle point</i>
EPDm_S	Abstand Lidrand und Oberkante der Augenbraue (medial paralimbal) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (media of the limbus) of the superior point</i>
FLmD	Abstand Lidrand und Oberlidfalte (medialer Limbus) <i>Upper lid fold-palpebral margin distance (medial limbus)</i>
ELmD_I	Abstand Lidrand und Unterkante der Augenbraue (medialer Limbus) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (medial limbus) of the inferior point</i>
ELmD_M	Abstand Lidrand und Mitte der Augenbraue (medialer Limbus) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (medial limbus) of the middle point</i>
ELmD_S	Abstand Lidrand und Oberkante der Augenbraue (medialer Limbus) <i>Eyebrow-palpebral margin distance (medial limbus) of the superior point</i>
FPD	Abstand Oberlidfalte und Lidrand (Pupille) <i>Upper lid fold-palpebral margin distance, similar to upper lid fold height</i>
EPD_I	Abstand Lidrand und Unterkante der Augenbraue (Pupille) <i>Eyebrow-palpebral margin (Ps) distance of the inferior point</i>
EPD_M	Abstand Lidrand und Mitte der Augenbraue (Pupille) <i>Eyebrow-palpebral margin (Ps) distance of the middle point</i>
EPD_S	Abstand Lidrand und Oberkante der Augenbraue (Pupille) <i>Eyebrow-palpebral margin (Ps) distance of the superior point</i>
FLID	Abstand Oberlidfalte und Lidrand (lateral Limbus) <i>Upper lid fold-palpebral margin distance (lateral limbus)</i>
ELID_I	Abstand Lidrand und Unterkante der Augenbraue (lateral Limbus)

	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral limbus) of the inferior point</i>
ELID_M	Abstand Lidrand und Mitte der Augenbraue (lateral Limbus)
	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral limbus) of the middle point</i>
ELID_S	Abstand Lidrand und Oberkante der Augenbraue (lateral Limbus)
	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral limbus) of the superior point</i>
FPGI	Abstand Oberlidfalte und Lidrand (lateral des lateralen Limbus)
	<i>Upper lid fold-palpebral margin distance (lateral)</i>
EPDI_I	Abstand Lidrand und Unterkante der Augenbraue (lateral paralimbal)
	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral) of the inferior point</i>
EPDI_M	Abstand Lidrand und Mitte der Augenbraue (lateral paralimbal)
	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral) of the middle point</i>
EPDI_S	Abstand Lidrand und Oberkante der Augenbraue (lateral paralimbal)
	<i>Eyebrow-palpebral margin distance (lateral) of the superior point</i>
FExD	Abstand Oberlidfalte und Augenaußenwinkel
	<i>Upper lid fold-exocanthion distance</i>
EExD_I	Abstand Augenaußenwinkel und Unterkante der Augenbraue
	<i>Eyebrow-exocanthion distance of the inferior point</i>
EExD_M	Abstand Augenaußenwinkel und Mitte der Augenbraue
	<i>Eyebrow-exocanthion distance of the middle point</i>
EExD_S	Abstand Augenaußenwinkel und Oberkante der Augenbraue
	<i>Eyebrow-exocanthion distance of the superior point</i>
FExDI	Abstand Augenaußenwinkel und Oberlidfalte (von lateral)
	<i>Upper lid fold-exocanthion distance (lateral)</i>
EExDI_I	Abstand Augenaußenwinkel und Unterkante der Augenbraue (von lateral)
	<i>Eyebrow-exocanthion distance (lateral) of the inferior point</i>
EExDI_M	Abstand Augenaußenwinkel und Mitte der Augenbraue (von lateral)
	<i>Eyebrow-exocanthion distance (lateral) of the middle point</i>
EExDI_S	Abstand Augenaußenwinkel und Oberkante der Augenbraue (von lateral)
	<i>Eyebrow-exocanthion distance (lateral) of the superior point</i>
ID	Irisdurchmesser
	<i>Iris diameter</i>
EnD	Innerer Interkanthalabstand
	<i>Inner intercanthal distance</i>
PD	Pupillenabstand
	<i>Interpupillary distance</i>
ExD	Äußerer Interkanthalabstand
	<i>Outer intercanthal distance</i>
UPML	Länge der Oberlidkante
	<i>Upper palpebral margin length</i>
UPMLm	Länge der Oberlidkante (mit interpolierten Messpunkten)
	<i>Upper palpebral margin length (more points)</i>

LPML	Länge der Unterlidkante <i>Lower palpebral margin length</i>
LPMLm	Länge Unterlidkante (mit interpolierten Messpunkten) <i>Lower palpebral margin length (more points)</i>
EL_I	Untere Augenbrauenlänge <i>Inferior eyebrow length</i>
EL_M	Mittlere Augenbrauenlänge <i>Middle eyebrow length</i>
EL_S	Obere Augenbrauenlänge <i>Superior eyebrow length</i>
MCA	Medialer Augeninnenwinkel (auf Pupillenhöhe gemessen) <i>Medial canthal angle (pupillary)</i>
MCAm	Medialer Augeninnenwinkel (winkelnaher Messung) <i>Medial canthal angle (medial)</i>
LCA	Lateraler Augenwinkel (auf Pupillenhöhe gemessen) <i>Lateral canthal angle (pupillary)</i>
LCAm	Lateraler Augenwinkel (winkelnaher Messung) <i>Lateral canthal angle (medial)</i>
CT	Canthal-Neigung <i>Canthal tilt</i>

1. Zusammenfassung

Ziel dieser klinischen Studie war die bei Mimik und Augenbewegungen entstehenden Weichgewebsveränderungen in der Periorbitalregion zu untersuchen. Mittels einer stereoskopischen Fotokamera wurden dreidimensionalen Modelle der Probanden angefertigt. Diese wurden anschließend durch ein auf anatomische Orientierungspunkte gestütztes Messsystem analysiert. Es wurde weiterhin auch untersucht, ob Geschlecht oder Alter einen Einfluss auf die Weichgewebsbewegungen besitzt.

60 Studienteilnehmer im Alter von 18–87 Jahren ($49,3 \pm 17,8$ Jahre) wurden rekrutiert. Es wurden acht repräsentative Gesichtsausdrücke für die Analyse der Mimik ausgewählt. Die Augenbewegungen wurden in acht Blickrichtungen untersucht. Auf den dreidimensionalen Bildern der Probanden wurden periorbital 52 Messpunkte platziert. Daraus konnten 37 lineare Messungen, sieben Umfangmessungen und fünf Winkelmessungen generiert werden. Zunächst wurde ein Bild in neutralem Gesichtsausdruck angefertigt und dieses dann mit den Bildern der jeweiligen zu untersuchenden Mimik oder Augenbewegung des gleichen Probanden verglichen.

Bei allen Gesichts- oder Augenbewegungsaufnahmen konnten signifikante Veränderungen der Gesichtsanthropometrie im periorbitalen Bereich festgestellt werden. Allen gemein ist eine Verringerung der Lidspaltenhöhe und des Augeninnenwinkels. Dies könnte auf die allgemein höhere Aktivität der mimischen Muskeln, insbesondere des *Musculus orbicularis oculi*, zurückzuführen sein. Beim Lächeln oder Lachen kam es zu einer Verkleinerung des Augenspaltes, was auch oft vereinfacht als Zusammenkneifen der Augen beschrieben wird. Die Augenbraue wurde auf Höhe der Pupille angehoben und über dem äußeren Augenwinkel abgesenkt. Lachen ähnelte in der Bewegung dem lächelnden Ausdruck stark, allerdings schienen die Mittelwerte der Messungen beim Lachen generell höher zu sein. Dies könnte den fließenden Übergang zwischen Lächeln und Lachen erklären. Beim wütenden Blick verengte sich das Auge durch eine Abnahme der Lidspaltheöhe. Zudem kam es zu einer massiven Abwärtsbewegung der Augenbraue. Durch die deutliche Bewegung kann der Ausdruck in sozialen Interaktionen leicht gedeutet werden. Bei Formung eines Kussmundes sowie beim Aufblasen der Wangen war deutlich weniger Bewegung messbar. Beim weiten Öffnen der Augen wurde im Gegensatz zu allen anderen Gesichtsausdrücken die Höhe und Breite der Augenspalte vergrößert, wodurch die freigelegte Sklerenoberfläche zunahm. Beim Schließen des Auges wurde die Lidspaltenhöhe auf ein Minimum abgesenkt. Beim geschlossenen Auge verringerte sich die Länge des Oberlidrandes, während sich die Länge des Unterlidrandes kaum ändert. Bei Bewegung der Augen vergrößerte sich die Breite der Lidspalte in allen Blickrichtungen. Die Höhe der Lidspalte wiederum hing von der Blickrichtung ab. Während bei aufgerissenen Augen der Abstand vom Oberlidrand zur Oberlidfalte vergrößert war, war dieser Abstand bei den Augenbewegungsaufnahmen mit Blickrichtung nach oben deutlich verringert.

Auch bei lateraler bzw. medialer Blickrichtung verkleinerte sich diese Distanz auf Höhe der Pupille. Die Positionierung der Pupille scheint sich somit direkt auf das periorbitale Weichgewebe auszuwirken. Die Verminderung der Distanz zwischen Oberlid und Oberlidfalte auf Höhe der Pupille dient möglicherweise dazu, dass Augenlid über der Pupille noch zusätzlich anzuheben, um eine Beeinträchtigung des Sichtfelds zu vermeiden. Das Unterlid zeigte sich in allen Blickrichtungen verlängert, wobei sich die Oberlidlänge bei abwärts gerichteter Blickrichtung reduzierte und bei aufwärts gerichteter Blickrichtung vergrößerte. Das Oberlid scheint bei der Augenbewegung somit komplexeren Bewegungsmustern unterworfen zu sein als das Unterlid, was eventuell durch eine vereinfachte anatomische Struktur begründet sein könnte.

Da die Augenbraue bei Männern im Allgemeinen höher angehoben wurde, könnte dies auf eine höhere Aktivität des Musculus frontalis hinweisen. Ältere Probanden zeigten teilweise eine verkleinerte Lidspalte, welche durch eine altersbedingte Verlängerung der Muskelfasern bzw. eine Amplitudenreduktion der mimischen Muskulatur bedingt sein könnte. Die Messungen deuteten ebenfalls darauf hin, dass der äußere Augenaußenwinkel bei älteren Probanden absinkt. Dies könnte durch eine Laxheit der lateralen Augenwinkelsehne verursacht werden.

2. Einleitung

2.1. Gesichtsanthropometrie

Die Gesichtsanthropometrie beschreibt die Analyse der Proportionen des menschlichen Gesichtes und bildet die Grundlage für etliche klinische Studien.^{2,3} Im Rahmen der Analyse werden Messpunkte nach einem reproduzierbaren Schema platziert. Aus diesen Punkten können dann Messstrecken und Messwinkel konstruiert werden, womit eine Vermessung erfolgen kann. Im Zuge der technologischen Weiterentwicklungen sind heutzutage auch Volumenbestimmungen oder Oberflächenmessungen möglich. Die Vermessung erfolgte zu Beginn meist am Patienten selbst, da dies einfach durchzuführen war und am wenigsten Material forderte. Nachteilig ist dabei jedoch die zwingende Anwesenheit des Patienten, was eine erneute Vermessung nach Abschluss der Untersuchung unmöglich macht. Die Messungen mit Messschiebern und Maßbändern können sehr aufwändig sein, daher werden sie von Kindern oder Menschen mit geistigen Behinderungen möglicherweise nicht toleriert. Als Alternative dienen daher häufig zweidimensionale Fotografien, die eine nachträgliche Vermessung erlauben. Doch unterschiedliche Winkel und Brennweiten einer Fotografie können zu einem verzerrten Bild der Morphologie führen und somit ungenaue Messungen liefern. Die Analyse mittels Fotografien stützt sich auf Abstände, Winkel und Indizes, welche nur ungefähre Messungen der eigentlich dreidimensionalen Morphologie liefern.⁴

Die Anwendungsmöglichkeiten der Anthropometrie sind vielseitig, da sie eine objektive Erfassung des Gesichts erlaubt. So können beispielsweise Veränderungen des Alterns analysiert werden.^{5,6} Auch geschlechterspezifische Unterschiede im Gesichtsbereich können untersucht werden.⁷ Anthropometrische Analysen werden unter anderem auch bei syndromalen Erkrankungen herangezogen. Die Analyse von Gesichtstypen kann bei der Identifizierung genetischer Erkrankungen helfen.^{8,9} Ebenfalls bietet sich eine Vermessung des Gesichtes an, um eine postoperative Veränderung objektiv zu erfassen. So können Operationen zwecks ihres Erfolgs beurteilt werden.¹⁰ Auch ästhetische Maßstäbe können in klinischen Studien untersucht werden. So kann beispielsweise erfasst werden, welche Merkmale eines Gesichtes als attraktiv wahrgenommen werden.¹¹ Dabei können auch regionale oder kulturelle Einflüsse auf diese Merkmale untersucht werden.¹² Diese Erkenntnisse können dann wiederum plastischen Chirurgen in der operativen Planung eine Orientierung bieten, um ein für den Patienten zufriedenstellendes operatives Ergebnis liefern zu können.¹³

Dabei ist den anthropometrischen Untersuchungen meist gemein, dass die Probanden nur in einem neutralen Gesichtsausdruck untersucht werden. Eine Untersuchung verschiedener Gesichtsausdrücke ist jedoch interessant, wenn man Rückschlüsse auf die Mimik der Patienten ziehen möchte. Bei Untersuchungen zu Mimik und Gesichtsbewegungen wird meist

das Gesicht als Ganzes analysiert. Studien, die nur Teilbereiche genauer abbilden, sind selten, dabei lassen sie eine detailliertere Untersuchung zu.¹⁴ Falls es in der Literatur zu einer Auswahl eines Teilbereiches kommt, wird meist die periorale Region gewählt. Sie scheint vermeintlich am interessantesten zu sein, da der Mund einen großen Bewegungsspielraum besitzt. Die periorbitale Region wird somit meist vernachlässigt.^{15,16}

2.2. Anatomie

Die periorbitale Region ist für das ästhetische Erscheinungsbild des Gesichts von großer Bedeutung. Besonders den Augen wird eine hohe Bedeutung in der Ästhetik zugeschrieben.¹⁷ Das Sehen ist der Sinneseindruck, welcher gemeinhin als wichtigster gilt. Haut, Fettgewebe, Muskeln, Knochen und Nerven stehen in einem engen Zusammenspiel, um die Funktionalität des Auges zu gewährleisten.¹⁸

Die zentrale knöcherne Struktur dieser Region ist die Augenhöhle (Orbita). Diese umschließt und schützt das Auge mit seinen Begleitstrukturen. Die Orbita wird von dem Stirnbein (Os frontale), dem Keilbein (Os sphenoidale), dem Jochbein (Os zygomaticum), dem Tränenbein (Os lacrimale), dem Siebbein (Os ethmoidale), dem Gaumenbein (Os palatinum) und dem Oberkiefer (Maxilla) gebildet. Auch außerhalb der Orbita verlaufend bilden diese Knochenstrukturen die knöcherne Unterlage der periorbitalen Region.¹⁹

Das Auge wird in der Orbita durch verschiedene Fettkompartimente gestützt. Das orbitale Fett lässt sich in den intraconalen Fettkörper, der den Sehnerv umschließt, und den extraconalen Fettkörper, welcher zwischen der knöchernen Orbita und der Augenmuskulatur liegt, unterscheiden.¹⁹ Diese für die Bewegung des menschlichen Auges zuständige Augenmuskulatur wird durch sechs verschiedene Muskeln gesteuert: Musculus rectus superior, Musculus rectus inferior, Musculus rectus medialis, Musculus rectus lateralis, Musculus obliquus superior und Musculus obliquus inferior.²⁰ Sie können weiterhin in vier gerade (rectus) Muskeln und zwei schräge (obliquus) Muskeln unterteilt werden. Die Innervation der Muskeln erfolgt durch drei verschiedene Hirnnerven. Der Nervus trochlearis innerviert den Musculus obliquus superior. Der Nervus abducens innerviert den Musculus rectus lateralis. Die restlichen Augenmuskeln werden durch den Nervus oculomotorius innerviert.²⁰

Der Musculus rectus superior entspringt dem kranialen Anteil des Sehnerringes und setzt an dem oberen Anteil der Sklera vor dem Äquator des Bulbus an. Die Hauptbewegung ist eine Drehung des Augapfels nach oben. Zusätzlich wird das Auge adduziert, also einwärtsgedreht, und leicht nach innen rotiert. Der Musculus rectus inferior entspringt dem kaudalen Teil des Sehnerringes und setzt an der Unterseite ventral des Äquators an. Er dreht den Augapfel nach unten, führt zu einer Adduktion und einer leichten Auswärtsrotation. Der Musculus rectus lateralis entspringt ebenfalls dem Sehnerring und setzt an der Sklera lateral am Bulbus und ventral des Äquators an. Die Kontraktion führt zu einer Abduktion, also einer Auswärtsdrehung

des Bulbus. Der Musculus rectus medialis entspringt dem medialen Anteil des Sehnenrings und setzt an der Sklera der medialen Fläche des Bulbus ventral des Äquators an. Die Kontraktion bewirkt eine Adduktion, also eine Einwärtsdrehung. Der Musculus obliquus superior entspringt dem Os sphenoidale bzw. dem Periost der Periorbita und zieht über den Musculus rectus medialis nach vorne. Am Rand der Orbita wird der Muskel über eine bindegewebige Trochlea umgelenkt. Daraufhin zieht er nach dorsal und setzt an der Sklera am oberen Anteil des Augapfels hinter dem Äquator an. Bei Kontraktion wird das Auge nach unten gedreht, die Abduktion unterstützt und die obere Bulbushälfte nach innen rotiert. Der Musculus obliquus inferior entspringt dem Orbitaboden der Maxilla. Er läuft lateral um den Augapfel herum und kreuzt den M. rectus inferior. Er inseriert über die Sklera am hinteren, unteren Teil des Bulbus. Bei Kontraktion dreht der Muskel den Augapfel nach oben, unterstützt die Abduktion und rotiert die obere Hälfte des Bulbus auswärts.^{21,22}

Für den Gesichtsbereich charakteristisch ist die mimische Muskulatur. Diese oberflächlich gelegene quergestreifte Muskulatur entspringt von Schädelknochen, Aponeurosen oder von benachbarten Muskeln und setzt über elastische Endsehnen in der Haut an. Sie wird über den siebten Hirnnerven, den Nervus facialis, innerviert. Dieser teilt sich im Plexus parotideus in fünf Seitenäste, die im Verlauf die mimische Muskulatur versorgen. Der obere Ramus temporales zieht über den Jochbogen in die Temporalregion. Der Ramus zygomaticus zieht auch über den Jochbogen an den lateralen Augenwinkel. Der Ramus buccales zieht in die Wangenregion. Der Ramus marginalis mandibulae zieht in die Unterlippe und das Kinn. Der kaudalste Ast, Ramus colli, läuft unterhalb des Platysmas zum Hals.²³

An der Stirn liegt der Musculus frontalis, der auch als vorderer Bauch des M. occipitofrontalis bezeichnet wird. Seine Fasern entspringen der Epikranialaponeurose und verlaufen vertikal nach unten, um in der Haut der Augenbraue zu enden. Dort vereinigen sich die Fasern mit denen des Musculus orbicularis oculi und des Musculus corrugator supercilii. Er hebt so die Stirn und die Augenbraue an. Dabei sorgt er für eine horizontale Faltenbildung der Stirn.²⁴ Der Musculus orbicularis oculi liegt oberflächlich unter der Haut der Augenlider. Dieser ringförmige Muskel umgibt das Auge und erstreckt sich in die vordere Schläfenregion, die infraorbitale Wange und die Augenbrauenregion. Anatomisch ist er in den orbitalen und palpebralen Anteil zu unterteilen. Der palpebrale Anteil lässt sich weiter in einen prä tarsalen und einen präseptalen Teil auffächern. Der orbitale Teil entspringt der pars nasalis des Os frontale, dem Processus frontalis der Maxilla sowie der medialen Kanthalsehne. Die kranialen Fasern vereinigen sich mit Musculus Frontalis, die restlichen Fasern setzen subkutan an. Die Kontraktion führt zum Schließen des Auges, indem das obere Augenlid zum Schutz des Augapfels gesenkt wird. Die Funktion des Muskels ist ebenfalls wichtig beim Blinzeln, welches für die Befeuchtung der Hornhaut wichtig ist. Der laterale Anteil des Musculus orbicularis oculi führt bei Kontraktion zu den umgangssprachlichen Krähenfüßen.²⁵⁻²⁷ Der Musculus corrugator

supercilii entspringt an der medialen Kante der Augenbraue am Os frontale und verläuft dann nach lateral kranial. Er fächerförmig sich auf und setzt an der Haut in der Mitte der Augenbraue an. Dieser Muskel drückt die Augenbraue nach unten und bildet vertikale Falten in der Haut, welche auch als Zornesfalten bezeichnet werden. Der Musculus procerus entspringt mittig vom kaudalen Nasenbein und zieht vertikal nach oben. Über der Glabella setzt er zwischen dem Musculus corrugator supercilii an. Die Endfasern des Muskels sind teilweise mit diesem und dem medialen Teil des Musculus orbicularis oculi verwachsen. Dieser Muskel führt bei Kontraktion zur Bildung von horizontalen Falten am Nasenrücken durch Herabziehen der Stirn.²⁵ Der Musculus depressor supercilii hat seinen Ursprung am processus frontalis der Maxilla und zieht vertikal nach oben um an der medialen Augenbraue anzusetzen. Dieser Muskel zieht ebenfalls die Augenbraue nach unten.²⁸ Der Musculus nasalis lässt sich in zwei Teile unterteilen. Kranial liegt die pars transversa, welche von der Maxilla auf Höhe der Incisivi quer nach kranial und medial verläuft. Sie vereinigt sich mit dem Muskel der Gegenseite über dem Nasenrücken. Bei Kontraktion verkleinert der Muskel die Nasenöffnung. Die pars alaris hat einen etwas medianeren Ursprung an der Maxilla und zieht dann in den Knorpel des Nasenflügels (Cartilago alaris nasi). Eine Kontraktion bewirkt eine Erweiterung der Nasenlöcher. Bei maximaler Kontraktion können sich schräge Falten am oberen Nasenrücken bilden, welche auch „Bunny Lines“ genannt werden.^{25,29} Der Musculus levator labii superioris alaeque nasi entspringt am Processus frontalis des Os maxillare. Er verläuft nach kaudal lateral, um in den Nasenknorpel und die Oberlippe zu inserieren. Der Muskel hebt die Oberlippe an, vertieft die Nasolabialfalte und erweitert die Öffnung der Nasenlöcher. Der Musculus levator labii superioris entspringt knapp oberhalb des Foramen infraorbitale und bedeckt den dort austretenden Nervus infraorbitales. Auch dieser Muskel inseriert in die Oberlippe und bewirkt ebenfalls eine Anhebung der Oberlippe und eine Vertiefung der Nasolabialfalte. Der Musculus zygomaticus major entspringt dem Os zygomaticum und zieht zum Mundwinkel, welcher sich bei Kontraktion anhebt. Der Musculus zygomaticus minor entspringt medial des Musculus zygomaticus major ebenfalls am Jochbein und setzt an der Oberlippe an. Der Muskel hebt die Oberlippe an und vertieft die Nasolabialfalte.^{25,26,29}

2.3. Mimik

Die Mimik beschreibt sichtbare Bewegungen der Gesichtsoberfläche, welche durch Kontraktionen der mimischen Muskulatur bedingt sind. Bei einem Gespräch tauschen Gesprächspartner neben verbaler Interaktion auch kontinuierlich eine Vielzahl von Signalen aus. Diese können Blicke, Gesten oder auch Gesichtsausdrücke beinhalten.³⁰ Die Mimik ist ein wichtiger Bestandteil dieser nonverbalen Kommunikation.³¹ Sie kann von Menschen wahrgenommen und interpretiert werden. Die Mimik ist ein zentrales Element des

menschlichen Ausdrucksverhaltens und eignet sich besonders dazu Emotionen auszudrücken und nach außen zu kommunizieren.³²

Der Begriff der Mimik ist fest verankert mit dem Ausdruck von Emotionen. Schon früh wurde geforscht, ob Emotionen kulturübergreifend seien. Weiterhin wurde überlegt, welche Gefühle als grundlegende Emotionen beschrieben werden könnten. Charles Darwin gilt als einer der ersten Wissenschaftler der Gesichtsausdruck systematisch untersuchte, indem er interkulturelle Vergleiche durchführte. Darwin stellte bei seinen Beobachtungen starke Ähnlichkeiten im Gesichtsausdruck zwischen Menschen verschiedener Kulturen, aber auch zwischen Menschen und Tieren fest. Er vermutete eine Universalität bestimmter Gesichtsausdrücke.^{33,34} Auf Darwins Arbeiten aufbauend führte Paul Ekman eine Vielzahl von Studien durch, die eine Universalität des Gesichtsausdruckes weiter belegen sollten. Er identifizierte sechs grundlegende Emotionen: Wut, Ekel, Angst, Glück, Trauer und Überraschung. Später wurden diese durch ihn noch um weitere elf Emotionen ergänzt.^{35,36} Er entwickelte zudem das Facial action coding system, ein erstes Tool zur Identifizierung von Gesichtsausdrücken.³⁷

Um einen Gesichtsausdruck einer Person zu interpretieren, ist nicht immer das ganze Gesicht notwendig. Oft genügen einzelne Partien zur Interpretation, wie beispielsweise traurige Augen oder ein glücklicher Mund.^{38,39} Der Augenkontakt bei sozialen Interaktionen scheint eine große Rolle zu spielen und begründet die Relevanz der periorbitalen Region. So zeigt sich in klinischen Studien beispielsweise eine besondere Fixierung des Blickes auf die Augenpartie bei Anblick von traurigen Gesichtsausdrücken. Auch in Gegenwart eines wütenden Gesichtsausdrucks zeigt sich, dass diese Region von Probanden häufig fixiert wird.^{40,41} Die Emotionserkennung einer ängstlichen Mimik scheint ebenfalls aus dem oberen Teil des Gesichts zuverlässiger zu gelingen als aus dem unteren Teil.⁴²

Diese Tatsache wird allgemein durch die COVID-19-Pandemie bewiesen. Da der Mund größtenteils durch eine Maske bedeckt war, wurde die nonverbale Kommunikation auf den periorbitalen Bereich reduziert. Dies stört die Wahrnehmung von Mimik und Emotionen. Trotzdem erscheint diese weiterhin möglich, wenn auch weniger genau.⁴³

2.4. Augenbewegung

Bereits in der frühen Evolutionsgeschichte lassen sich rudimentäre Augenbewegungen in Fischen beim Schwimmen wiederfinden. Bei Drehungen des Kopfes wird über einen Reflex eine Ausgleichsbewegungen der Augen hervorgerufen. Auch Wirbeltiere begannen in ihrer Entwicklungsgeschichte Nahrungsstücke mit dem Kopf zu fixieren, um ein schnelleres Fressen zu ermöglichen. Einige Arten entwickelten dann neben Kopfbewegungen auch gezielte Augenbewegungen. Diese machten damit auch ein Anvisieren bestimmter Objekte möglich.⁴⁴⁻

Die Verwendung von Augenbewegungen wird durch die Auflösungsverteilung in der Netzhaut bestimmt. Augen führen eher zielorientierte Augenbewegungen aus, wenn deren Netzhaut Bereiche mit höherer Ganglienzelldichte enthalten. So kann der Blickfokus auf den Bereich mit hoher Ganglienzelldichte gelenkt werden und Bilder mit der besten Auflösung generiert werden. Die reibungslose Verfolgung eines Objektes allein mit den Augen ist im Tierreich wahrscheinlich auf Primaten beschränkt. Insbesondere Vögel neigen daher hauptsächlich eher zu Kopfbewegungen als Augenbewegungen um den Blick zu verändern. Eine Verlagerung des Blickfokus auf der Netzhaut führt bei Ihnen zu keiner Verbesserung des Bildes.⁴⁶⁻⁴⁸ Die binokulare Disparität, welche die Wahrnehmung der Tiefeninformation beschreibt, ist selten und wurde nur bei Kröten, Eulen, Katzen und Primaten nachgewiesen. Sie dient den Tieren primär zur Entfernungsbeurteilung.⁴⁶

Grundsätzlich werden vier Arten von Augenbewegungen unterschieden. Dies sind die Sakkaden, Folgebewegungen, Konvergenzbewegungen und vestibulookuläre Reflexbewegungen.

Sakkaden sind schnelle Bewegungen der Augen, bei denen sich die Fixierungspunkte abrupt ändern. Die Amplitude der Bewegung kann klein sein, beispielsweise beim Lesen. Aber auch große Amplituden sind möglich, wie beim Umherblicken in einem Raum. Sakkaden können willkürlich ausgelöst werden, treten jedoch reflexartig auf^{49,50}.

Verfolgungsbewegungen sind viel langsamere Bewegungen der Augen. Sie sind darauf ausgelegt einen sich bewegenden Punkt auf der Fovea zu halten. Solche Bewegungen unterliegen der willkürlichen Kontrolle und ermöglichen es dem Beobachter damit einen sich bewegenden Reiz mit den Augen zu verfolgen.^{50,51} Diese Art der Augenbewegungen wird auch durch die Probanden dieser Studie gefordert.

All diesen Augenbewegungen gemein ist, dass sich beide Augen in die gleiche Richtung bewegen. Daher werden sie auch konjugierte Augenbewegungen genannt. Bei der Vergenzbewegung richten sich die Fovea beider Augen auf Ziele aus, die sich in unterschiedlicher Entfernung vom Beobachter befinden. Da sich die Augen somit gegensätzlich bewegen, werden diese Augenbewegungen daher als diskonjugiert bezeichnet. Die Augenbewegung beinhalten entweder eine Konvergenz oder Divergenz der individuellen Sichtlinien beider Augen. So kann ein Objekt fokussiert werden, dass näher oder weiter entfernt ist. Zu diesem System der Nahreflextriade sind ebenfalls die Akkommodation der Linse, die das Objekt scharf stellt, und die Pupillenverengung, die die Schärfentiefe erhöht von Bedeutung.^{50,52}

Vestibulookuläre Bewegungen stabilisieren die Augen in Bezug auf die Außenwelt. So können Kopfbewegungen kompensiert werden. Diese Reflexbewegungen verhindern ein Verschwimmen bzw. Verwackeln der wahrgenommenen Bilder.^{50,53}

Die Augen bilden mit den Augenlidern eine funktionelle Einheit. Die Augenlider schützen das Auge vor Verletzungen und Hornhautabrieb. Sie sorgen durch häufiges Blinzeln im Wachzustand für eine Aufrechterhaltung des Tränenfilm und Verhindern ein Austrocknen in der Nacht. Weiterhin wird durch die Lidbewegung die ins Auge einfallende Lichtmenge reguliert.⁵⁴

2.5. Dreidimensionale Fotografie

Eine indirekte anthropometrischen Messung mittels zweidimensionaler Photographien lässt keine exakte Vermessung dreidimensionalen Gesichter zu. Daher wurden in den letzten Jahrzehnten eine Reihe von 3D-Bildgebungsverfahren entwickelt, die dazu dienen sollen, topografische Oberflächendaten des Gesichts zu ermitteln. Anfangs wurde ein Verfahren entwickelt, welches den Moiré-Effekt nutzt. Dieser tritt auf, wenn sich Gitter oder Linien überlagern. Es entstehen dabei neue Muster oder Rasterstrukturen. Ein Beispiel dafür lässt sich beim Drucken von Photographien finden. Enthalten die Fotos feine Rasterungen, beispielsweise auf Kleidungsstücken, kann bei einem Tintenstrahldruck, welcher ebenfalls mittels Rasterverfahren druckt, der Moiré-Effekt sichtbar werden. Normalerweise gilt der Effekt daher als Störfaktor, kann aber auch gezielt genutzt werden. Auf die Oberfläche eines Gesichtes können symmetrisch um eine gemeinsame Mitte angeordnete Raster projiziert werden. Das entstehende Moiré-Muster wird fotografiert und anschließend eingescannt. So können aus den überlagerten Mustern dreidimensionale Raumkoordinaten der gescannten Oberfläche ermittelt werden.⁵⁵ Dieses System zur Vermessung der Gesichtsmorphologie konnte auch erfolgreich an Studienprobanden eingesetzt werden.^{56,57} Aufgrund der Ungenauigkeit und Umständlichkeit der Auswertung, wurde dieses Verfahren jedoch schnell verworfen. Es setzten sich dafür primär Laser gestützte Messverfahren durch. Diese Systeme basierten auf der Analyse mittels einer Videokamera, die eine vertikal auf das Gesicht projizierte Laserlinie betrachtet. Um das gesamte Gesicht abzutasten zu können, sitzt die Versuchsperson daher auf einem Stuhl, der sich computergesteuert um wenige Grad pro Sekunde dreht.⁵⁸

Abgelöst wurde dieses System schließlich durch die Stereofotogrammetrie. Sie setzt durch zeitgleiches Auslösen von zwei oder mehr Kameras ein dreidimensionales Bild zusammen. Der Vorteil ist, dass das Foto direkt geschossen wird. Die Versuchsperson muss also nicht wie bei der Lasermessung teilweise minutenlang regungslos verharren, bis die Messungen abgeschlossen sind. Der Laser birgt zudem gerade im Gesichtsbereich bei falscher Anwendung gewisse Gefahren bezüglich einer Augenschädigungen. Außerdem kann neben der Topografie auch die Oberfläche als Fotografie miterfasst werden. Eine große Abdeckung bis zu 360 Grad ist mit dieser Bildgebung ebenfalls möglich. Die Bilder können zudem leicht archiviert werden und bieten die Möglichkeit für spätere zusätzliche Analysen. Die anfangs

noch großen, teuren und unhandlichen Geräte wurden mit der Zeit kostengünstiger und kompakter.^{59,60}

Die dreidimensionale Analyse der Gesichtsmorphologie erweist sich als zuverlässig und reproduzierbar. Dreidimensionale Bilder scheinen im Vergleich zu zweidimensionalen Bildern eine höhere Genauigkeit zu besitzen.^{61,62} Selbst im Vergleich zur direkten Anthropometrie liefert die dreidimensionale Analyse zumindest vergleichbare Ergebnisse.^{63,64}

2.6. Fragestellungen und Ziel der Arbeit

Ziel dieser klinischen Studie war die bei Mimik und Augenbewegungen entstehenden Bewegungen in der Periorbitalregion zu untersuchen. Mittels einer stereoskopischen Fotokamera wurden dreidimensionalen Modelle der Probanden angefertigt. Die anschließende Analyse erfolgte durch ein auf anatomische Orientierungspunkte fixiertes Messsystem. Es sollte weiterhin auch untersucht werden, ob Geschlecht oder Alter die Bewegungen beeinflusst.

3. Material und Methoden

3.1. Patientenkollektiv

Die Studienteilnehmer wurden in der augenärztlichen Ambulanz der Universität zu Köln rekrutiert. Das Mindestalter zur Teilnahme betrug 18 Jahre. Durch eine mündliche Anamneseerhebung wurden mögliche Ausschlusskriterien identifiziert. Diese waren unter anderem vorangegangene Operationen an Augen oder Augenlidern. Auch akute oder chronische Erkrankungen, die einen Einfluss auf die periorbitale Anatomie nehmen könnten, waren ein mögliches Ausschlusskriterium. Probanden wurden ebenfalls nach erlittenen Unfällen, beispielsweise Mittelgesichtsfrakturen oder Platzwunden, befragt. Falls diese zu einer anatomischen Deformation führen könnten, wurden die Probanden ebenfalls nicht in das Studienkollektiv aufgenommen. Diese Studie steht im Einklang mit der Deklaration von Helsinki und wurde durch die Ethikkommission genehmigt. Die Probanden wurden über den Ablauf der Studie informiert und gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab.

Insgesamt wurden 60 Probanden rekrutiert. Das Alter und Geschlecht wurden erfasst. 30 Probanden waren weiblich und 30 Probanden waren männlich, somit ergab sich eine gleichmäßige Aufteilung nach Geschlecht mit jeweils 30 Probanden. Der jüngste Proband war 18 Jahre und das Alter des ältesten Probanden betrug 87 Jahre. Das Durchschnittsalter des Kollektivs errechnete sich mit $49,3 \pm 17,8$ Jahren. Neben einer Gruppierung bezüglich des Geschlechts, erfolgte ebenfalls eine Gruppenbildung mittels Alter. So konnten die Studienteilnehmer in eine jüngere Gruppe (Alter 18-49) mit 30 Probanden und eine ältere Gruppe (Alter 50-70+) mit 30 Probanden aufgeteilt werden.

3.2. Dreidimensionale Bildaufnahme

Die dreidimensionale Bildaufnahme erfolgte mit einem stereophotogrammetrischen Kamerasystem namens VECTRA M3 (Canfield Scientific, Inc., Parsippany, N.J.). Vor jeder Aufnahme wurde die Kamera (Abbildung 1) gemäß der Gebrauchsanweisung kalibriert. Die Probanden wurden gebeten den gesamten Gesichtsbereich frei von Haaren zu halten und Make-up jeglicher Art zu entfernen. Anschließend wurden die Probanden auf einem höhenverstellbaren Hocker vor der Kamera platziert. Die Aufnahmesoftware des Kamerasystems gab die optimale Ausrichtung des Kopfes mit drei parallelen Linien vor. Die Höhe des Stuhls wurde so angepasst, dass die Position des Kopfes mit den Linien übereinstimmt. Auch zwischen den Aufnahmen wurde der Patient immer wieder neu zentriert.

Die Probanden konnten ebenfalls über einen kleinen sich am Kamerasystem befindlichen Spiegel die korrekte Kopfposition überprüfen und bei Bedarf korrigieren. Der Spiegel diente für die Probanden ebenfalls als Blickpunkt, um eine identische Augenposition sicherzustellen. Die Aufnahme wurde durch den Untersucher nach Abzählung eines Countdowns ausgelöst, sodass die Probanden sich auf den Auslösezeitpunkt vorbereiten konnten. Somit konnte ein unabsichtliches Blinzeln während des Aufnahmezeitpunktes vermieden werden. Alle Aufnahmen wurden in den gleichen Räumlichkeiten durchgeführt. Der Raum wurde durch eine künstliche Lichtquelle beleuchtet und konnte mit einem Vorhang vor dem Außenlicht abgeschottet werden. Somit



Abbildung 1: 3D Kamera

Kamerasystem VECTRA M3 (Canfield Scientific, Inc., Parsippany, N.J.)

<https://www.canfieldsci.com/common/docs/imaging-systems/vectra-m3-3d-imaging-system/VECTRAM3Dimensions.pdf>

konnte eine gleiche Belichtung für jede Aufnahme unabhängig von der Tageszeit garantiert werden. Die Positionen des Kamerasystem und des Hockers waren mittels Markierungen am Boden gekennzeichnet und blieben daher unverändert.

Zunächst wurde ein neutraler Gesichtsausdruck aufgenommen, anschließend erfolgte die Aufnahmen der Mimik- und Augenbewegungsaufnahmen. Nach dem Renderprozess wurden die Bilder anschließend auf Studientauglichkeit geprüft und gegebenenfalls einzelne Aufnahmen wiederholt.

3.3. Mimik und Augenbewegung

Um die Gesichtsbewegungen der periorbitalen Region zu repräsentieren, wurden acht Gesichtsausdrücke ausgewählt. Diese mussten für die Probanden leicht verständlich und allgemein reproduzierbar sein. Viele Gesichtsausdrücke sind mit Emotionen verknüpft und können individuell zu unterschiedlichen Gesichtsbewegungen führen, weswegen möglichst eindeutige Ausdrücke gewählt wurden. Die Probanden sollten zunächst lächeln und darauffolgend einen lachenden Gesichtsausdruck zeigen. Darauf erfolgte ein böser Gesichtsausdruck. Die Probanden sollten ebenfalls die Augen locker schließen und in einem weiteren Bild die Augen weit aufreißen. Außerdem wurden die Probanden gebeten einen Kussmund zu formen und die Wangen aufzuplustern.

Neben der Mimik sollten ebenfalls Augenbewegung untersucht werden. Dazu wurde der Blickkreis in acht Blickrichtungen unterteilt. Zunächst blickten die Patienten nach oben, dann

nach oben rechts, nach rechts, unten rechts, unten, unten links, links und oben links. Unterstützend zu den Ansagen der Blickrichtungen dienten im Raum markierte Blickpunkte, welche den Patienten genannt werden konnten.

3.4. Messpunkte

Für die anthropometrische Analyse der Bilder musste ein passendes Messsystem gefunden werden. Dieses Messsystem sollte auf die Periorbitalregion spezialisiert sein und für eine dreidimensionale Bildgebung tauglich sein. Diesen Kriterien entsprach am ehesten das Messpunktsystem von Guo Y. et al., welches auch bereits auf Zuverlässigkeit getestet worden ist.^{1,61}

Das System basiert primär auf anatomischen Leitstrukturen. Diese sind der Augeninnenwinkel, der mediale Limbus, der Mittelpunkt der Pupille, der laterale Limbus und der Augenaußenwinkel. Andere Messpunkte werden durch Achsenverschiebungen gebildet. Insgesamt können so 52 Messpunkte identifiziert werden und auf dem dreidimensionalen Modell platziert werden. Aus diesen Messpunkten können nun verschiedene Distanzen, Umfänge und Winkel gebildet werden. Es ergeben sich insgesamt 37 lineare Distanzen, 7 Umfänge und 5 Winkelmessungen. Für die Platzierung der Messpunkte wurde das dreidimensionale Modell in ein Analyseprogramm (VECTRA Analysis Module software version 2.8.2 ,Canfield) geladen. Die Modelle wurden falls nötig vor Vermessung achsengerecht ausgerichtet.

Definition	Abkürzung	Messpunkte
Lineare Distanzen		
Breite der Lidspalte	PFW	En-Ex
Höhe der Lidspalte	PFH	Ps-Pi
Abstand Augeninnenwinkel und Augenbraue im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EEeD_I, EEeD_M, or EEeD_S	EEe-En
Abstand Oberlidfalte und Lidrand (medial paralimbal)	FPDm	FUm-Um
Abstand zwischen Augenbraue und Lidrand (medial paralimbal) des unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EPDm_I, EPDm_M, or EPDm_S	EUm-Um
Abstand Oberlidfalte und Lidrand (medialer Limbus)	FLmD	FLm-Lm'
Abstand zwischen Augenbraue und Lidrand (medialer Limbus) im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	ELmD_I, ELmD_M, or ELmD_S	ELm-Lm'
Abstand Oberlidfalte und Lidrand auf Höhe der Pupille	FPD	Ps-FPs
Abstand Augenbrauen und Lidrand (Ps) auf Höhe der Pupille im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EPD_I, EPD_M, or EPD_S	Ps-EPs
Abstand Oberlidfalte und Lidrand (lateraler Limbus)	FLID	FLI-LI'
Abstand zwischen Augenbraue und Lidrand (lateraler Limbus) im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	ELID_I, ELID_M, or ELID_S	ELI-LI'
Abstand Oberlidfalte und Lidrand (lateral paralimbal)	FPDI	FUI-UI
Abstand zwischen Augenbraue und Lidrand (lateral paralimbal) im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EPDI_I, EPDI_M, or EPDI_S	EUI-UI
Abstand Oberlidfalte und Augenaußenwinkel	FExD	FEx-Ex
Abstand Augenaußenwinkel und Augenbraue im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EEeX_I, EEeX_M, or EEeX_S	EEe-Ex
Abstand Oberlidfalte und Augenaußenwinkel von lateral	FExDI	FExI-Ex
Abstand Augenbraue und Augenaußenwinkel von lateral im unteren, mittleren oder oberen Messpunkt	EEeXDI_I, EEeXDI_M, or EEeXDI_S	EEeI-Ex
Irisdurchmesser	ID	Lm-LI
Innere Interkanthalabstand	EnD	En (links)-En (rechts)
Augenabstand	Pc	Pc (links)-Pc (rechts)
Äußerer Interkanthalabstand	ExD	Ex (links)-Ex (rechts)
Umrisse		
Länge des oberen Lidrandes	UPML	En-Um-Lm'-Ps-LI'-UI-Ex
Länge des oberen Lidrandes (mit interpolierten Messpunkten)	UPMLm	zusätzlich 4 interpolierte Messpunkte bei Lm'-Ps-LI'-UI-Ex
Länge des unteren Lidrandes	LPML	En-Um'-Lm''-Pi-LI''-UI'-Ex
Länge des unteren Lidrandes (mit interpolierten Messpunkten)	LPMLm	zusätzlich 4 interpolierte Messpunkte bei Lm''-Pi-LI''-UI'-Ex
Untere Augenbrauenlänge	EL_I	Em-EEe-Elm-EPs-EUI-EEe-EEeI-EI
Mittlere Augenbrauenlänge	EL_M	Em'-EEe'-Elm'-ELm'-EPs'-ELI'-EUI'-EEe'-EEeI'-EI'
Obere Augenbrauenlänge	EL_S	Em''-EEe''-Elm''-ELm''-EPs''-ELI''-EUI''-EEe''-EEeI''-EI''
Winkel		
Medialer Augenwinkel (Messung auf Pupillenebene)	MCA	Ps-En-Pi
Medialer Augenwinkel (winkelnähe Messung)	MCAm	Um-En-Um'
Lateraler Augenwinkel (Messung auf Pupillenebene)	LCA	Ps-Ex-Pi
Lateraler Augenwinkel (winkelnähe Messung)	LCAm	UI-Ex-UI'
Canthal-Neigung	CT	Ex (links)-En (links)-En (rechts)

Tabelle 1: Messsystem

Das Vermessungssystem besteht aus 37 linearen Distanzen, sieben Umfangmessungen und fünf Winkelmessungen, welche aus 52 Messpunkten konstruiert werden.¹

Die zentralen Messpunkte, bestehend aus Augeninnenwinkel, dem medialen Limbus, dem Mittelpunkt der Pupille, dem lateralen Limbus und dem Augenaußenwinkel, wurden zuerst platziert und sind in Abbildung 2 rot markiert. Nun wird eine vertikale Achse auf diese Punkte gelegt. Die Schnittpunkte der Achse mit dem Unterlid, dem Oberlid, der oberen Lidfalte, der unteren Begrenzung der Augenbraue, der Mitte der Augenbraue und der oberen Begrenzung der Augenbraue ergeben neue Messpunkte. Dieses Vorgehen wird nun an allen zentralen Messpunkten wiederholt. Anschließend werden zwei weitere vertikale Achsen in Halbierung der Strecke des medialen bzw. lateralen Augeninnwinkels mit dem medialen bzw. lateralen Limbus gebildet. Es entsteht somit eine mediale paralimbale und eine laterale paralimbale Achse. Die Schnittpunkte dieser Achsen ergeben ebenfalls neue Messpunkte. Zusätzlich wird in einer 90 Grad Seitenansicht des Modells eine weitere vertikale Achse auf den Augenaußenwinkel gelegt, sodass aus den Schnittpunkten mit der Lidfalte und der Augenbraue weitere Messpunkte entstehen. Zusätzliche Messpunkte werden an der medialen Begrenzung der Augenbraue in Höhe der Augenbrauenunterkante, der Augenbrauenmitte und

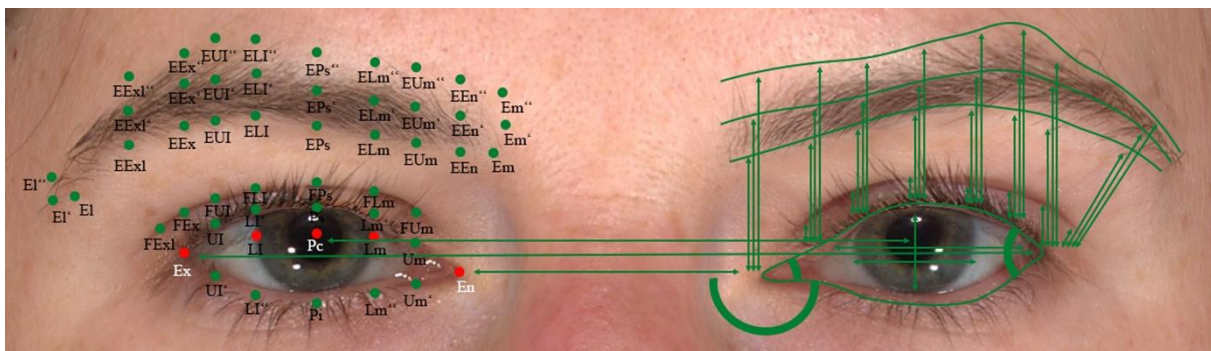


Abbildung 2: Messpunkte in der Periorbitalregion

52 Messpunkte wurden um die rechte Periorbitalregion platziert und aus diesen folgend 49 Messungen auf der linken Periorbitalregion konstruiert ¹.

der Augenbrauenoberkante gesetzt. Nach gleichem Vorgehen wird die laterale Begrenzung der Augenbraue mit Messpunkten versehen. (Abbildung 2)

Zunächst lassen sich die Strecken vermessen, beginnend mit der Höhe und Breite der Lidspalte. Vom Augeninnenwinkel aus wird zunächst die Distanz zur Unterkante der Augenbraue, zur Mitte der Augenbraue und zur Oberkante der Augenbraue gemessen. Nach lateral gehend wird nun auf der medialen paralimbalen Achse zunächst die Distanz von Oberlidkante zur Oberlidfalte gemessen. Dann erfolgt die Streckenmessung von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante. Dann erfolgen Messungen auf Höhe des medialen Limbus von Oberlidkante zur Oberlidfalte, zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante. Nach diesem Schema wird auch auf Höhe der weiteren vertikalen Achsen vermessen. Dann erfolgt die Bestimmung des Irisdurchmesser. Der Abstand zwischen den Augeninnenwinkeln, zwischen den Pupillen und zwischen den Augenaußenwinkeln wird ebenfalls vermessen.

Als nächstes folgen die Umfangsmessungen. Dafür wird eine Verbindungslinie zwischen Augeninnenwinkel und Augenaußenwinkel über die Messpunkte auf der Ober- bzw. Unterlidkante gebildet. Die Länge dieser Verbindungslinie entspricht der Länge der Ober bzw. Unterlidkante. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, wurden anschließend jeweils vier zusätzliche interpolierte Messpunkte genau auf den Lidkanten platziert und eine zweite Messung vorgenommen. Die Länge der Augenbraue wird in drei Höhen durch Messungen entlang der kaudalen, der mittleren und der kranialen Messpunkte bestimmt.

Es folgt die Winkelbestimmung mit dem medialen Augeninnenwinkel als Zentrum und dem Ober- bzw. Unterlid in Höhe der Pupillenmitte als Schenkel. Ein weiterer medialer Augeninnenwinkel wird mit den winkelnahen Messpunkten auf dem Ober- und Unterlid vorgenommen. Diesem Prinzip folgend, lassen sich ebenfalls die beiden lateralen Augeninnenwinkel bestimmen. Der canthale Neigungswinkel wird durch einen Winkel mit dem Augeninnenwinkel als Winkelzentrum, sowie des Augenaußenwinkels und des Augeninnenwinkels des Gegenauges als Winkelschenkel vorgenommen. (Tabelle 1, Abbildung 2)

3.5. Auswertung und Statistik

Dieses Messsystem wurde bis dato nur bei neutralen Gesichtsausdrücken verwendet. Bei der Durchführung dieser Studie ergaben sich daher einige Probleme, die umgangen werden mussten. Beispielsweise war beim geschlossenen Auge ein Großteil der anatomischen Leitstrukturen für die Platzierung der Messpunkte durch das Augenlid verdeckt. Um trotzdem eine Platzierung der Messpunkte zu ermöglichen, wurde das Modell des neutralen Gesichtsausdruckes des gleichen Probanden semi-transparent übereinandergelegt. Die verdeckten anatomischen Strukturen konnten nun interpoliert werden. Diese Technik war auch teilweise bei den Aufnahmen der Augenbewegung notwendig. Das Augenlid verdeckte bei kaudalen Blickrichtungen teilweise die Cornea. Um eine größere Population zu erreichen, wurden die Augen der Probanden getrennt voneinander untersucht. Um dies zu ermöglichen, wurden die im Versuch durchgeführten Augenbewegungen von rechts und links, nach lateral und medial kategorisiert. Die Daten wurden dementsprechend umsortiert.

Zunächst wurden die Messwerte der verschiedenen Mimik und Gesichtsbewegungen mit den Ausgangswerten des neutralen Basisbildes verglichen. Zunächst wurde also jeder Messwert des Bildes der zu untersuchenden Gesichts- bzw. Augenbewegung mit dem Messwert des Bildes des neutralen Gesichtsausdruckes des gleichen Probanden in ein Verhältnis gesetzt. So erhielt man für jedes Bild der Gesichts- bzw. Augenbewegung spezifische relative prozentuale Messwerte.

Weiterhin wurden die Probanden in zwei Gruppen nach Geschlecht, männlich oder weiblich, aufgeteilt. Die prozentualen Differenzen zu den neutralen Ausgangsbildern wurden zwischen

den Gruppen miteinander verglichen. Zudem wurde die Studienpopulation auch in zwei Gruppen bezüglich des Alters aufteilt, wobei eine junge Gruppe (18-49) und eine alte Gruppe (50-70+) gebildet wurde. Die prozentualen Differenzen wurden ebenfalls zwischen diesen beiden Gruppen miteinander verglichen.

3.6. Statistik

Die Statistik wurde mit dem Statistikprogramm SPSS (SPSS 29.0.2.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) berechnet. Nach einer Überprüfung der jeweiligen Datensätze auf Normalverteilung mittels des Kolmogorow-Smirnow-Tests, wurden allgemeine deskriptive Parameter (Mittelwert, Standardabweichung) errechnet. Die Berechnung der statistischen Resultate erfolgte mit Vorliegen einer Normalverteilung mithilfe parametrischer Tests (Einstichproben-t-Test, Zweistichproben-t-Test). Das Signifikanzniveau lag per Definition bei $p < 0,05$.

4. Ergebnisse

4.1. Mimik

4.1.1. Lächeln

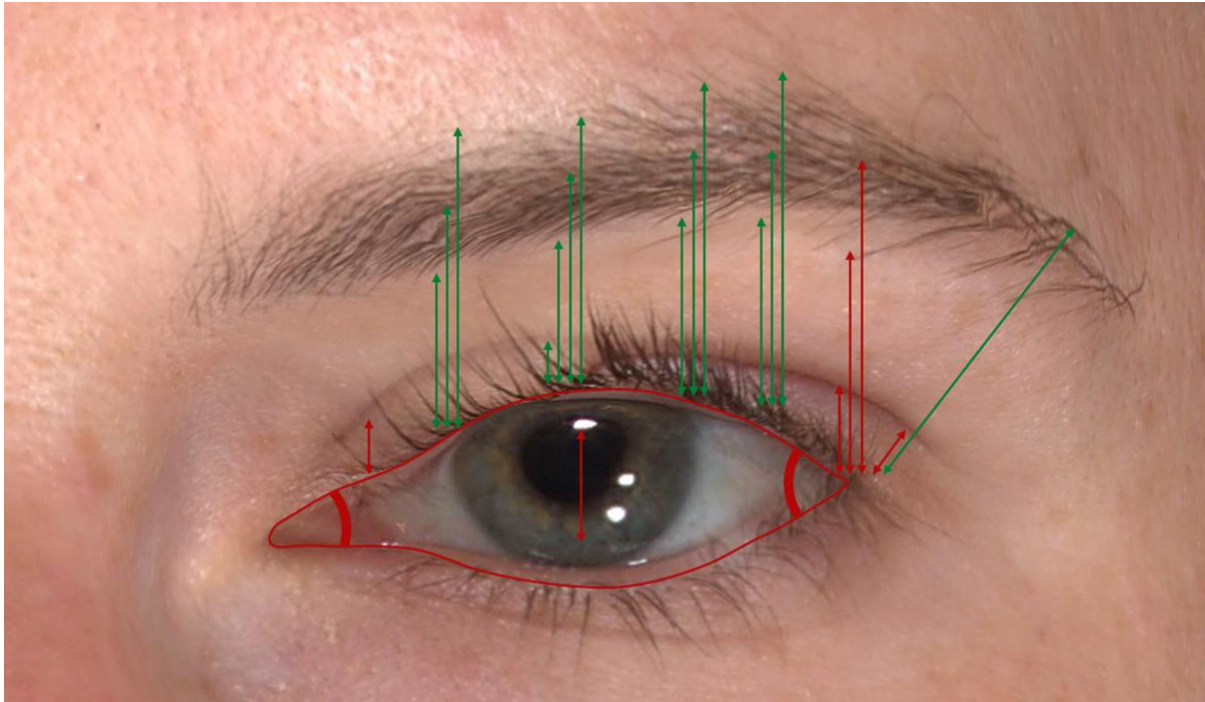


Abbildung 3: Messwerte bei lächelndem Gesichtsausdruck

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei lächelndem Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

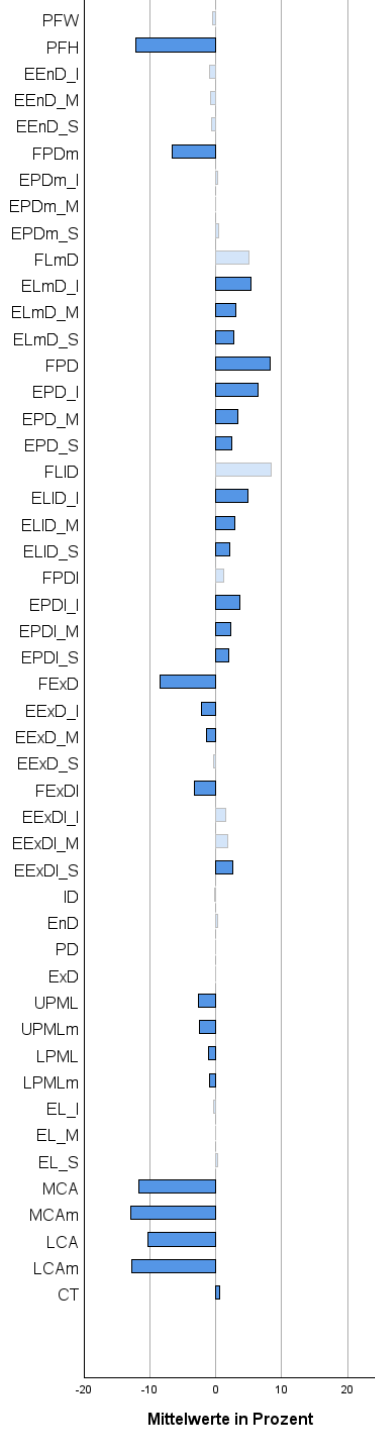
Beim lächelnden Gesichtsausdruck verringerte sich die Höhe der Lidspalte (PFH) um 12.1%. Ebenso verringerte sich der Abstand der Oberlidkante zur Oberlidfalte am medialen Messpunkt (FPD_m) um 6.5%. Im Gegensatz dazu vergrößerte sich diese Messtrecke auf Höhe der Pupille (FPD) um 8%. Auf Höhe des Augenaußenwinkels war diese Distanz (FEXD) dann wieder um 8.4% verringert. Auch die äußerste Messung zeigte eine Verminderung der Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte. Die Distanzen von Oberlid zur Unterkante der Augenbraue, zur Mitte der Augenbraue und zur Oberkante der Augenbraue waren auf Höhe des medialen Limbus, der Pupillenmitte und des lateralen Limbus vergrößert. Als Beispiel kann die Zunahme der Distanz über der Pupillenmitte genannt werden. Die kaudalste Messstrecke (EPD_I) nahm dort um 6,4% zu, die mittlere Messtrecke (EPD_M) nahm um 3,4% zu und die Messung bis zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) nahm um 2,5% zu. Auch auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse zeigten sich alle Distanzen von Augenlid zur Augenbraue vergrößert. Über dem Augenaußenwinkel zeigte sich eine Verminderung der Distanz zur Augenbrauenunterkante und zur Augenbrauenmitte. Lediglich im äußersten Messpunkt zeigte

sich die Messstrecke von der Oberkante der Augenbraue zum Oberlid leicht erhöht. Der Oberlidrand verkürzte sich in der einfachen Längenmessung. Auch in der interpolierten Messung (UPMLm) ergab sich eine Längenreduktion von 2.5%. Der Unterlidrand verkürzte sich in der einfachen Längenmessung (LPML) ebenso wie in der interpolierten Messung (LPMLm) um 1%. Die Länge der Augenbraue blieb unverändert. Der mediale Augeninnenwinkel verringerte sich in beiden Messtechniken. Dabei war bei winkelnaher Messung (MCAm) der Wert um 13% reduziert. Auch der äußere Augeninnenwinkel verringerte sich in beiden Winkelmessungen. Der winkelnaher Messwert (LCAm) zeigte eine Reduktion um 11%. Der Canthal-Neigungswinkel vergrößerte sich leicht um 0.5%. (siehe Abbildung 3, Abbildung 4, Anhang 1)

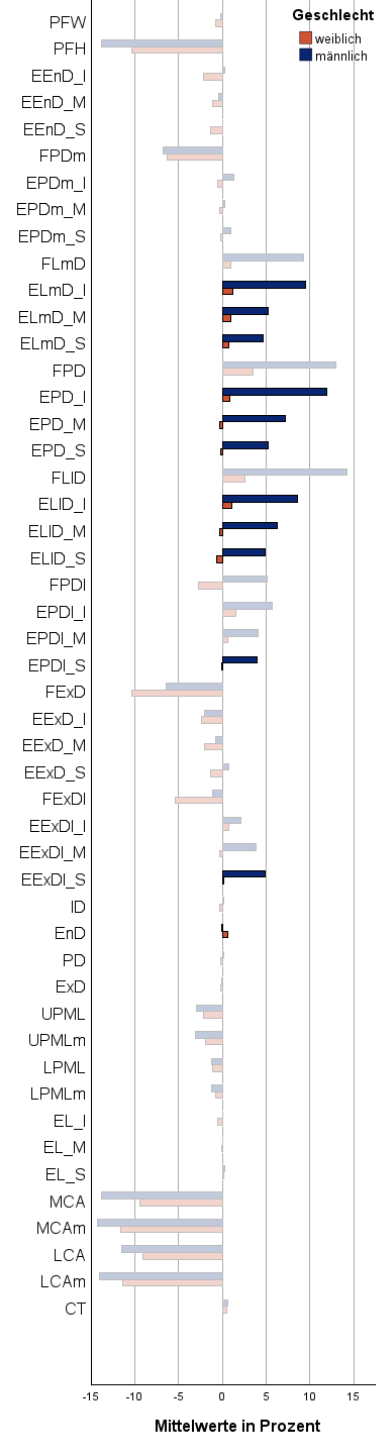
Bei den männlichen Probanden vergrößerte sich der Abstand von Augenlid zur Augenbraue über dem medialen Limbuspunkt, der Pupillenmitte und dem lateralen Limbuspunkt im Vergleich zu den weiblichen Probanden. Hier kann als Beispiel ebenfalls die Distanzmessung auf Höhe der Pupillenmitte dienen. Die Messung zum Unterrand der Augenbraue (EPD_I) zeigte sich bei Männern um 11,1% länger, die Messung zur Augenbrauenmitte (EPD_M) um 7,5% länger und die Messung zum Oberrand (EPD_S) bei Männern um 5,4% länger. Auch lateral paralimbal zeigte sich zumindest die Distanz von der Oberkante der Augenbraue zur Oberlidkante (EPDI_S) bei Männern um 4,1% größer als bei Frauen. Dies war ebenfalls auf Höhe des äußeren Augenwinkels zu beobachten. Dort wuchs der Abstand von der Oberkante der Augenbraue zum Augenaußenwinkel (EExDI_S) bei Männern um 4,7% mehr an als bei Frauen. Der Abstand der Augeninnenwinkel (EnD) war bei Frauen um 0,6% erhöht. (siehe Abbildung 4, Anhang 2)

Die Augenlidspaltenhöhe (PFH) zeigte sich in der jüngeren Gruppe um 6.4% größer als in der älteren Gruppe. Die Distanz von Oberlid zur Augenbrauenmitte bzw. zur Augenbrauenoberkante war bei den älteren Probanden höher als bei den jüngeren Probanden. Dies zeigte sich auch in den Distanzen der Augenbrauenunterkante und Augenbrauenmitte auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse. Über dem Augenaußenwinkel zeigten ältere Probanden eine erhöhte Distanz von Augenaußenwinkel zur Augenbraue in allen drei Messwerten. Die interpupilläre Distanz (PD) zeigte sich bei jungen Probanden um 0,5% vergrößert. Der mediale Augeninnenwinkel war bei der jüngeren Gruppe in der Messung auf Höhe der Pupillenebene (MCA) um 5,4% verkleinert. In der winkelnahen Messmethode zeigte sich der Winkel jedoch unverändert. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich bei jüngeren Probanden bei beiden Messverfahren erhöht. Im winkelnahen Messverfahren war der laterale Augeninnenwinkel (LCAm) in der jüngeren Gruppe um 10% erhöht. (siehe Abbildung 4, Anhang 3)

Veränderungen beim lächelnden Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim lächelnden Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim lächelnden Gesichtsausdruck

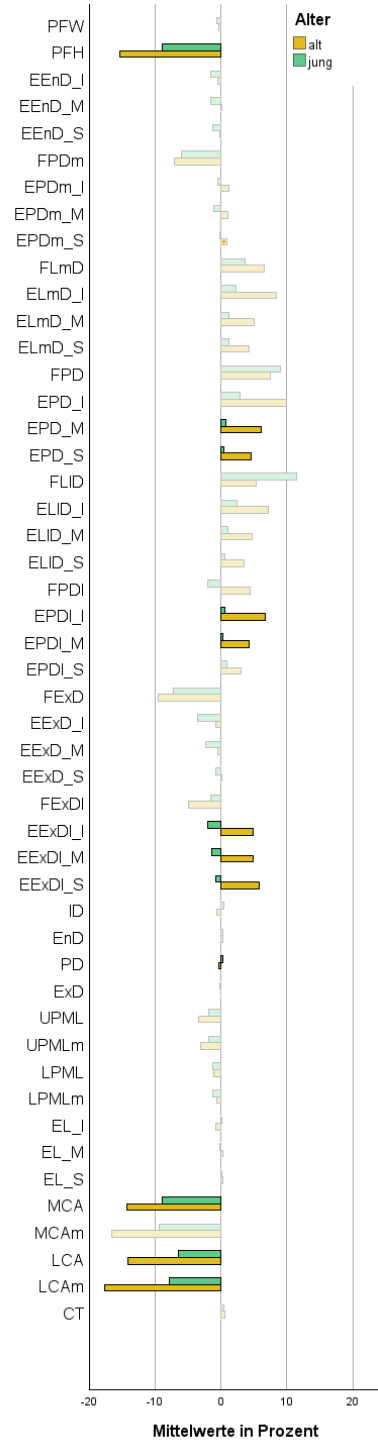


Abbildung 4: Mittelwerte bei lächelndem Gesichtsausdruck

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des lächelnden Gesichtsausdrucks mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte ($p < 0.05$) sind farbig, nicht signifikante Werte ($p \geq 0.05$) sind entsättigt hinterlegt.

Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechts aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.2. Lachen

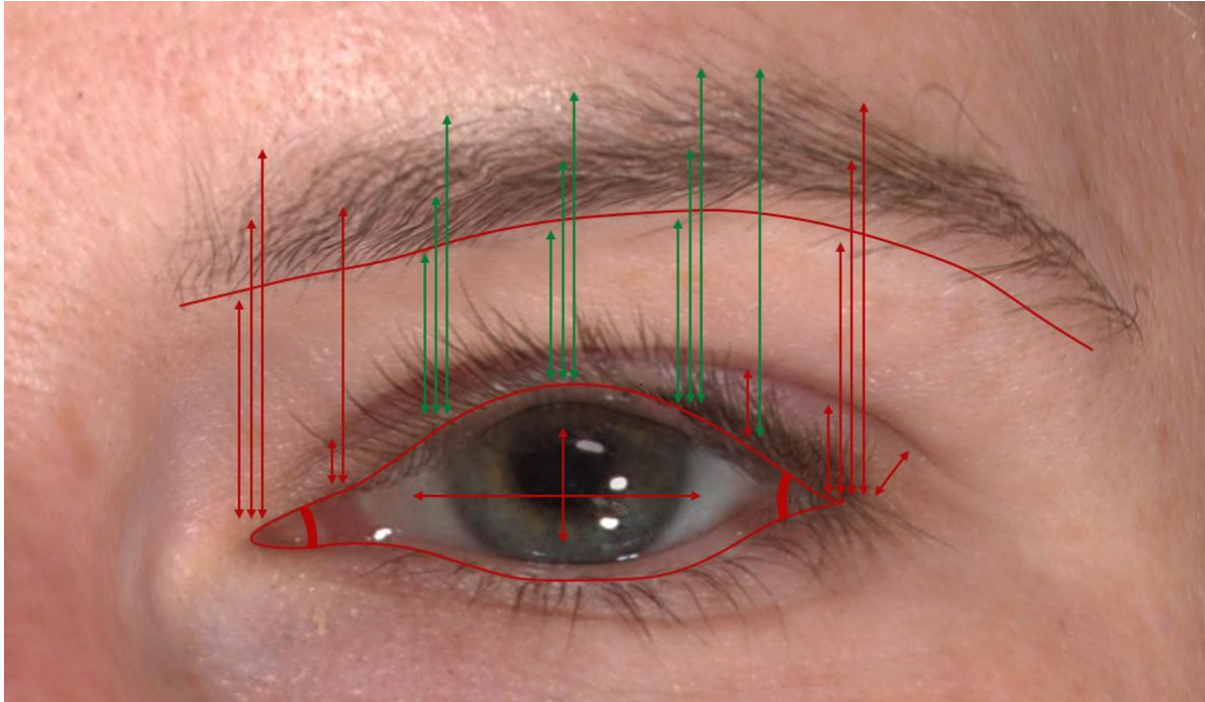


Abbildung 5: Messwerte bei lachendem Gesichtsausdruck

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei lachendem Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

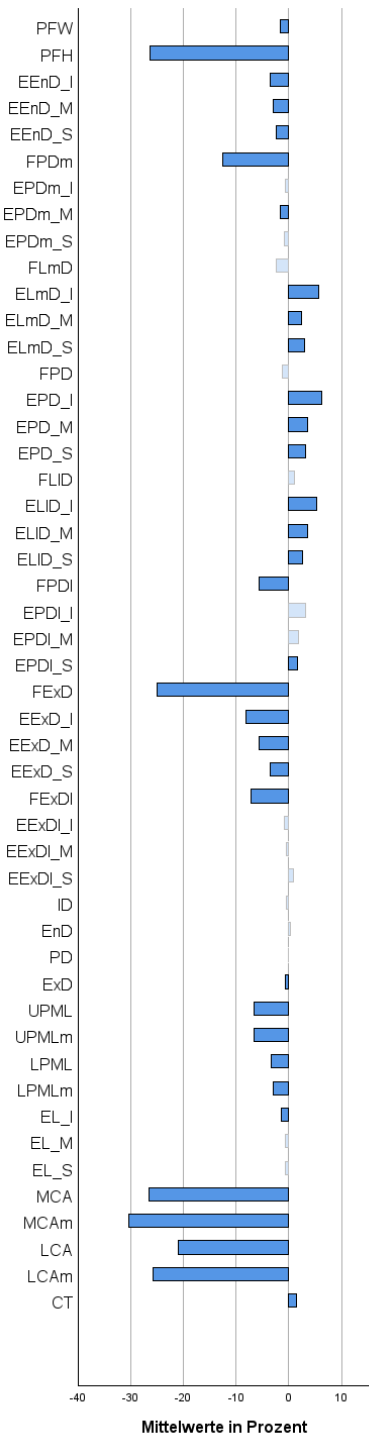
Die Breite der Lidspalte (PWF) nahm beim Lachen um 1,6 % und die Höhe der Lidspalte (PFH) um 26,3 % ab. Die Distanz des innen Augenwinkels zur Augenbraue verminderte sich in allen drei Messwerten. In der medialen Messung zeigte sich der Abstand von Oberlidfalte zum Oberlidrand (FPD_m) um 12,5% vermindert. Auf dieser Höhe zeigte sich der Abstand von Augenbrauenmitte zur Oberlidkante ebenfalls vermindert. Auf Höhe des medialen Irisrandes, der Pupillenmitte und des lateralen Irisrandes zeigte sich der Abstand von Oberlidkante zur Augenbraue in allen Messwerten erhöht. In Höhe der Pupillenmitte war die Messung zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 6,2% erhöht, die Messung zur Augenbrauenmitte (EPD_M) um 3,5% erhöht und zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) um 3,2% erhöht. Lateral des Limbus, auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse, zeigt sich der Abstand zur Oberlidfalte (FPDI) um 5,7% vermindert. Auf dieser Höhe war die Distanz von Augenbrauenoberkante zum Augenlid (EPDI_S) um 1,7% vergrößert. Über dem äußeren Augenwinkel zeigt sich der Abstand zur Lidfalte (FExD) um 24,9% vermindert. Hier zeigten sich alle Distanzen von Augenaußenwinkel zur Augenbraue verkleinert. So zeigte sich der Abstand zum untersten Messpunkt der Augenbraue (EExD_I) um 8,2% vermindert, zum mittleren Messpunkt der Augenbraue (EExD_M) um 5,6% vermindert und zum obersten Messpunkt der Augenbraue (EExD_S) um 3,5% vermindert. Der Abstand der Augenaußenwinkeln beider Augen (ExD) war um 0,6% reduziert. Die Länge des Oberlidrandes

zeigte sich in beiden Messungen reduziert, in der interpolierten Messung (UPMLm) war eine Längenreduktion um 6,5 % ersichtlich. Die Länge des unteren Lidrands zeigte sich ebenfalls in beiden Messungen reduziert, in der interpolierten Messung (LPMLm) ergab sich die Längenreduktion um 3,3 %. Es konnte ebenfalls eine Längenreduktion von 1,4% an der Augenbrauenunterkante gemessen werden (EL_I). Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messverfahren reduziert, bei der winkelnahen Messung (MCAm) um 30,3%. Auch für den äußeren Augeninnenwinkel gaben beide Messverfahren eine Reduktion des Winkels an, bei der winkelnahen Messung (LCAm) war dieser um 20,9% reduziert. Der Canthalneigungswinkel (CT) nahm um 1,4% zu. (siehe Abbildung 5, Abbildung 6, Anhang 1)

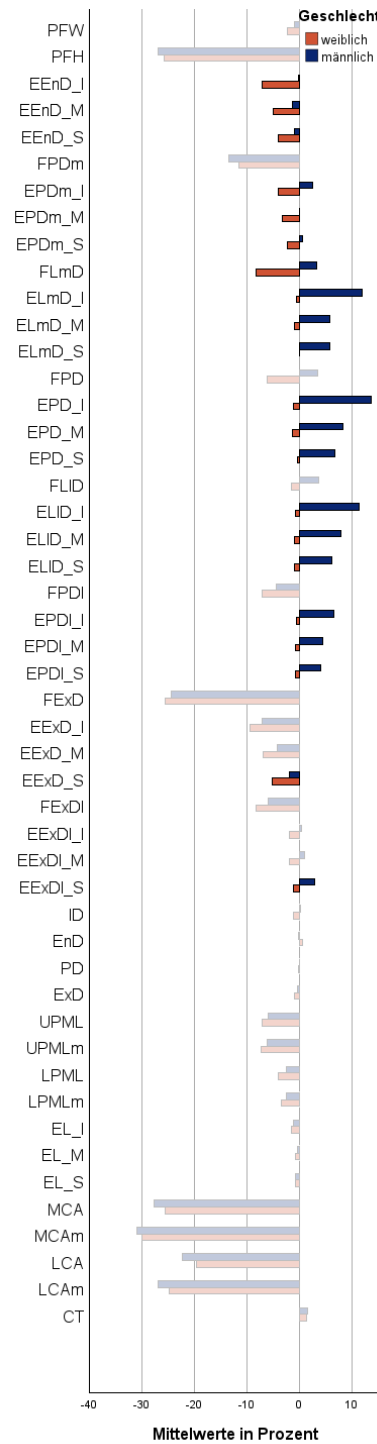
Bei den männlichen Probanden zeigten sich die Abstände von Oberlid zur Augenbraue über dem Augeninnenwinkel, auf Höhe der medialen paralimbalen Achse, des medialen Limbus, der Pupille, des lateralen Limbus und der lateralen paralimbalen Achse in allen Messwerten im Vergleich zu den weiblichen Probanden erhöht. So waren beispielweise über der Pupillenmitte die Messungen vom Oberlid der männlichen Gruppe zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 14,9%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 9,5% und zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) um 7% höher als bei der weiblichen Gruppe. Über dem Augenaußenwinkel zeigte sich nur der Abstand von Oberlid zur Oberkante der Augenbraue bei männlichen Probanden im Vergleich zu den weiblichen Probanden erhöht. Auf Höhe der medialen Iriskante zeigte sich der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte (FLmD) bei Männern um 11,6% erhöht. (siehe Abbildung 6, Anhang 2)

Ältere Probanden zeigten eine um 3,8% verbreiterte Lidspalte (PFW), jüngere Probanden dafür eine um 8,3% höhere Lidspalte (PFH). Der Abstand zwischen Oberlidkante und Oberlidfalte war auf Höhe des Augenaußenwinkels (FExD) bei jüngeren Probanden um 8% erhöht. Die interpupilläre Distanz (PD) zeigte sich ebenfalls bei jüngeren Probanden um 0,7% vergrößert. Der Abstand der Augenaußenwinkeln beider Augen (ExD) war in der älteren Gruppe um 1,9% erhöht. Die Länge Unterlidkante war bei älteren Probanden bei beiden Messverfahren verlängert, bei der interpolierten Messung (LPMLm) ergab sich eine um 4% verlängerte Unterlidkante. Der auf Höhe der Pupille gemessene mediale Augeninnenwinkel (MCA) zeigte sich bei Jüngeren um 9% erhöht, der winkelnah gemessene Innenwinkel (MCAm) zeigt jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Der laterale Augeninnenwinkel hingegen war bei beiden Messverfahren erhöht und zeigte bei winkelnaher Messung (LCAm) einen um 17,6% erhöhten Winkel bei den jüngeren Probanden an. (siehe Abbildung 6, Anhang 3)

**Veränderungen beim lachenden
Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen
Gesichtsausdruck**



**Unterschiede zwischen männlichen und
weiblichen Probanden beim lachenden
Gesichtsausdruck**



**Unterschiede zwischen jungen und alten
Probanden beim lachenden Gesichtsausdruck**

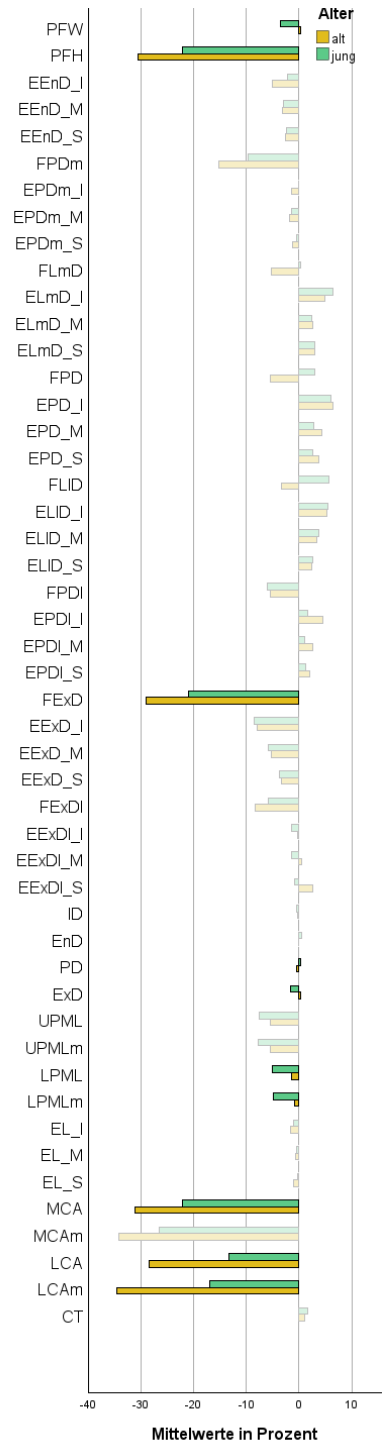


Abbildung 6: Mittelwerte bei lachendem Gesichtsausdruck

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des lachenden Gesichtsausdrucks mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.3. Böse gucken

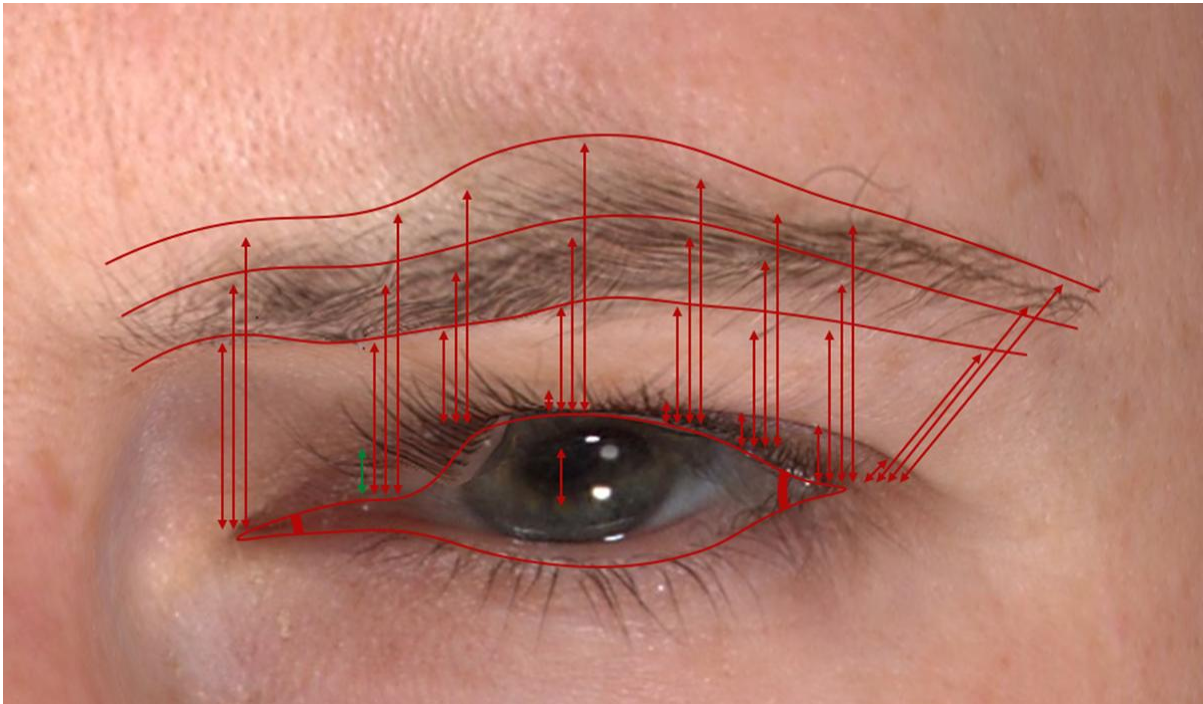


Abbildung 7: Messwerte bei bösem Gesichtsausdruck

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei bösem Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

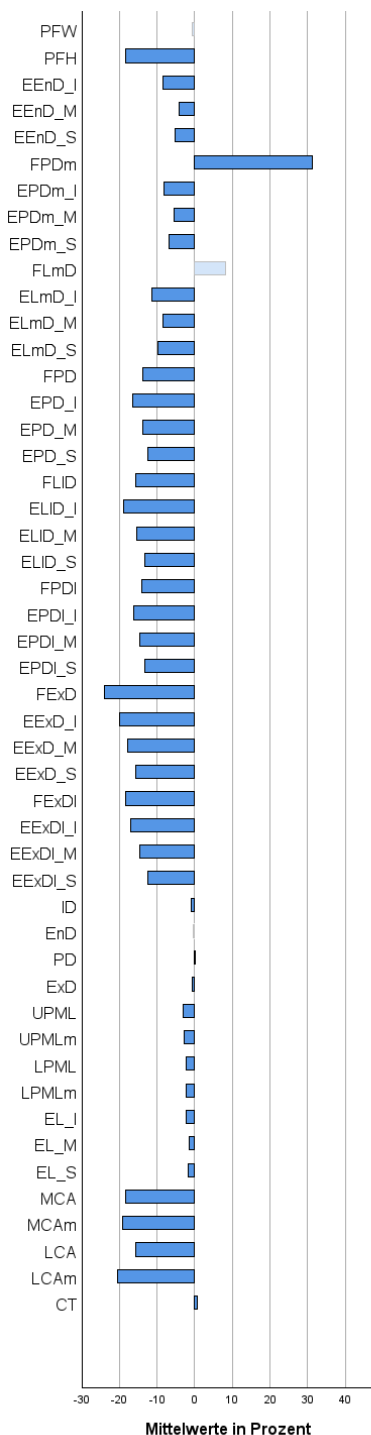
Beim bösen Blick reduzierte sich die Höhe der Lidspalte um 18,2%. Der Abstand zwischen Augeninnwinkel und Augenbraue zeigte sich in allen Höhen der Augenbraue vermindert. Die Distanz vom Oberlid zur Unterkante der Augenbraue (EEnD_I) sank um 8%, die Distanz von Oberlid zur Mitte der Augenbraue (EEnD_M) sank um 4,3% und die Distanz von Oberlid zur Oberkante der Augenbraue sank (EEnD_S) um 5,3%. Auf Höhe der medialen paralimbalen Achse zeigte sich die Distanz von Oberlidkante zur Oberlidalte (FPDm) um 31,1% erhöht. Auf dieser Achse zeigte sich ebenfalls der Abstand von Oberlidkante zur Augenbraue in allen drei Messwerten vermindert. Auf Höhe des medialen Limbus zeigte sich die Distanz der Oberlidkante zur Oberlidfalte unverändert, die Distanz von Oberlidkante zur Augenbraue war jedoch weiterhin in allen drei Messungen reduziert. Über der Pupillenmitte war die Distanz von Oberlidkante zur Lidfalte (FPD) um 15,7% reduziert. Die Augenbraue verkürzte sich im unteren Anteil (EPD_I) um 16,5%, im mittleren Anteil (EPD_M) um 13,9% und an der Oberkante (EPD_S) um 13,3%. Auch über dem lateralen Limbus, der lateralen paralimbalen Achse und über dem Augenaußenwinkel zeigten sich in jeweils alle drei Messstrecken von Oberlid zur Augenbraue verkleinert. Auch die Distanz von Oberlid zur Oberlidfalte war in diesen Regionen verkürzt. Der Abstand der Augenaußenwinkeln (ExD) war um 0,5% reduziert und die interpupilläre Distanz (PD) war um 0,2% erhöht. Der Irisdurchmesser (ID) wurde um 1% reduziert. Die Umrisslänge des oberen Augenlids (UPMLm) verkürzte sich um 2,9%. Auch die Umrisslänge des unteren Augenlids (LPMLm) verkürzte sich um 2,4%. Die Augenbrauenlänge

verkürzte sich in allen drei Messungen. Die Messung am Unterrand der Augenbraue (EL_I) ergab beispielsweise eine um 2,3% verkürzte Augenbraue an. Der mediale Augeninnenwinkel nahm bei beiden Messverfahren ab, winkelnah gemessen (MCAm) nahm er um 19,2% ab. Auch die Messungen für den lateralen Augenaußenwinkel ergaben eine Abnahme des Winkels. Der winkelnah gemessene laterale Augeninnenwinkel (LCAm) sank um 20,6%. Die Neigung der Augen (CT) nahm um 0,7% zu. (siehe Abbildung 7, Abbildung 8, Anhang 1)

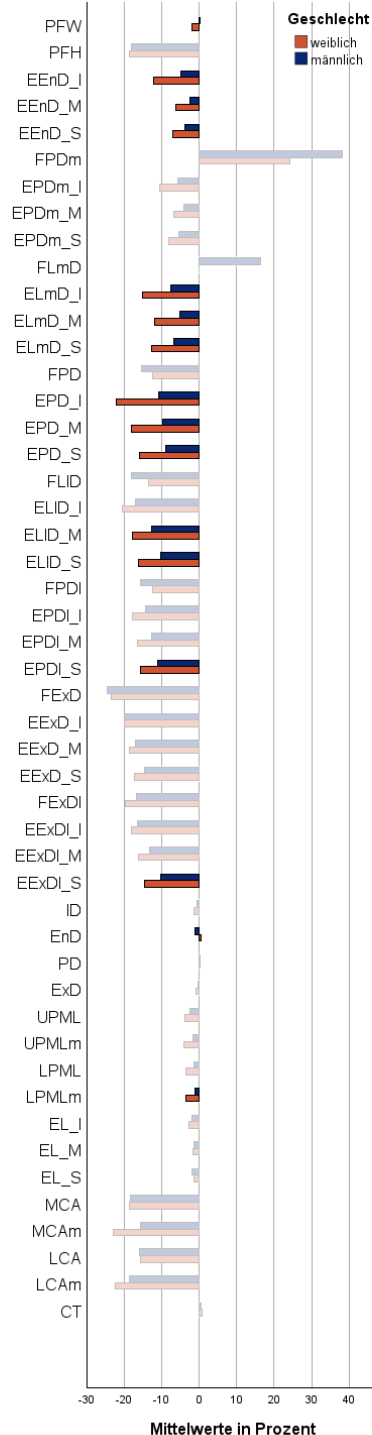
Die Breite der Augenfissur war bei männlichen Probanden um 2,1 % größer als bei weiblichen Probanden. Über dem Augeninnenwinkel, dem medialen Limbus und der Pupillenmitte zeigten alle drei Messungen eine vergrößerte Distanz von Oberlid zur Augenbraue bei männlichen Probanden. Über dem medialen Limbus zeigte sich diese Distanz an der Unterkante (ELmD_I) bei Männern um 7,4% erhöht, in der Mitte der Augenbraue (ELmD_M) um 6,7% erhöht und an der Oberkante der Augenbraue (ELmD_S) um 5,9% erhöht. Auf Höhe des lateralen Limbus zeigten Männer nur bei Messungen zur Augenbrauenmitte und Augenbrauenoberkante erhöhte Werte im Vergleich zu Frauen. Lateral davon, also auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse, konnten nur erhöhte Werte bei Männern bei Messungen an der Augenbrauenoberkante zum Oberlid festgestellt werden. Auch über dem Augenaußenwinkel zeigten sich bei männlichen Probanden erhöhte Werte der Distanz von Augenaußenwinkel zu Augenbrauenoberkante. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) war bei Frauen um 1,5% erhöht. Die Länge der Unterlidkante war bei der interpolierten Messung (LPMLm) bei Männern um 2,4% länger als bei weiblichen Probanden. (siehe Abbildung 8, Anhang 2)

Der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte zeigte sich in der älteren Gruppe auf Höhe des medialen Limbus (FLmD) um 28,6% erhöht. Auf Höhe des Augenaußenwinkels war diese Distanz (FExD) bei den Jüngeren um 14% erhöht. Die Distanz von Augenaußenwinkel zur Augenbrauenunterkante (EExD_I) war bei Jüngeren um 5,2% höher. Auch in den lateralen Messpunkten ließ sich eine Distanzzunahme zwischen der Augenbrauenunterkante und des Oberlids bei jüngeren Probanden feststellen. Der Irisdiameter war bei Jüngeren um 2,3% höher als bei Älteren. Der laterale Augeninnenwinkel war bei jüngeren Probanden in beiden Messverfahren vergrößert. Im winkelnahen Messverfahren (MCAm) war dieser Wert in der jüngeren Gruppe um 11,6% vergrößert im Vergleich zur älteren Gruppe. (siehe Abbildung 8, Anhang 3)

Veränderungen beim bösen Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim bösen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim bösen Gesichtsausdruck

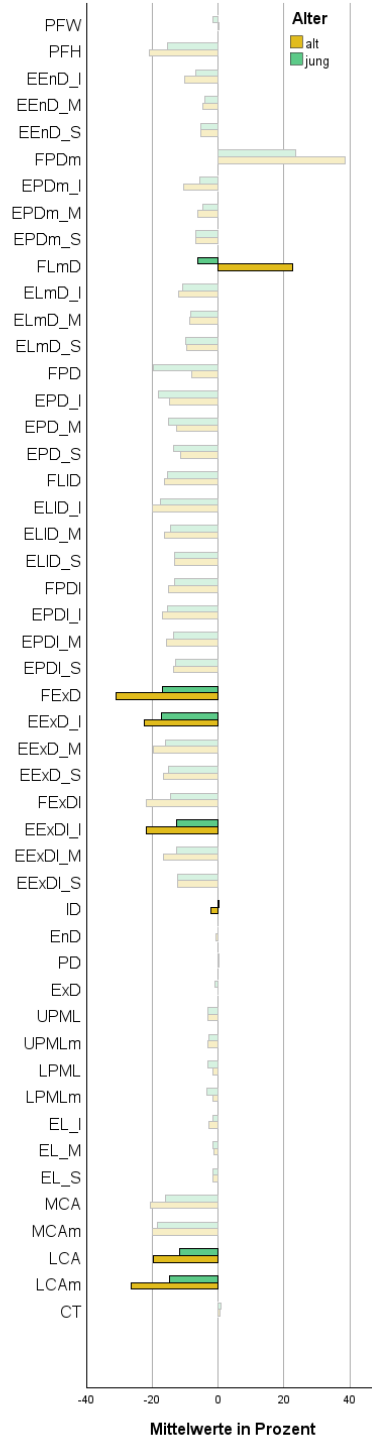


Abbildung 8: Mittelwerte bei bösem Gesichtsausdruck

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des bösen Gesichtsausdrucks mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.4. Kussmund

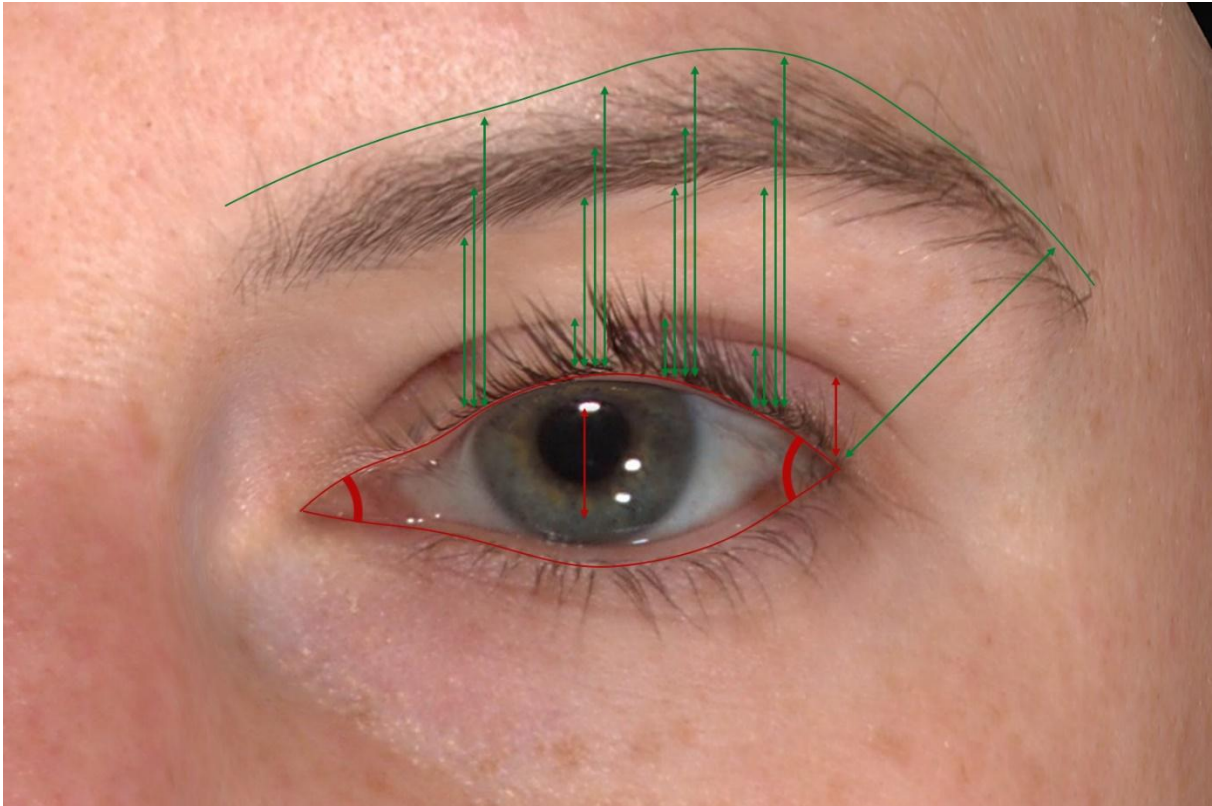


Abbildung 9: Messwerte bei Formung eines Kussmundes

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Formung eines Kussmundes im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

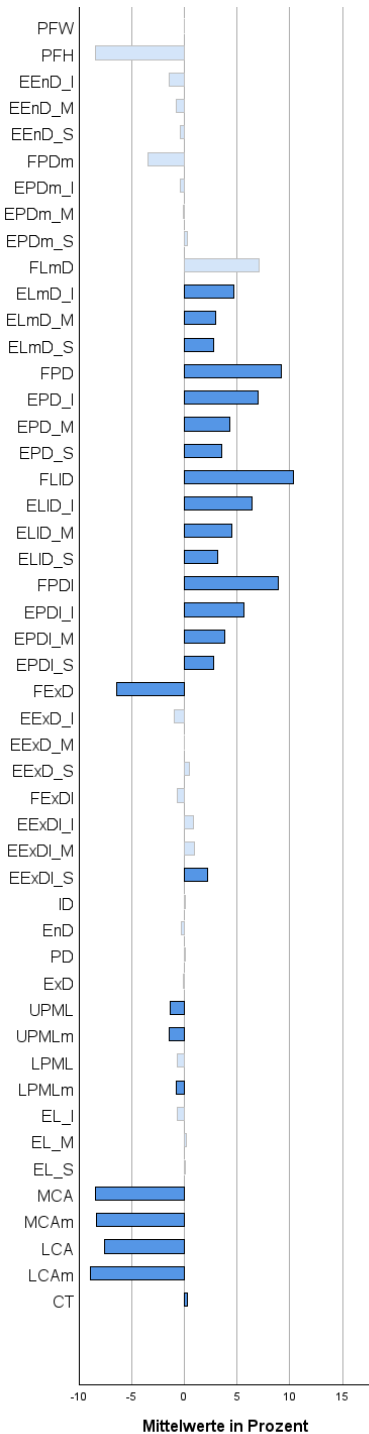
Bei Formung eines Kussmundes verringerte sich die Lidspaltenhöhe (PFH) um 8,4 %. Die Distanzen von allen drei Höhen der Augenbraue zur Oberlidkante vergrößern sich auf Höhe des medialen Limbus. Dabei erhöhte sich die Distanz von der Unterkante der Augenbraue (ELmD_I) gemessen um 4,7%, von der Mitte der Augenbraue (ELmD_M) gemessen um 3% und von der Oberkante der Augenbraue (ELmD_S) gemessen um 2,8%. Eine Zunahme dieser drei Messwerte war ebenfalls auf Höhe der Pupillenmitte, dem lateralen Limbus sowie auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse zu beobachten. Am Auginnenwinkel zeigte sich keine Veränderung bezüglich der Distanz von Oberlidkante zur Augenbraue. Über dem Augenaußenwinkel jedoch ließ sich eine Zunahme der Strecke vom Augenaußenwinkel zum kranialen Messpunkt der Augenbraue (EExDI_S) um 2,2% beobachten. Der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte war medial, also auf Höhe der medialen paralimbalen Achse, unverändert. Die Messwerte auf Höhe des medialen Limbus zeigten sich jedoch erhöht. Generell zeigten sich die Messwerte der Distanz von Oberlid zu Oberlidfalte auf allen weiteren Achsen bis zum Augenaußenwinkel erhöht. So ist die Distanz auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) um 10,3% erhöht. Lediglich auf Höhe des Augenaußenwinkels war der Abstand von

Augenlidkante und Oberlidfalte (FExD) um 6,4% verringert. Die Länge der Oberlidkante verringerte sich bei Anwendung beider Messverfahren. In der Messung mit zusätzlich platzierten Messpunkten (UPMLm) zeigte sich eine um 1,4% verringerte Länge. Eine Reduktion der Länge ließ sich bei der unteren Lidkante nur in der interpolierten Messung (LPMLm) feststellen, wobei diese um 0,7% abnahm. Die Länge der Augenbraue blieb unverändert. Der mediale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messverfahren reduziert. Bei der Messung des winkelnahen medialen Augeninnenwinkels (MCAM) ergab sich eine Reduktion um 8,3 %. Der äußere Augeninnenwinkel zeigte sich ebenfalls in beiden Messverfahren reduziert. In der winkelnahen Messung zeigte sich eine Abnahme des äußeren Augeninnenwinkels (LCAM) um 8,9%. Die Neigung der Augenwinkel (CT) nahm um 0.2% zu. (siehe Abbildung 9, Abbildung 10, Anhang 1)

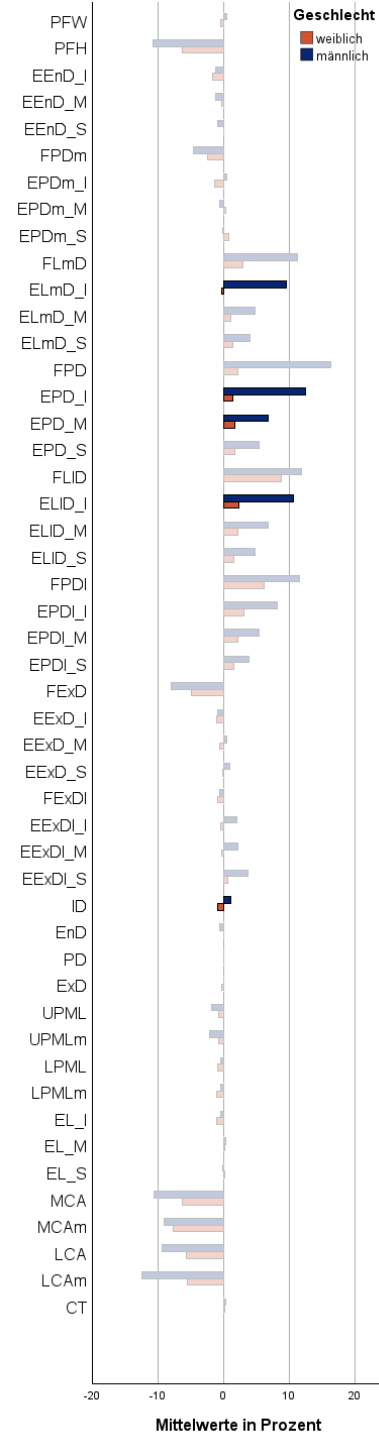
Bei Männern zeigte sich eine um 9,8% vergrößerte Messdistanz zwischen der Unterkante der Augenbraue und der Oberlidkante auf Höhe des medialen Limbus (ELmD_I). Auch in Höhe der Pupillenmitte waren die Messtrecken in der männlichen Gruppe zur Augenbrauenunterkante (EPD_I) um 11,2% und Augenbrauenmitte (EPD_M) um 5% erhöht. Über dem lateralen Limbus zeigte sich die Distanz zwischen Oberlid und Unterkante der Augenbraue (ELID_I) bei Männern um 8,3% erhöht. Der Irisdurchmesser (ID) war bei Frauen um 2,1% vermindert. (siehe Abbildung 10, Anhang 2)

Die interpupilläre Distanz (PD) war in der älteren Population um 0,9% erhöht. Der mediale Augeninnenwinkel war in der älteren Gruppe lediglich in der winkelnahen Messung (MCAM) um 4% erhöht. Der laterale Augeninnenwinkel zeigt sich hingegen in beiden Messverfahren bei älteren Probanden erhöht. Im winkelnahen Messverfahren (LCAM) ergibt sich eine Zunahme des Winkels um 2,7% in der Gruppe mit älteren Probanden. (siehe Abbildung 10, Anhang 3)

Veränderungen beim küssenden Gesichtsausdruck im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim küssenden Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim küssenden Gesichtsausdruck

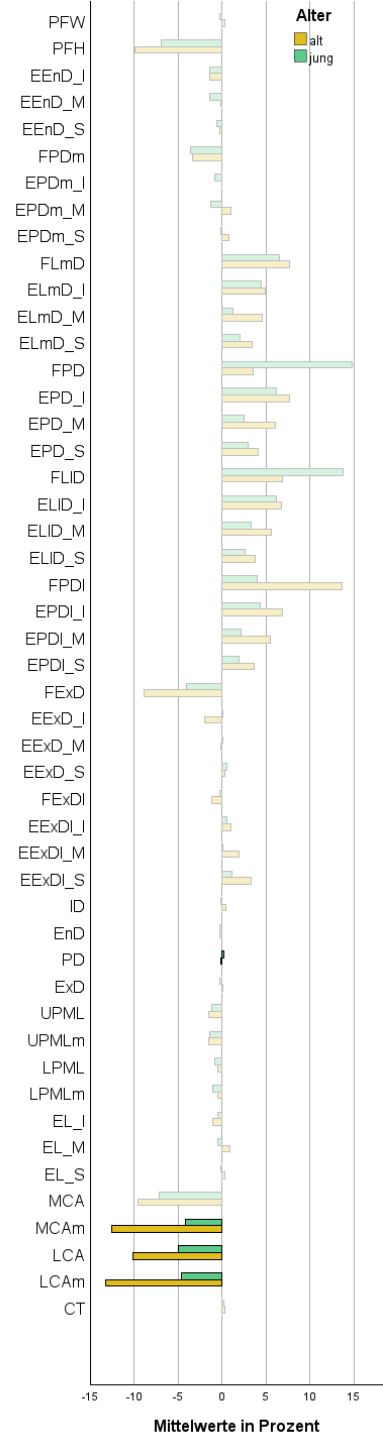


Abbildung 10: Mittelwerte bei Formung eines Kussmundes

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Formung eines Kussmundes mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.5. Wangen aufplustern

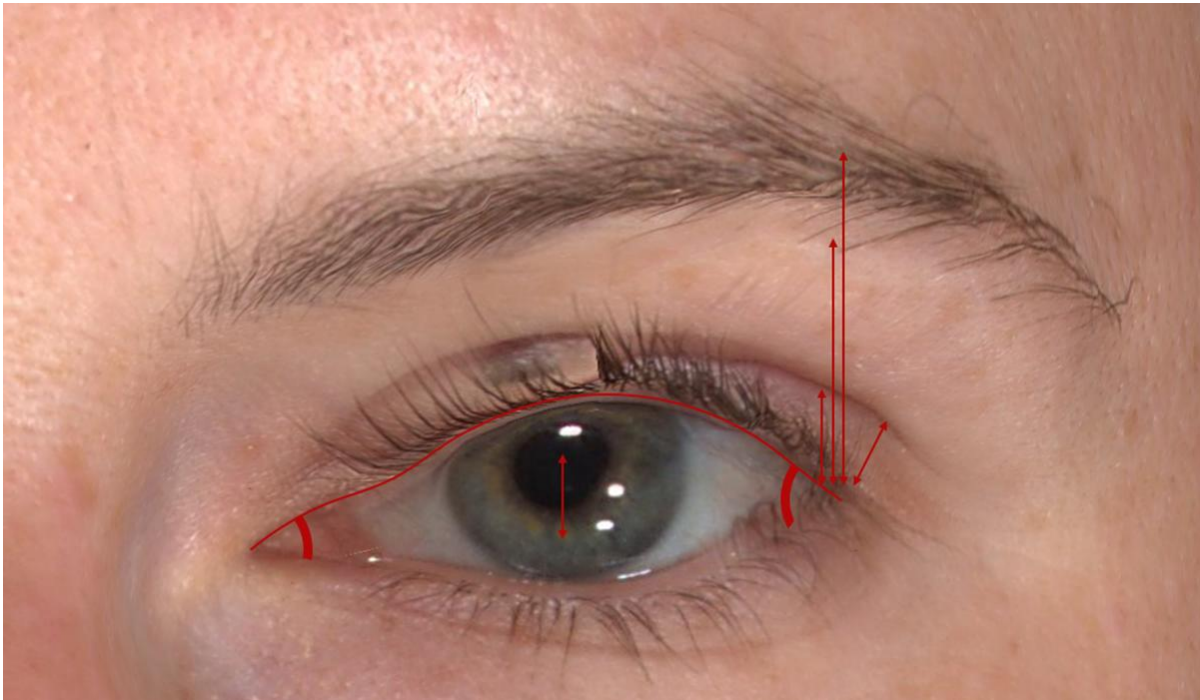


Abbildung 11: Messwerte bei aufgeblasenen Wangen

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei aufgeplusterten Wangen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

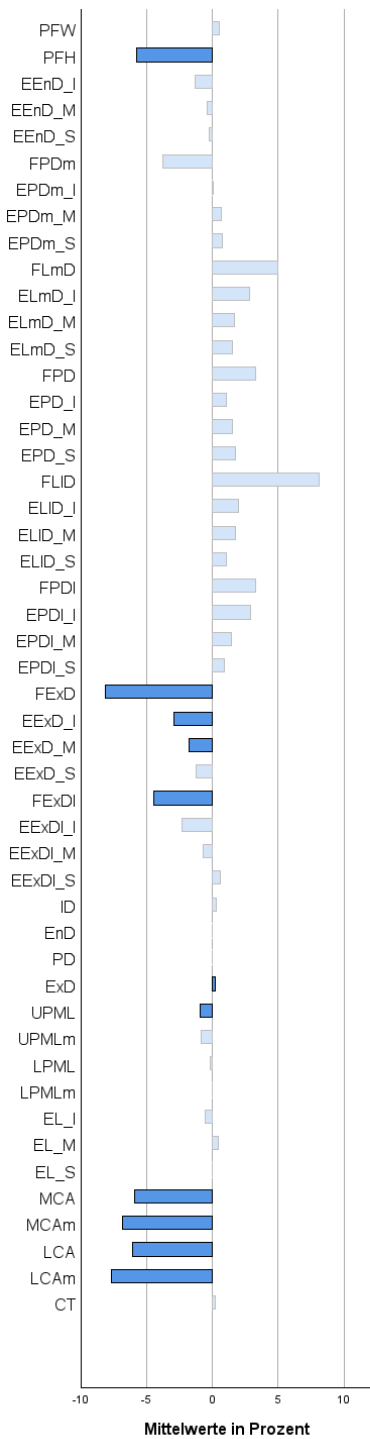
Beim Aufplustern der Wange nahm die Höhe der Lidspalte (PFH) um 8,4% ab. Auf Höhe des Augenaußenwinkels war die Distanz zwischen Oberlid und Augenbrauenmitte (EExD_M) um 1,8% reduziert. Auch die Distanz zwischen Oberlid und Augenbrauenunterkante (EExD_I) wurde um 2,9% verringert. Auf dieser Höhe zeigte sich ebenfalls eine um 8,2% verminderte Distanz von Oberlidrand zu Oberlidfalte (FExD). Auch bei Messung mit den äußersten Messdistanzen, welche aus einer 90 Grad lateralen Ansicht platziert worden sind, zeigten sich signifikante Veränderungen. So zeigte sich die Distanz von Oberlid zu Oberlidfalte (FExDI) um 4,4% verkürzt. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) war um 0,2% erhöht. Die Länge der Oberlidkante blieb unverändert. Die Länge der Unterlidkante zeigte sich in der einfachen Messung (UPML) um 1,3% vermindert. In der Messung mit interpolierten Messpunkten zeigte sich jedoch keine signifikante Veränderung der Länge der Unterlidkante. Der mediale Augeninnenwinkel zeigte sich bei Anwendung beider Messverfahren reduziert. Im winkelnahen Messverfahren (MCAM) war eine Verminderung um 6,5% zu ermitteln. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich ebenfalls in beiden Messverfahren reduziert, im winkelnahen Messverfahren (LCAM) reduzierte er sich um 7,6%. Die Neigung der Augen (CT) blieb unverändert. (siehe Abbildung 11, Abbildung 12, Anhang 1)

Bei Frauen zeigte sich eine um 5,2% vergrößerte Höhe der Lidspalte (PFH) im Vergleich zu den Männern. Über dem medialen Limbus zeigte sich bei den männlichen Probanden eine im

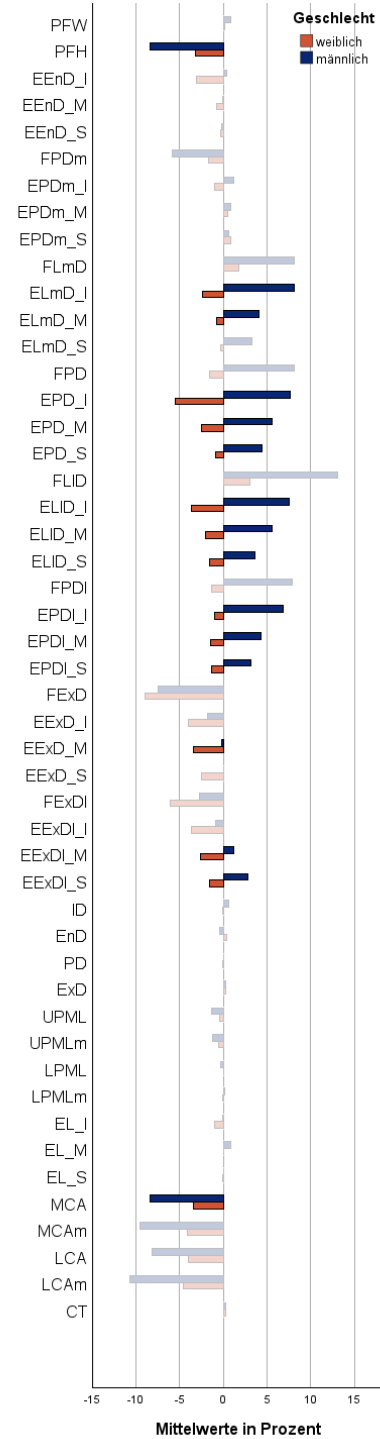
Vergleich erhöhte Distanz zwischen dem Oberlid und der Augenbrauenunterkante bzw. der Augenbrauenmitte. Die Distanz zwischen Oberlid und Augenbraue zeigte bei männlichen Probanden in allen drei Messstrecken über der Pupille, dem lateralen Limbus und dem lateralen Paralimbus erhöhte Messwerte. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse konnte beispielsweise ein bei Männern um 7,8% erhöhter Abstand von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPDI_I), ein um 5,7% erhöhter Abstand zur Mitte der Augenbraue (EPDI_M) und ein um 4,5% erhöhter Abstand zur Oberkante der Augenbraue (EPDI_S) gemessen werden. Über dem Augenaußenwinkel zeigt sich ein bei Männern erhöhter Wert für die Distanz von Oberlidkante zur Mitte der Augenbraue (EExD_M). In den äußersten Messpunkten zeigten sich bei Männern erhöhte Messwerte für die Distanz von Augenaußenwinkel zur Mitte der Augenbraue sowie zur Oberkante der Augenbraue. Der mediale Augeninnenwinkel war in der weiblichen Population lediglich im Messverfahren auf Höhe der Pupillenebene (MCA) um 5% vergrößert. (siehe Abbildung 12, Anhang 2)

Auf Höhe des Augenaußenwinkels zeigt sich die Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FExD) bei jüngeren Probanden um 7,3% erhöht. Auch in der äußersten Messung (FExDI) zeigte sich diese Distanz in der jüngeren Gruppe um 9% erhöht. Die Interpupillardistanz (PD) zeigte sich bei älteren Probanden um 0,4% vermindert. Der Abstand der Augenaußenwinkel (ExD) war dafür bei älteren Probanden um 0,5% erhöht. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich bei Jüngeren in beiden Messverfahren erhöht. Im winkelnahen Messverfahren ergab sich bei der jüngeren Probandengruppe eine Vergrößerung des Winkels (LCAm) um 11,2%. (siehe Abbildung 12, Anhang 3)

Veränderungen beim Wange aufblasen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Wange aufblasen



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Wange aufblasen

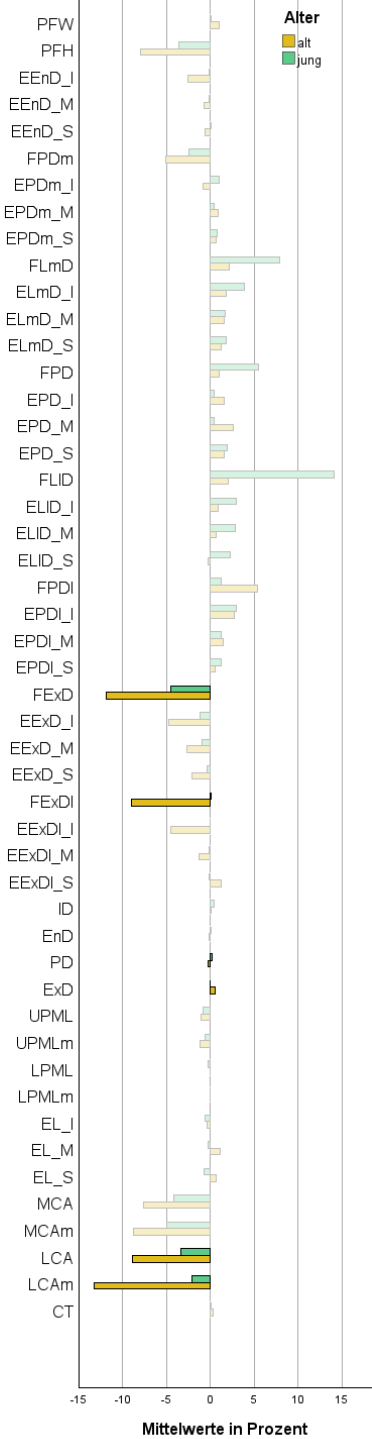


Abbildung 12: Mittelwerte bei aufgeblasenen Wangen

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des Gesichtsausdrucks mit aufgeblasenen Wangen mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt.

Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.6. Augen aufreißen

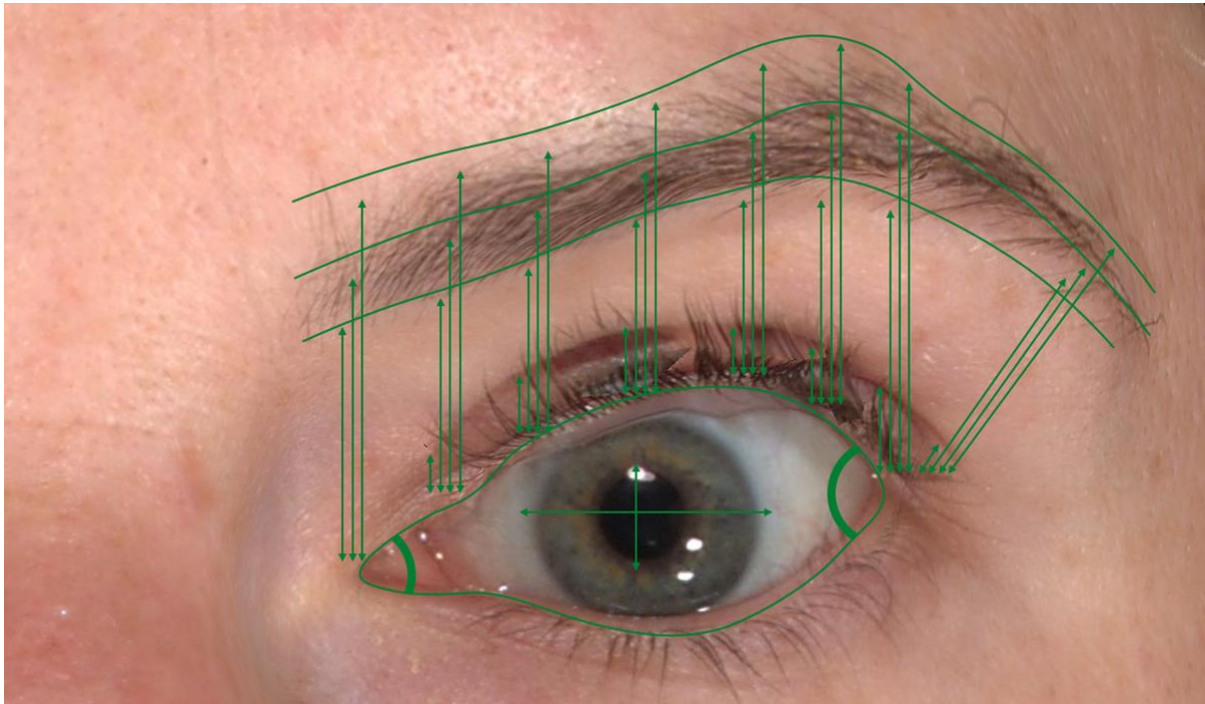


Abbildung 13: Messwerte bei weit aufgerissenen Augen

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei weit aufgerissenen Augen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

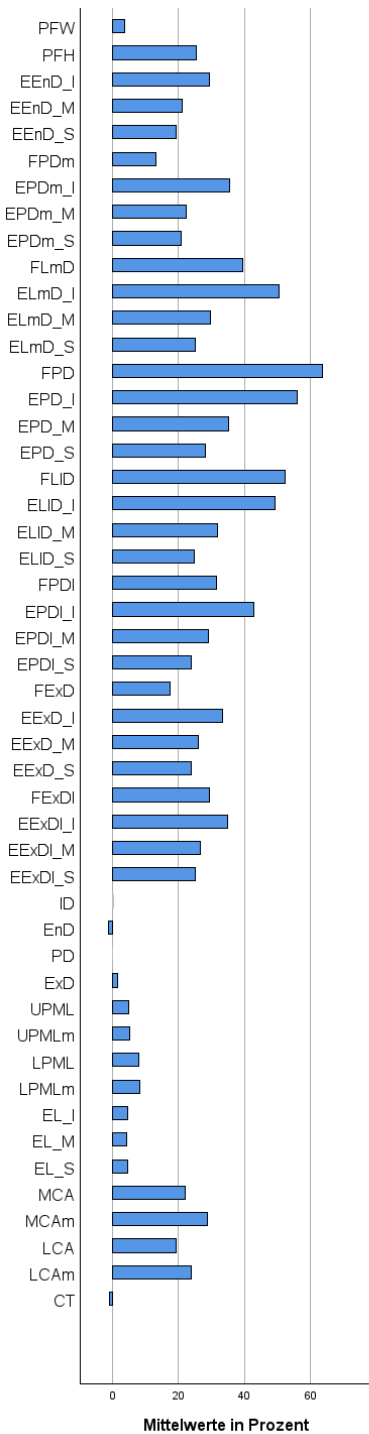
Bei aufgerissenen Augen nahm die Lidspaltenhöhe (PFH) um 25,3 % ab und die Lidspaltenbreite (PFW) um 3,6 % zu. Die Distanzen von Oberlid zur Augenbraue nahmen in allen drei Messhöhen auf der gesamten Länge der Augenbraue zu. Beispielsweise war der Abstand von Oberlidkante zur Augenbraue über der Pupille an der Unterkante (EPD_I) um 56,1% erhöht. In der Messung zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) zeigte sich eine um 35% verlängerte Distanz und in der Messung zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) eine um 28,1% verlängerte Messstrecke. Auch der Abstand des Lidrandes zur Oberlidfalte zeigte sich in allen Messbereichen erhöht. Über der Pupillenmitte war diese Distanz (FPD) beispielsweise um 63,8% erhöht. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) wurde um 1,2% reduziert, der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) wurde jedoch um 1,4% erhöht. Die Länge der Oberlidkante zeigte sich bei Anwendung beider Messverfahren erhöht. Im Messverfahren mit zusätzlichen interpolierten Messpunkten zeigte sich diese Strecke (UPMLm) um 5,1% verlängert. Die Länge der Unterlidkante zeigte sich ebenfalls in beiden Messverfahren verlängert und ergab im interpolierten Messverfahren (LPMLm) eine Verlängerung von 8,2%. Die Augenbrauenlänge war an der Unterkante gemessen (EL_I) um 4,6%, im Mittelteil gemessen (EL_M) um 4,2% und an der Oberkante gemessen (EL_S) um 4,6% erhöht. Der mediale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messverfahren erhöht, bei der winkelnahen Messung (MCAm) um 28,8%. Der äußere Augeninnenwinkel wurde ebenfalls

in beiden Messverfahren erhöht und zeigte im winkelnahen Messverfahren (LCAm) eine Vergrößerung des Winkels um 23,8% an. Der canthale Neigungswinkel (CT) war um 1% vermindert. (siehe Abbildung 13, Abbildung 14, Anhang 1)

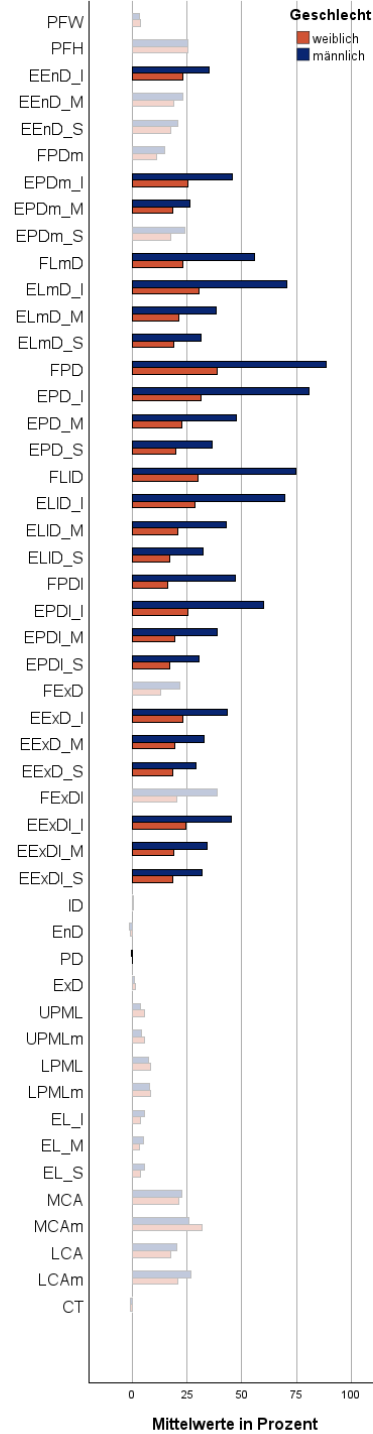
Über dem Augeninnenwinkel zeigte sich bei männlichen Probanden eine um 11,9% erhöhte Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EEnD_I). Lateral davon, also auf Höhe der medialen paralimbalen Achse, zeigten sich ebenfalls bei Männern erhöhte Messwerte der Distanz von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante bzw. zur Augenbrauenmitte. Auf Höhe des medialen Limbus, der Pupille, des lateralen Limbus, der lateralen paralimbalen Achse und über dem äußeren Augenwinkel zeigten sich die Messdistanzen von Oberlid zur Augenbraue in jeweils allen drei Messungen in der männlichen Population erhöht. Über der Pupille zeigte sich bei männlichen Probanden die Distanz von Oberlid zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 49%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 25,2% und zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) um 16,7% erhöht. Ebenfalls war in der männlichen Gruppe die Distanz von Oberlid zu Oberlidfalte auf Höhe des medialen Limbus, der Pupille, des lateralen Limbus und des lateralen Paralimbus erhöht. Beispielsweise war diese Distanz auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) bei Männern um 44,6% größer als bei Frauen. Der Abstand der Pupillen beider Augen (PD) war bei Frauen um 0,3% erhöht. (siehe Abbildung 14, Anhang 2)

Die Breite des Augenspaltes (PFW) war bei den älteren Probanden um 1,5% vergrößert. Der Abstand zwischen Augenaußenwinkel und Augenbrauenunterkante (EExDI_I) zeigte sich bei der älteren Gruppe um 15% erhöht. Der Irisdurchmesser (ID) war ebenfalls in der älteren Gruppe um 1,7% erhöht. Die Distanz der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) war bei Älteren um 0,6% erhöht. Die Länge der Unterlidkante war bei Älteren in beiden Messverfahren erhöht. Im Messverfahren mit zusätzlich platzierten Messpunkten (LPMLm) nahm die Länge der Unterlidkante um 2,4% zu. Die Augenbraue war in der älteren Population über die mittleren Messpunkte gemessen (EL_M) um 3,6% und über die kranialen Messpunkte gemessen (EL_S) um 2,7% im Vergleich zur jüngeren Population verlängert. Der mediale Augeninnenwinkel war in der älteren Gruppe lediglich in der winkelnahen Messung (MCAm) um 12,4% vergrößert. (siehe Abbildung 14, Anhang 3)

Veränderungen beim Augen aufreißen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Augen aufreißen



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Augen aufreißen

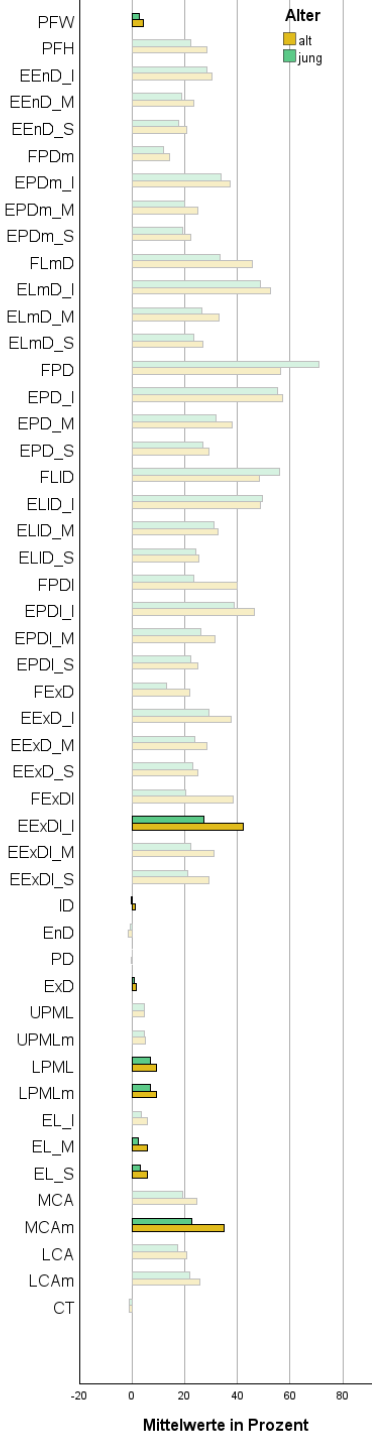


Abbildung 14: Mittelwerte bei weit aufgerissenen Augen

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des Gesichtsausdrucks mit weit aufgerissenen Augen mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt.

Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.1.7. Augen schließen

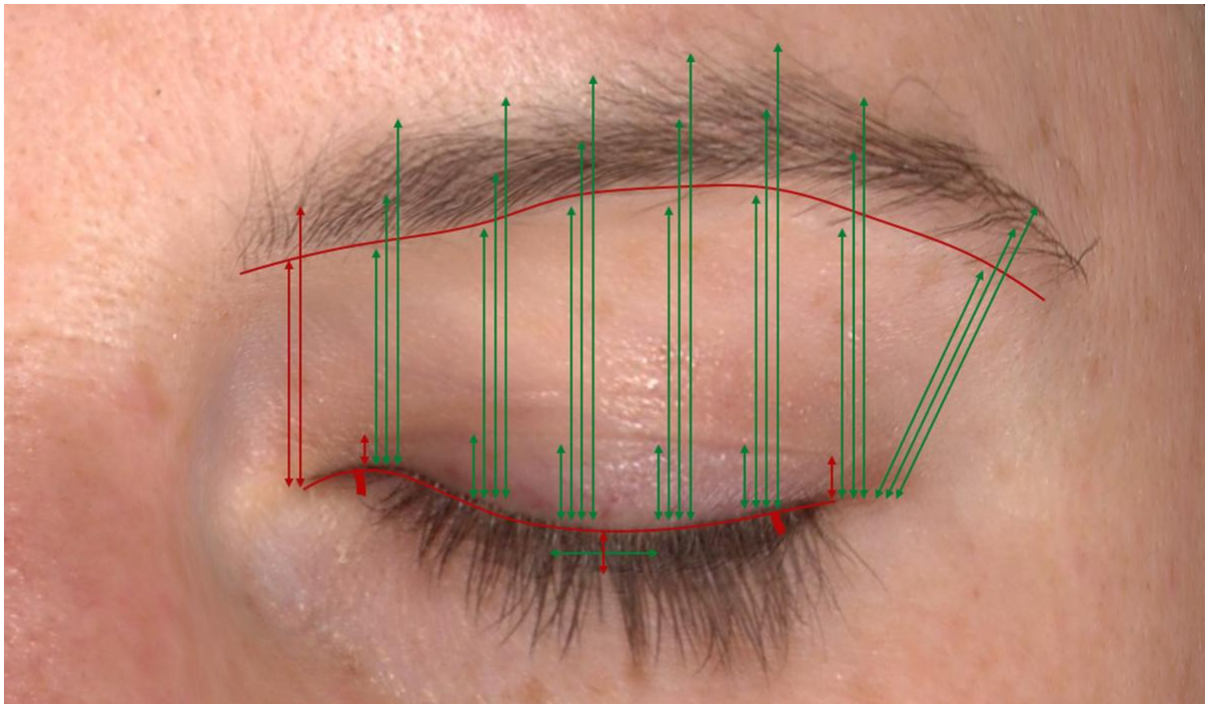


Abbildung 15: Messwerte bei geschlossenen Augen

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei geschlossenen Augen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

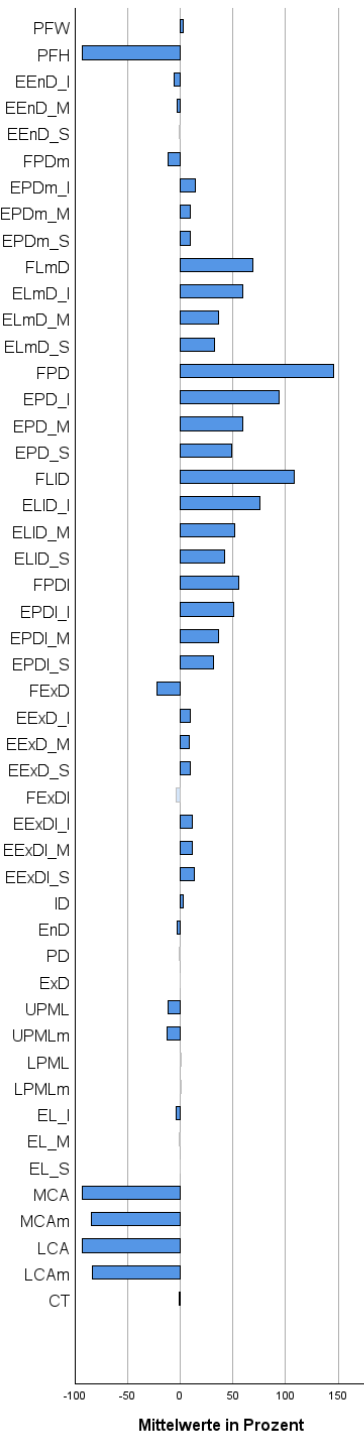
Bei geschlossenen Augen vergrößerte sich die Augenspaltbreite (PFW) um 2,8%. Die Höhe der Augenpalte (PFH) verringerte sich um 92,8%. Auf Höhe der medialen paralimbischen Achse zeigte sich der Abstand von Oberlidfalte und Oberlidkante (FPDm) um 11,1% vermindert. Auch im Bereich des Augenaußenwinkels zeigte sich dieser Abstand (FExD) um 22,2% vermindert. In den weiteren Messpunkten jedoch zeigte sich diese Distanz durchgehend erhöht. Auf Höhe der Pupillenmitte war die Distanz beispielsweise (FPD) um 145% erhöht. Im Bereich des Augeninnenwinkels verringerten sich die Distanzen von der Augenbrauenunterkante bzw. Augenbrauenmitte zur Oberlidkante. Abgesehen davon zeigte sich eine Zunahme der Distanzen von Oberlid zu Augenbraue in allen weiteren Messpunkten. Über der Pupille zeigte sich beispielsweise eine vergrößerte Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 93,3%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 58,9% und zur Oberkante der Augenbraue (EPD_S) um 49,3%. Der Irisdurchmesser (ID) erhöhte sich um 2,5%, der Abstand der beiden Augeninnenwinkel (EnD) verringerte sich um 2,9%. Die Länge der Oberlidkante reduzierte sich in beiden Messverfahren, bei dem interpolierten Messverfahren (UPMLm) ergab sich eine Verringerung der Länge um 12,6%. Die Länge der Unterlidkantenlänge zeigte keine signifikante Veränderung. Die Augenbraue zeigte sich an der Unterkante gemessen (EL_I) um 3,4% verkürzt. Die Messungen an der Oberkante und Mitte der Augenbraue zeigten keine signifikanten Veränderungen. Der mediale Augeninnenwinkel nahm in beiden

Messverfahren ab, im winkelnahen Messverfahren (MCAm) um 83,9% ab. Auch der laterale Augeninnenwinkel verminderte sich bei Anwendung beider Messverfahren. Als Beispiel wurde der winkelnaher laterale Augeninnenwinkel (LCAm) um 83,6% reduziert. Die Neigung der Augenachse (CT) nahm um 1,3% ab. (siehe Abbildung 15, Abbildung 16, Anhang 1)

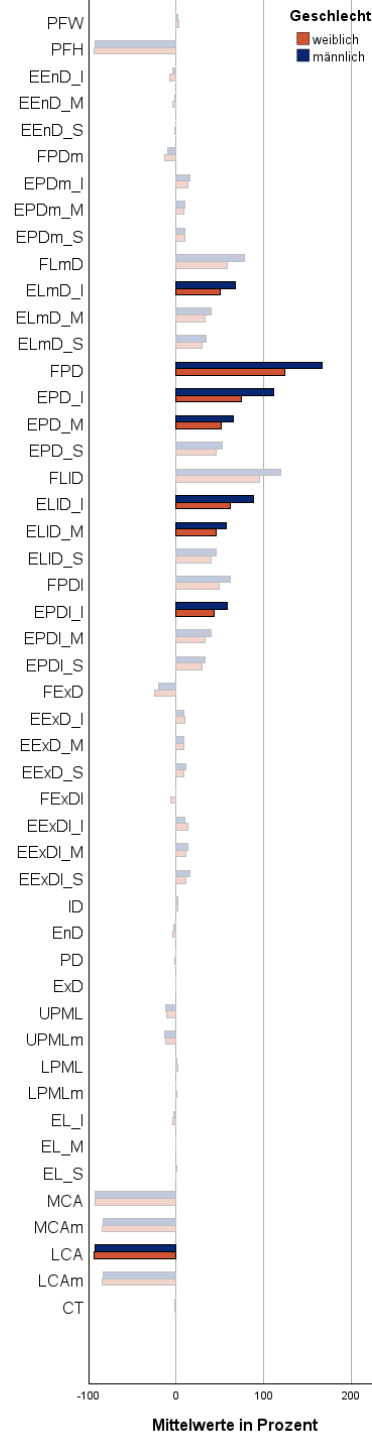
Bei Männern zeigte sich der Abstand von Oberlid zur Augenbrauenunterkante auf Höhe des medialen Limbus (ELmD_I) um 17,2% erhöht. Über der Pupille war die Distanz von Oberlid zu allen drei Augenbrauenhöhen bei Männern signifikant erhöht. Auf Höhe des lateralen Limbus zeigten sich in der männlichen Population die Messwerte von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (ELID_I) um 26,8% und zur Mitte der Augenbraue (ELID_M) um 11,2% erhöht. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse war bei männlichen Probanden nur eine Zunahme der Distanz von Augenbrauenunterkante zur Oberlidkante (EPDI_I) um 14,3% ersichtlich. Der laterale Augeninnenwinkel war lediglich bei Messung auf Höhe der Pupille (LCA) um 1% kleiner in der weiblichen Gruppe. (siehe Abbildung 16, Anhang 2)

Die Höhe der Augenfissur war in der jüngeren Gruppe um 1,6% erhöht im Vergleich zur älteren Gruppe. Über dem Augeninnenwinkel zeigte sich die Augenbraue in den unteren (EEnD_I) und mittleren Messwerten (EEnD_M) bei jüngeren Probanden erhöht. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse zeigte sich dann jedoch eine Erhöhung aller Distanzen der Augenbraue bei jüngeren Probanden. Auch über dem medialen Limbus, der Pupille und dem lateralen Limbus waren alle Messwerte von Augenlid zu Augenbraue erhöht. Über der Pupille ergab sich eine Erhöhung der Distanz der jüngeren Population von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 22,7%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 13,6% und zur Oberkante (EPD_S) um 12,9%. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse und des Augenaußenwinkels zeigte sich bei Jüngeren eine Zunahme der Strecke zwischen Oberlid und Augenbrauenmitte bzw. Augenbrauenoberkante. Der Abstand Oberlidkante zu Oberlidfalte zeigte sich bei Jüngeren medial (FPDm) um 14,7% erhöht. Auch über der Pupille, dem lateralen Limbus und dem Augenaußenwinkel war diese Distanz bei der jüngeren Population höher. Die interpupilläre Distanz ist in der älteren Gruppe um 1,4% vermindert. Die Augenbraue zeigte sich in der jüngeren Population an der Unterkante um 4,6% (EL_I) und in der Mitte (ELI_M) um 3,8% verlängert. Der Augeninnenwinkel war mit beiden Messverfahren in der jüngeren Gruppe vergrößert, in der winkelnahen Messung (MCAm) um 2,6%. Der laterale Augeninnenwinkel war lediglich in der Messung auf Höhe der Pupille (LCA) in der jüngeren Gruppe um 1,5% vergrößert. (siehe Abbildung 16, Anhang 3)

Veränderungen bei geschlossenen Augen im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden bei geschlossenen Augen



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden bei geschlossenen Augen

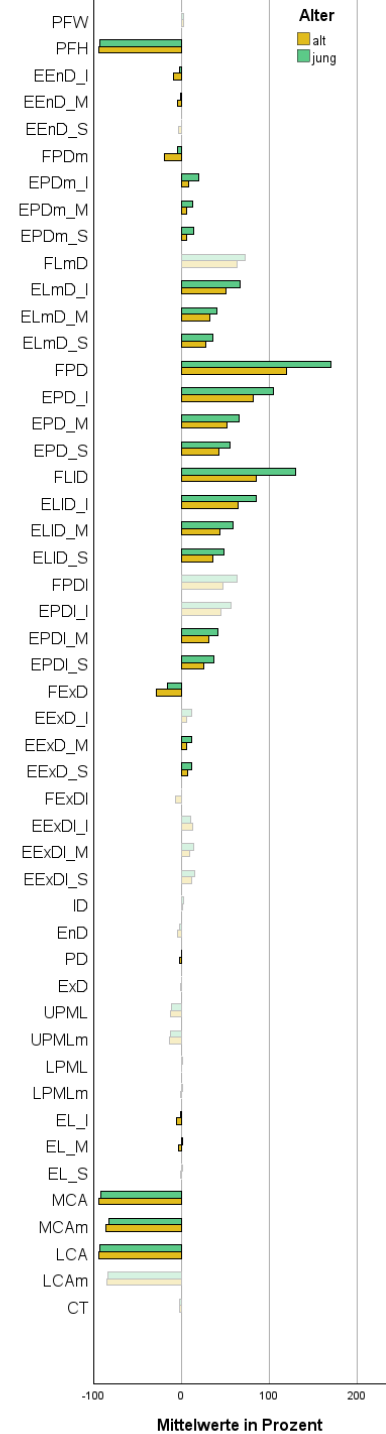


Abbildung 16: Mittelwerte bei geschlossenen Augen

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte des Gesichtsausdrucks mit geschlossenen Augen mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt.

Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2. Augenbewegung

4.2.1. Blickrichtung nach kranial

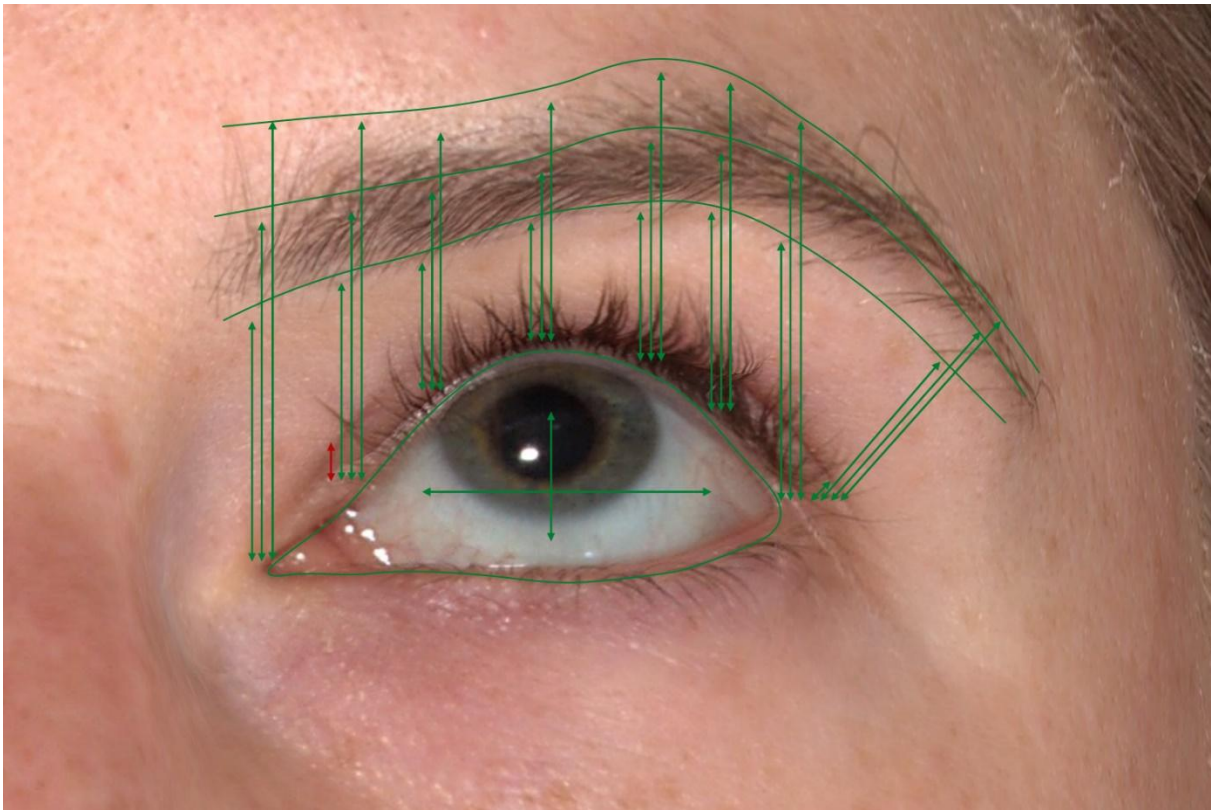


Abbildung 17: Messwerte bei Blick nach kranial

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kranial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

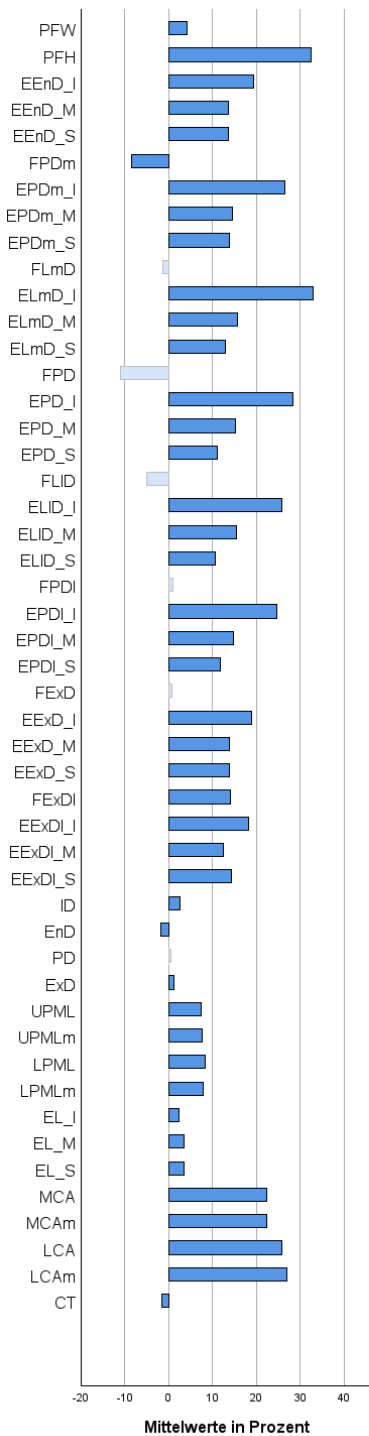
Bei der kranialen Blickrichtung nahm die Breite der Augenlidspalte (PFW) um 4,2% zu. Die Höhe der Augenlidspalte (PFH) war um 32,4% erhöht. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung, auf Höhe der medialen paralimbischen Achse, (FPD_m) eine Reduktion um 8,4%. In den restlichen Abschnitten zeigte sich der Abstand von Oberlidkante zu Oberlidfalte unverändert, lediglich am äußersten Messbereich auf Höhe des Augenaußenwinkels (FExDI) zeigte sich eine Zunahme der Distanz um 14%. Die Distanz von Oberlid zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante zeigte sich auf der gesamten Breite der Augenbraue erhöht. Als Beispiel zeigte sich auf Höhe der Pupille die Distanz von Oberlidkante zum Unterrand der Augenbraue (EPD_I) um 28,4%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 15,2% und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 11% verlängert. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 2,6%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 1,8%. Der Abstand der Augenaußenwinkel (ExD) hingegen stieg um 1,2%. Eine Zunahme der Länge der Oberlidkante konnte mit beiden Messverfahren nachgewiesen werden, im interpolierten Messverfahren (UPML_m) war die Strecke um 7,6% verlängert. Auch die Länge der Unterlidkante zeigte sich

in beiden Messverfahren verlängert. In der interpolierten Messung nahm die Länge des Unterlids um 8% zu. Die Augenbraue zeigte sich in allen Messungen verlängert. An der Unterkante gemessen (EL_I) verlängerte sie sich um 2,3%, in der Mitte gemessen (EL_M) um 3,6% und an der Oberkante gemessen (EL_S) um 3,6%. Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messverfahren vergrößert, in der winkelnahen Messung (MCAm) um 22,5%. Auch der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich mittels beider Messverfahren vergrößert, in der winkelnahen Messung (LCAm) um 27%. Die Neigung der Augenachse (CT) wurde um 1,6% vermindert. (siehe Abbildung 17, Abbildung 18, Anhang 1)

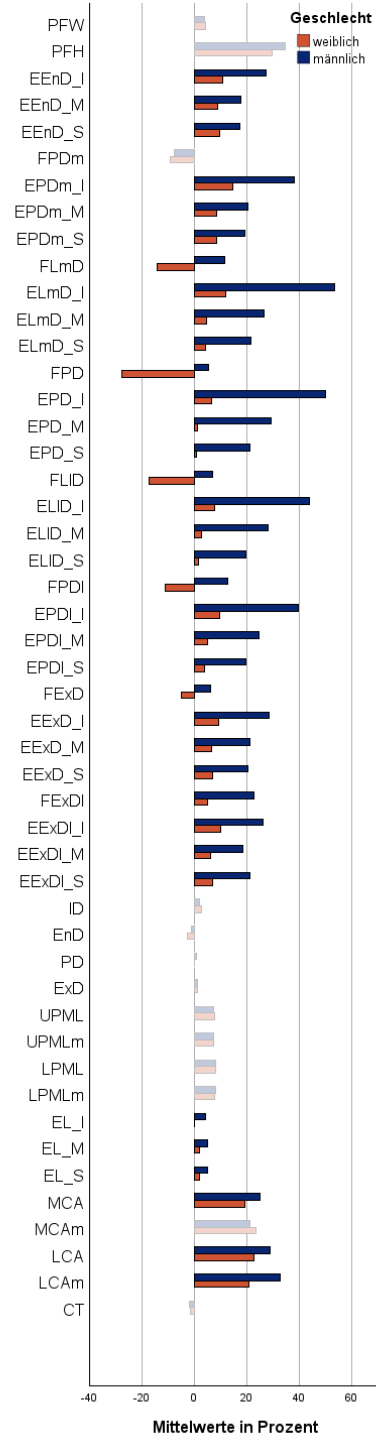
Bei Männern zeigte sich der Abstand von Oberlid zur Augenbraue in der gesamten Breite der Augenbraue in allen Messwerten im Vergleich zu den Frauen erhöht. Als Beispiel war die Distanz von Oberlidkante und Augenbraue über der Pupille bei Messung zur Augenbrauenunterkante (EPD_I) um 43,6%, zur Augenbrauenmitte (EPD_M) um 28,1% und zur Augenbrauenoberkante (EPD_S) um 20,4% höher in der männlichen Gruppe. Die mediale Messung von Oberlidkante zu Oberlidfalte zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Jedoch zeigte sich lateral davon in allen weiteren Messungen ein im Vergleich zu den Frauen eine erhöhte Distanz bei Männern. Über dem lateralen Limbus war der die Distanz von Oberlid zur Oberlidfalte (FLID) um 24,4% größer bei männlichen Probanden. Die Augenbraue war bei Männern an der Unterkante gemessen (EL_I) um 4,2%, in der Mitte gemessen (EL_M) um 2,9% und an der Oberkante gemessen (EL_S) um 3,1% länger als bei weiblichen Probanden. Der mediale Augeninnenwinkel war lediglich bei Frauen im Messverfahren auf Höhe der Pupille um 5,6% verringert. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte bei Männern bei beiden Messverfahren einen vergrößerten Winkel, in der winkelnahen Messung (LCAm) um 11,9%. (siehe Abbildung 18, Anhang 2)

Die Messung der Augenbrauenmitte zur Oberlidkante zeigte auf Höhe des Augeninnenwinkel (EEnD_M) eine um 6,4% vergrößerte Distanz bei älteren Probanden. Auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse zeigte sich die Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FPDI) in der älteren Gruppe um 23,1% erhöht. Dies zeigte sich ebenfalls auf Höhe des Augenaußenwinkels (FExD), wo die Distanz um 16,7% erhöht wurde. Die drei gemessenen Abstände von Oberlid zur Augenbraue zeigte sich alle über dem Augenaußenwinkel bei Älteren erhöht. Dieser Abstand vom Oberlid war zur Unterkante der Augenbraue (EExDI_I) um 18,9%, zur Mitte der Augenbraue (EExDI_M) um 10,8% und zur Oberkante (EExDI_S) um 9,4% erhöht. Der innere Augeninnenwinkel zeigte sich in der älteren Gruppe mit beiden Messverfahren erhöht, in der winkelnahen Messung (MCAm) um insgesamt 13%. Der äußere Augeninnenwinkel war lediglich in der Winkelmessung auf Höhe der Pupille (LCA) um 6% bei Älteren erhöht. (siehe Abbildung 18, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach oben im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach oben



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach oben

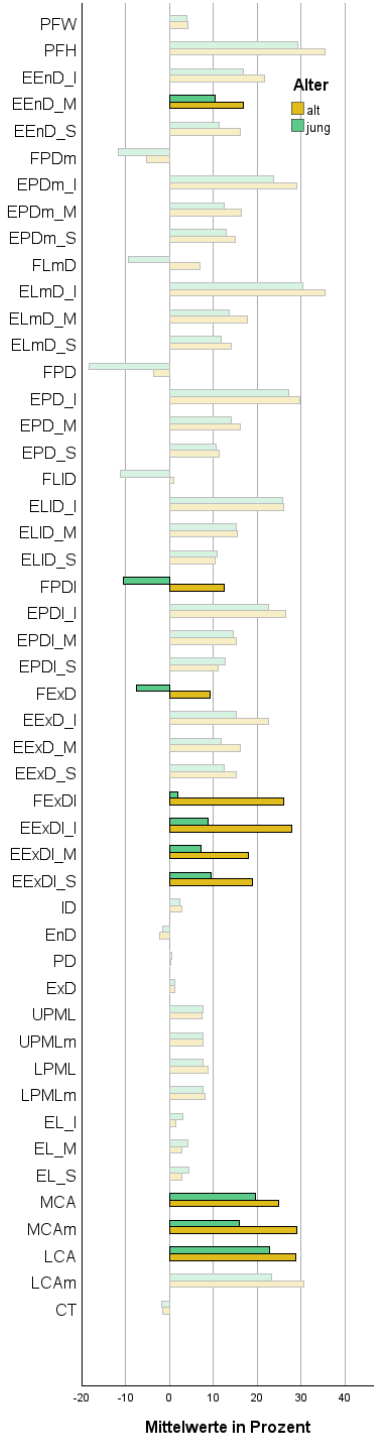


Abbildung 18: Mittelwerte bei Blick nach kranial

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach oben mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt.

Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.2. Blickrichtung nach kranial lateral

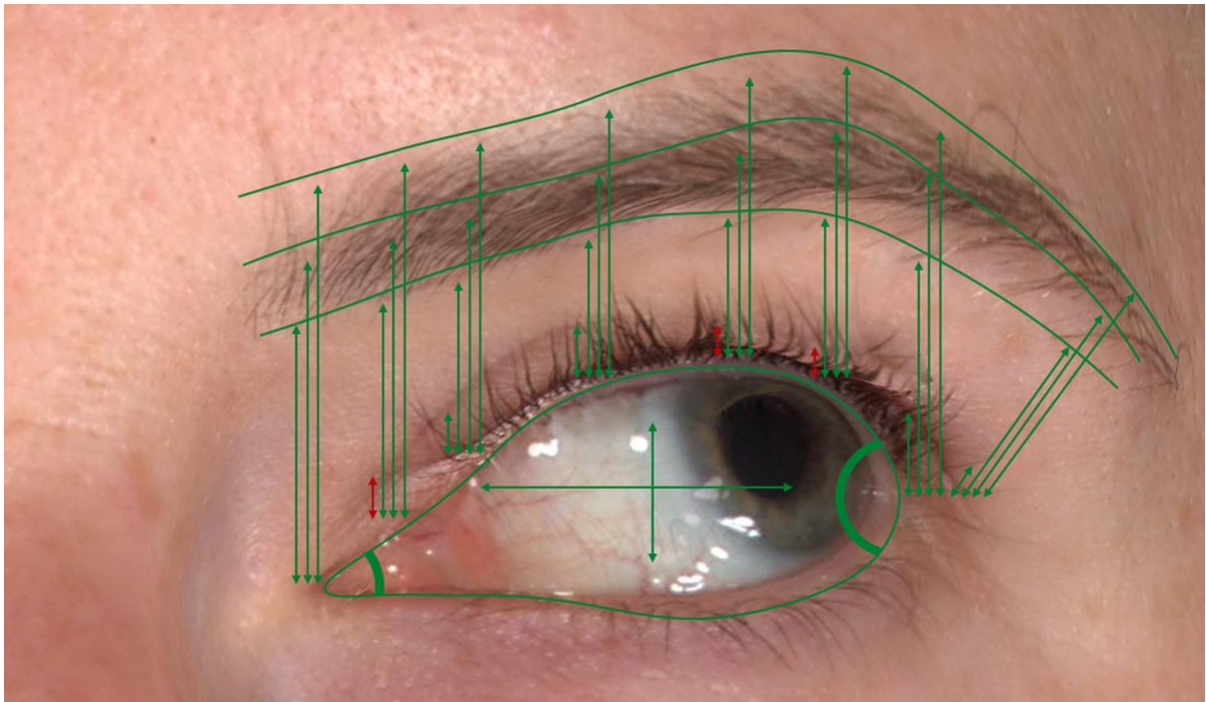


Abbildung 19: Messwerte bei Blick nach kranial lateral

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kranial lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

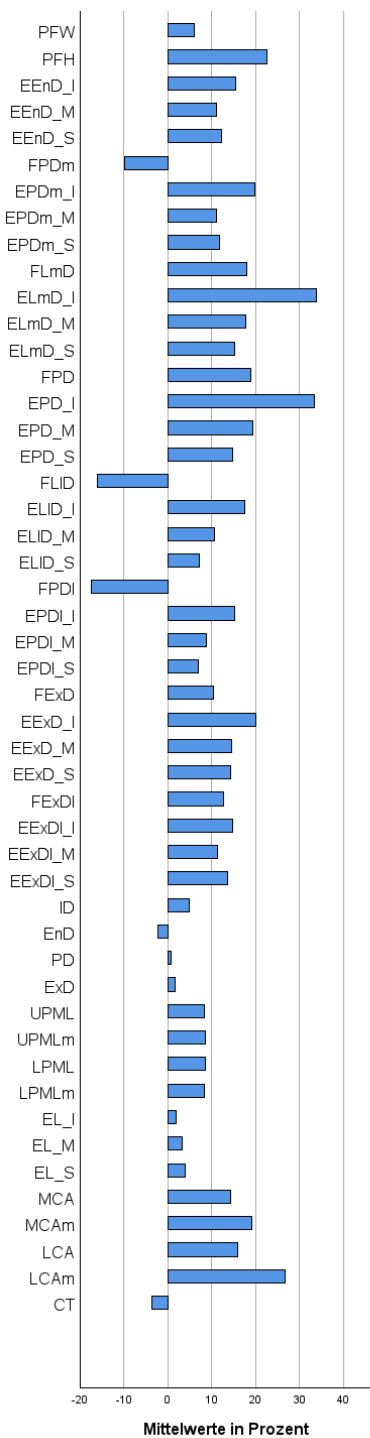
Bei der kranial lateralen Blickrichtung wurde die Breite der Augenlidspalte (PFW) um 6,2% erhöht. Die Höhe des Augenlidspaltes (PFH) war um 22,6% erhöht. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung (FPDm) eine Reduktion um 9,8%. Auf Höhe des medialen Limbus kam es dann jedoch zu einer Erhöhung der Distanz (FLmD) um 18,1%. Auf Höhe der Pupille wurde eine Erhöhung der Distanz (FPD) um 19% festgestellt. Auf Höhe des lateralen Limbus zeigt sich dann wieder eine Verringerung der Distanz (FLID) um 16%. Auch auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse zeigte sich eine Verkürzung der Strecke von Oberlid zu Oberlidfalte. Auf Höhe des Augenaußenwinkel zeigte sich dann wieder eine Erhöhung der Distanz (FExD) um 10,4% und an der äußersten Messung (FExDI) eine Erhöhung um 12,7%. Der Abstand zwischen Oberlidkante und allen drei Messhöhen der Augenbraue zeigt sich auf der gesamten Länge der Augenbraue vergrößert. Als Beispiel zeigt sich über der Pupille die Distanz von Oberlid zur Augenbraue am Unterrand um 33,4% (EPD_I), zur Augenbraue in der Mitte (EPD_M) um 19,3% und zur Augenbraue am Oberrand (EPD_S) um 14,7% vergrößert. Der Durchmesser der Iris (ID) wuchs um 4,8%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 2,1%. Die interpupilläre Distanz beider Augen (PD) erhöhte sich um 0,8%. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) stieg um 1,7%. Die Länge der Oberlidkante war in beiden Messverfahren verlängert, in der interpolierten Messung (UPMLm) stieg sie um 8,5%.

Ebenso war die Länge der Unterlidkante in beiden Messungen verlängert und vergrößerte sich im interpolierten Messverfahren (LPMLm) um 8,4%. Die Augenbraue verlängerte sich an der Unterkante gemessen (EL_I) um 2%, in der Mitte gemessen (EL_M) um 3,4% und an der Oberkante gemessen (EL_S) um 4%. Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messungen vergrößert. In der winkelnahen Messung stellte sich der Winkel (MCAm) um 19,1% vergrößert dar. Auch der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messverfahren vergrößert, im winkelnahen Messverfahren (LCAm) um 26,7%. Die Canthal-Neigung der Augen (CT) war um 3,7% vermindert. (siehe Abbildung 19, Abbildung 20, Anhang 1)

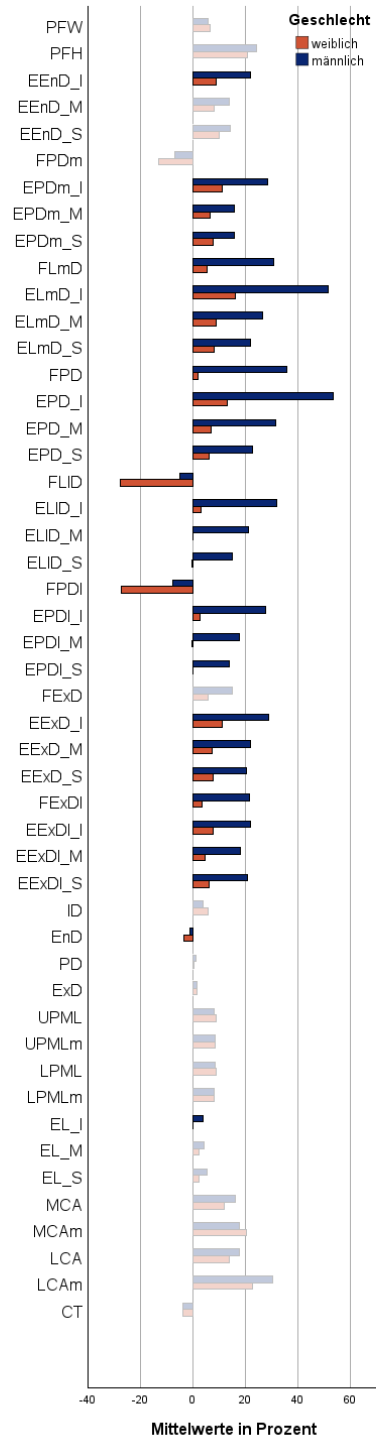
Bei Männern zeigte sich über dem Augeninnenwinkel eine erhöhte Messdistanz von der Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante. Lateral davon zeigte sich in allen weiteren Messbereichen eine erhöhte Distanz vom Oberlid zur Augenbraue. Als Beispiel war bei den Männern im Vergleich zu den Frauen auf Höhe der Pupille die Distanz von der Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante (EPD_I) um 4,1% vergrößert, zur Augenbrauenmitte (EPD_M) um 24,4% vergrößert und zur Augenbrauenoberkante (EPD_S) um 16,6% vergrößert. Auf Höhe der medialen paralimbalen Achse und auf Höhe des Augenaußenwinkels zeigten die Messungen zwischen Oberlidkante und Oberlidfalte zwar keinen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen, jedoch fielen in allen anderen Messungen dieser Distanz erhöhte Werte bei Männern auf. Die Augenbrauenlänge war bei Männern an der Unterkante (EL_I) gemessen um 3,8% vergrößert. Der Abstand der Augeninnenwinkel (EnD) war bei Frauen um 2,4% vermindert. (siehe Abbildung 20, Anhang 2)

Auf Höhe des Augeninnenwinkels wuchs bei Älteren die Distanz von Oberlid zu Augenbrauenmitte (EEnD_M) um 7,7% und zur Oberkante der Augenbraue (EEnD_S) um 7,1%. Auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse waren in der älteren Gruppe die Abstände zwischen Oberlid und der Unterkante der Augenbraue (EPDm_I) um 10,4% vergrößert und zwischen Oberlid und Mitte der Augenbraue (EPDm_M) um 10,2% erhöht. Über dem medialen Limbus waren die Messwerte von Oberlid zur Mitte der Augenbraue bei älteren Probanden erhöht, auf Höhe des Augenaußenwinkels war der Abstand zur Augenbrauenunterkante und Augenbrauenmitte erhöht. In der äußersten Messung wuchsen die Abstände vom Oberlid zur Unterkante, Mitte und Oberkante der Augenbraue. Über dem lateralen Augenwinkel war bei der älteren Gruppe ebenfalls der Abstand von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FExDI) um 26,5% erhöht. Der mediale und der laterale Augeninnenwinkel waren in der älteren Gruppe im Vergleich zur jüngeren Gruppe lediglich bei winkelnaher Messung um 17,4% (MCAm) bzw. um 8,2% (LCAm) erhöht. (siehe Abbildung 20, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach oben lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach oben lateral



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach oben lateral

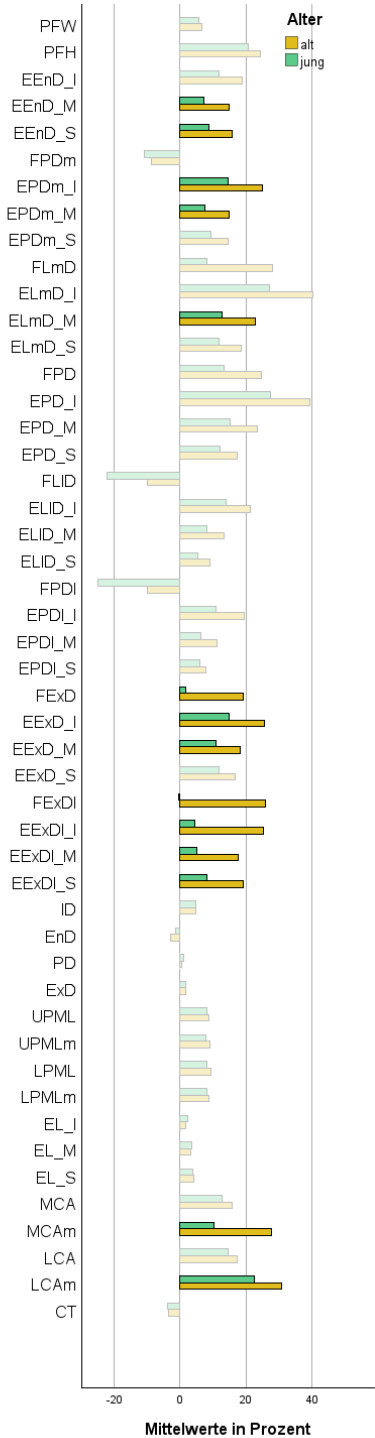


Abbildung 20: Mittelwerte bei Blick nach kranial lateral

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach oben lateral mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlecht aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.3. Blickrichtung nach lateral

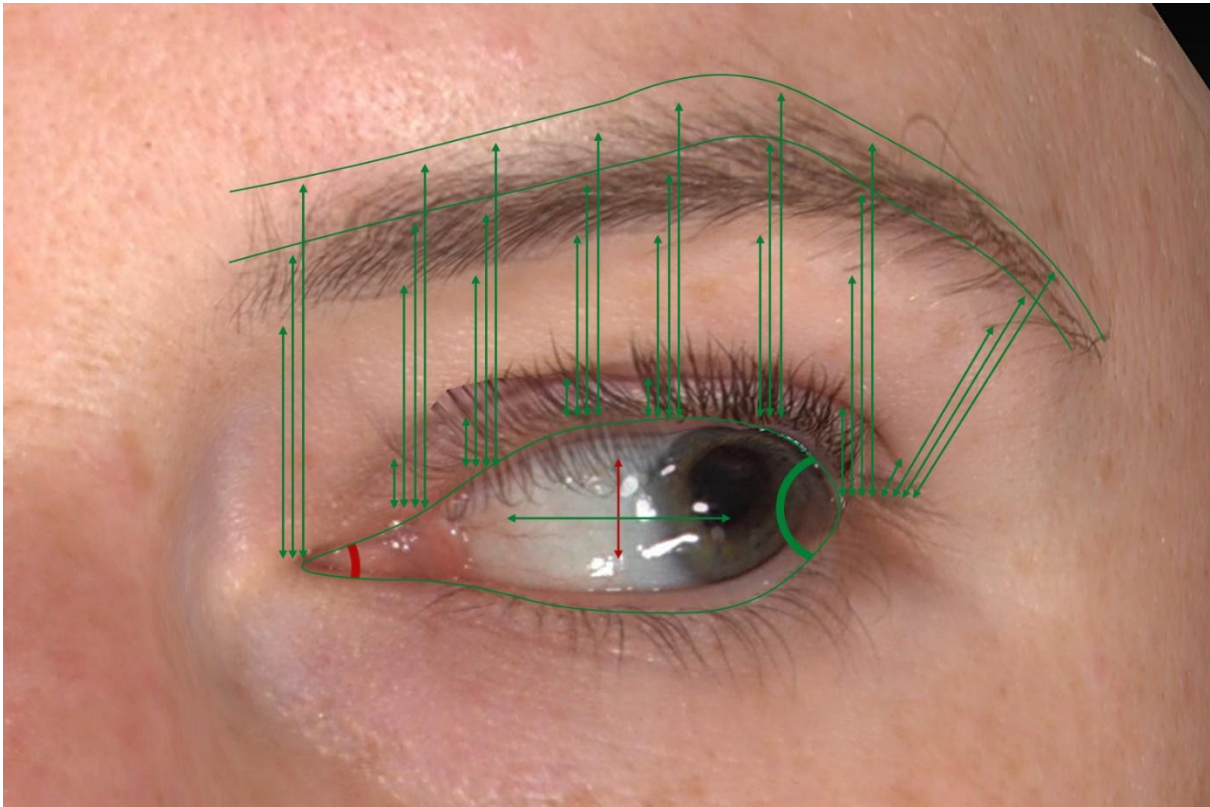


Abbildung 21: Messwerte bei Blick nach lateral

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

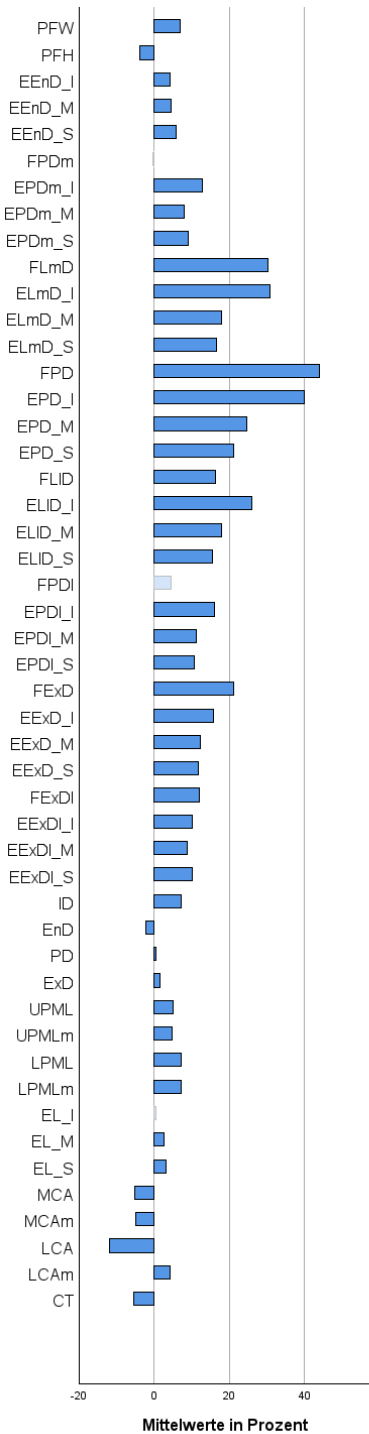
Bei der lateralen Blickrichtung wurde die Augenspaltbreite (PFW) um 7% erhöht. Die Höhe des Augenspaltes (PFH) wurde um 4% vermindert. Die Distanz zwischen Oberlid und Oberlidfalte zeigte in der medialen Messung, auf Höhe des medialen paramedianen Limbus, keine signifikante Veränderung. Auf Höhe des medialen Limbus zeigte sich jedoch eine Erhöhung der Distanz (FLmD) um 30,3% und auf Höhe der Pupille (FPD) eine Erhöhung um 44%. Auf Höhe des lateralen Limbus kam es ebenfalls zu einer Zunahme der Distanz (FLID) um 16,4%. Oberhalb des Augenaußenwinkels (FExD) zeigte sich eine Streckenzunahme von 21,1% und in den äußersten Messpunkten (FExDI) eine Erhöhung der Strecke um 21,1%. Die Distanz von Oberlid zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante vergrößerte sich in allen Messwerten über die gesamte Länge der Augenbraue. Als Beispiel zeigte sich über der Pupille der Abstand von Oberlid zum Unterrand der Augenbraue (EPD_I) um 40% angehoben, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 24,6% und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 21,1%. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 7,3%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 2,3%. Die interpupilläre Distanz (PD) erhöhte sich um 0,6%. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) stieg um 1,5% an. Die Länge der Oberlidkante zeigt

sich in beiden Messverfahren verlängert, in der interpolierten Messung (UPMLm) ergab sich ein Zuwachs von 4,9%. Auch die Länge der Unterlidkante verlängerte sich in beiden Messverfahren, in der interpolierten Messung (LPMLm) ergab sich eine Längenzunahme von 7,1%. Die Länge der Augenbraue zeigte sich an der Unterkante gemessen unverändert, jedoch nimmt die Länge bei Messung in der Mitte der Augenbraue (EL_M) um 2,6% und bei Messung an der Oberkante der Augenbraue (EL_S) um 3% zu. Der mediale Augeninnenwinkel zeigte sich bei beiden Messverfahren vermindert, bei der winkelnahen Messung (MCAm) um 4,9%. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte bei Messung in Höhe der Pupille (LCA) eine Abnahme von 11,8%, bei winkelnaher Messung (LCAm) jedoch Zunahme von 4,3%. Die Neigung der Augenachse (CT) wurde um 5,3% vermindert. (siehe Abbildung 21, Abbildung 22, Anhang 1)

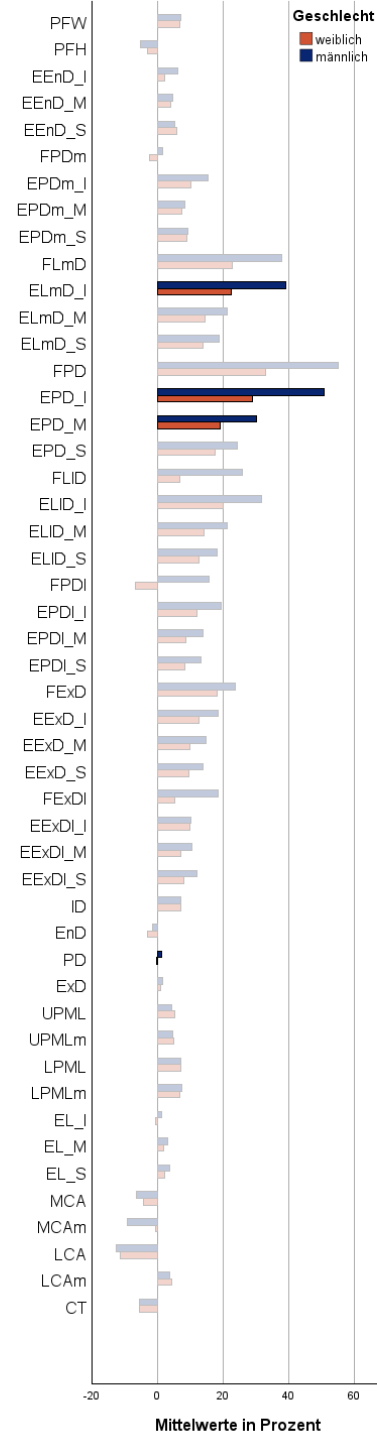
Bei Männern zeigte sich über dem medialen Limbus eine um 16,6% größere Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (ELmD_I). Auf Höhe der Pupille zeigte sich in der männlichen Gruppe eine erhöhte Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 21,9% und zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 11,2%. Der Abstand der Pupillen (PD) war bei Männern um 1,5% höher. (siehe Abbildung 22, Anhang 2)

Bei älteren Probanden war der Abstand von Augeninnenwinkel zur Augenbrauenmitte (EEnD_M) um 5,7% und zur Oberkante der Augenbraue (EEnD_S) um 5% höher als bei jüngeren Probanden. Auf Höhe des medialen Limbus war die Distanz zwischen Oberlidkante und Oberlidfalte (FLmD) bei der älteren Gruppe um 23,8% erhöht. Auf gleicher Höhe war ebenfalls bei älteren Probanden die Strecke zwischen Oberlidkante und der Mitte der Augenbraue (ELmD_M) um 8,8% erhöht. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse war die Distanz zwischen Oberlidkante und Unterkante der Augenbraue (EPDI_I) bei Älteren um 13,5% erhöht. Über dem Augenaußenwinkels und bei den äußersten Messpunkten zeigten sich in der älteren Gruppe alle Messwerte von Oberlid zur Augenbraue erhöht. In den äußersten Messungen vergrößerte sich bei älteren Probanden der Abstand von der Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EExDI_I) um 19,2%. Die Distanz zwischen Oberlidkante und der Mitte der Augenbraue (EExDI_M) war bei der älteren Gruppe um 10,8% und die Distanz zwischen Oberlidkante und Oberkante der Augenbraue um 9,5% vergrößert im Vergleich zur jüngeren Gruppe. Die Canthal-Neigung war bei der jüngeren Gruppe um 0,8% kleiner als in der älteren Gruppe. (siehe Abbildung 22, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach lateral



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach lateral

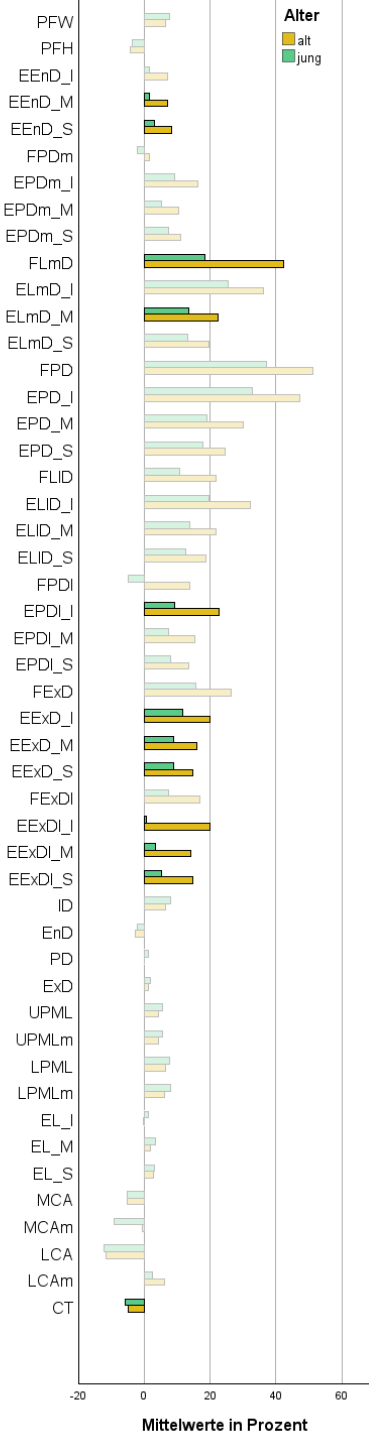


Abbildung 22: Mittelwerte bei Blick nach lateral

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach lateral mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.4. Blickrichtung nach kaudal lateral

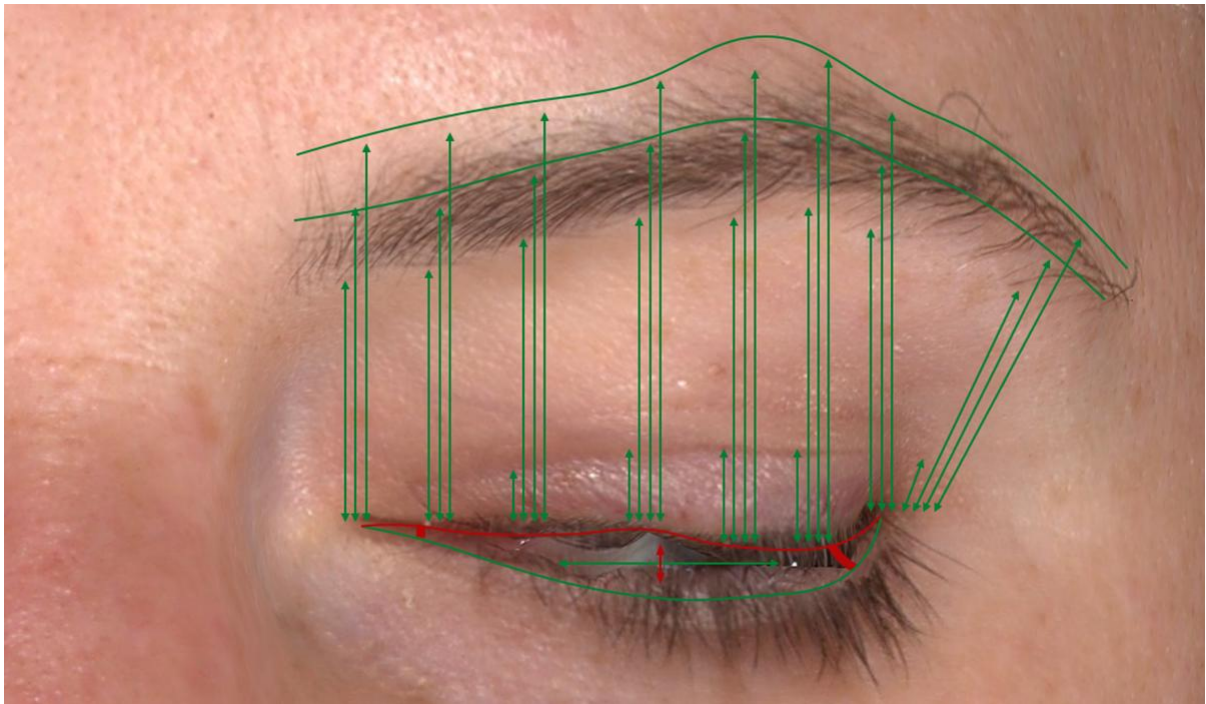


Abbildung 23: Messwerte bei Blick nach kaudal lateral

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kaudal lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

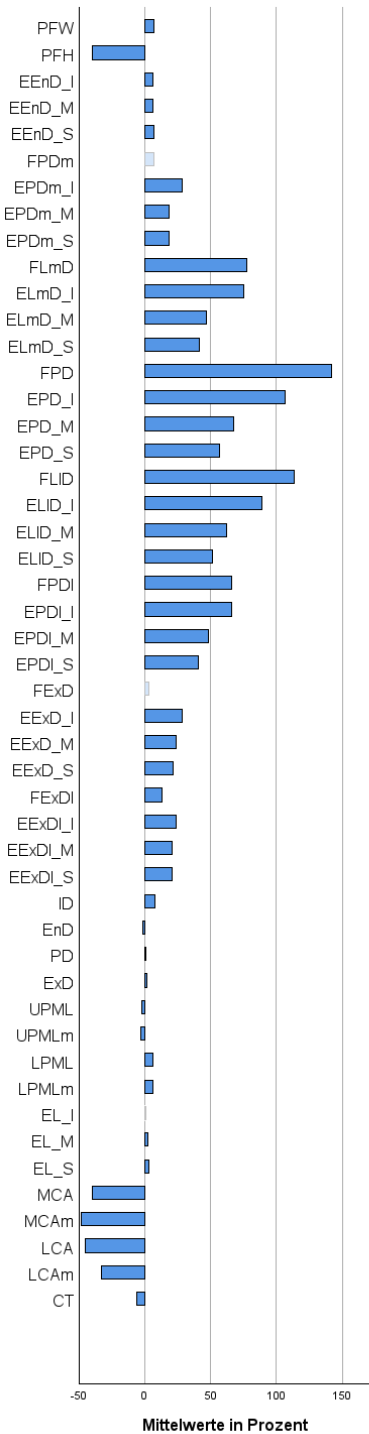
Bei der kaudal lateralen Blickrichtung erhöhte sich die Breite des Augenspaltes (PFW) um 7%. Die Höhe des Augenspaltes (PFH) wurde um 40% vermindert. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung keine signifikante Veränderung. Auf Höhe des medialen Limbus zeigte sich eine Erhöhung der Distanz (FLmD) um 77,5%. Über der Pupille erhöhte sich diese Distanz (FPD) sogar um 142%. Auch auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) zeigte sich weiterhin eine Erhöhung um 114%. Auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse war diese Distanz (FPDI) ebenfalls um 65,8% erhöht. Auf Höhe des Augenaußenwinkel kam es zu keiner signifikanten Veränderung, jedoch zeigte sich in der äußersten Messung (FExDI) erneut eine Erhöhung von Oberlidfalte zum Oberlid um 13%. Die Abstände von Oberlid zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante nahmen alle zu. Als Beispiel zeigte über der Pupille die Distanz von Oberlidrand zum Unterrand der Augenbraue (EPD_I) um 106,5%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 67,8% und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 56,8% vergrößert. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 7,5%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 1,7%. Die interpupilläre Distanz beider Augen (PD) erhöhte sich um 0,8%. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) stieg um 1,4% an. Die Länge der Oberlidkante zeigte sich bei Nutzung beider Messverfahren verkürzt. Im interpolierten Messverfahren (UPMLm) sank die Länge der Oberlidkante um 2,7%. Die Länge

der Unterlidkante zeigte sich hingegen in beiden Messverfahren verlängert, so wuchs die Länge beim interpolierten Messverfahren (LPMLm) um 6,1% an. Die Augenbrauenlänge zeigte sich an der Unterkante unverändert. Die Messung durch die Augenbrauenmitte (EL_M) ergab eine Verlängerung um 2,8% und die Messung entlang der Augenbrauenoberkante (EL_S) ergab eine Verlängerung von 3,1%. Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messverfahren verringert, bei der winkelnahen Messung (MCAm) um 47,8%. Auch der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messungen verringert, bei der winkelnahen Messung (LCAm) um 33%. Der Winkel der Augenachsen (CT) war ebenfalls um 6,1% vermindert. (siehe Abbildung 23, Abbildung 24, Anhang 1)

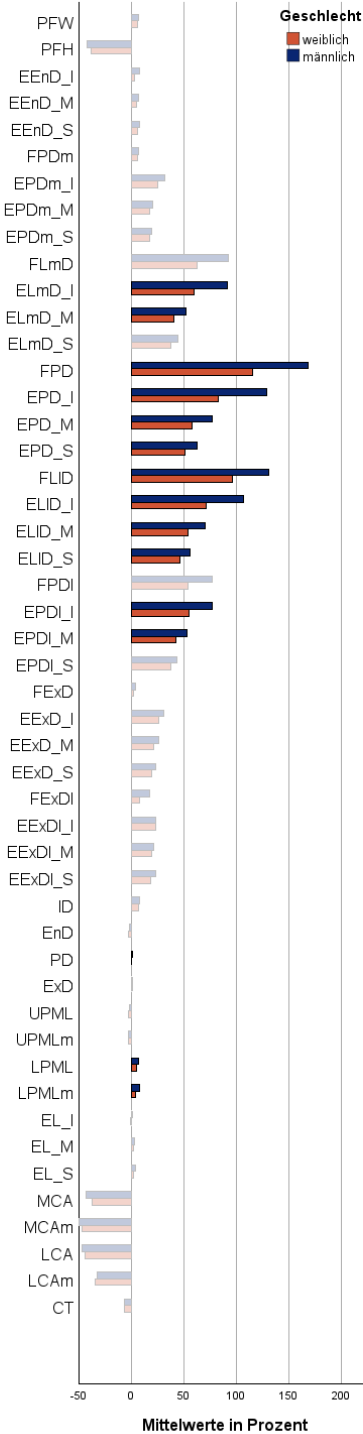
Bei Männern zeigte sich auf Höhe des medialen Limbus eine um 31,3% erhöhte Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (ELmDI_I) und eine um 11,3% erhöhte Distanz von der Oberlidkante zur Mitte der Augenbraue (ELmDI_M). Über der Pupille und über dem lateralen Limbus zeigten sich alle auf die Augenbraue bezogenen Distanzen in der männlichen Gruppe erhöht. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse zeigten sich dann nur erhöhte Werte bei Männern, bezogen auf die Messungen von Oberlid zur Unterkante der Augenbraue (EPDI_I) und zur Mitte der Augenbraue (EPDI_M). Der Abstand der Pupillen beider Augen (PD) war bei Männern um 1,1% erhöht im Vergleich zu Frauen. Die Länge der Unterlidkante stellte sich bei Frauen mit beiden Messverfahren als verkleinert dar. In der interpolierten Messung (LPMLm) war die Länge der Unterlidkante um 3,3% kleiner als bei Männern. (siehe Abbildung 24, Anhang 2)

Die Distanz des oberen Messpunktes der Augenbraue zur Oberlidkante (EEnD_S) war auf Höhe des Augeninnenwinkel bei älteren Probanden im Vergleich zu jüngeren Probanden um 4,6% erhöht. Auf Höhe des Augenaußenwinkels zeigte sich in der älteren Gruppe der Abstand von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EExD_I) um 12,5%, zur Mitte der Augenbraue (EExD_M) um 9,3% und zur Oberkante der Augenbraue (EExD_S) um 7,5% erhöht. Diese Distanzen waren auch im äußersten Messbereich ebenfalls bei älteren Probanden erhöht. Der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte (FExD) war bei Älteren über dem lateralen Augenwinkel um 13,3% erhöht. Der Durchmesser der Iris (ID) war bei Jüngeren um 3,2% höher. Die Länge der Unterlidkante zeigte sich bei Probanden der jüngeren Gruppe nur in der interpolierten Messung (LPMLm) um 2,8% größer als bei Probanden aus der älteren Gruppe. (siehe Abbildung 24, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach unten lateral im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach unten lateral



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach unten lateral

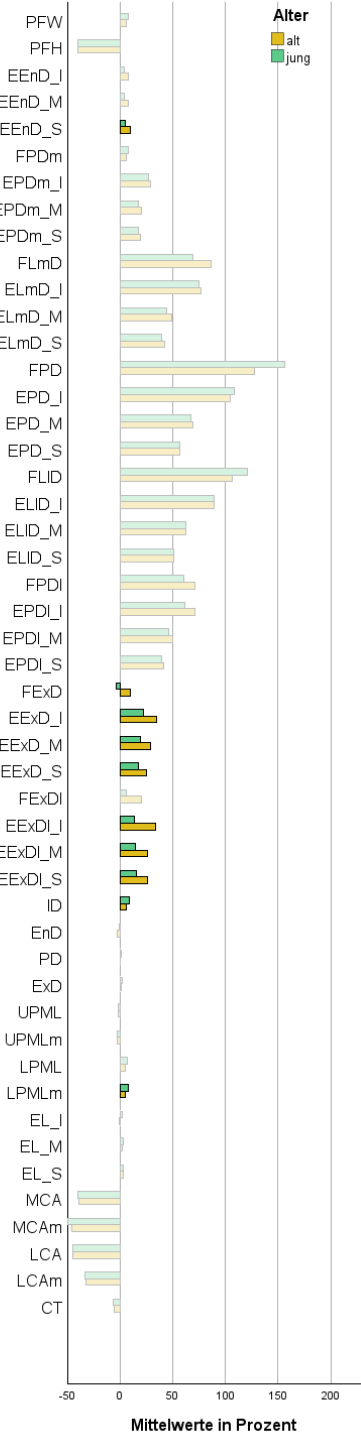


Abbildung 24: Mittelwerte bei Blick nach kaudal lateral

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach unten lateral mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.5. Blickrichtung nach kaudal

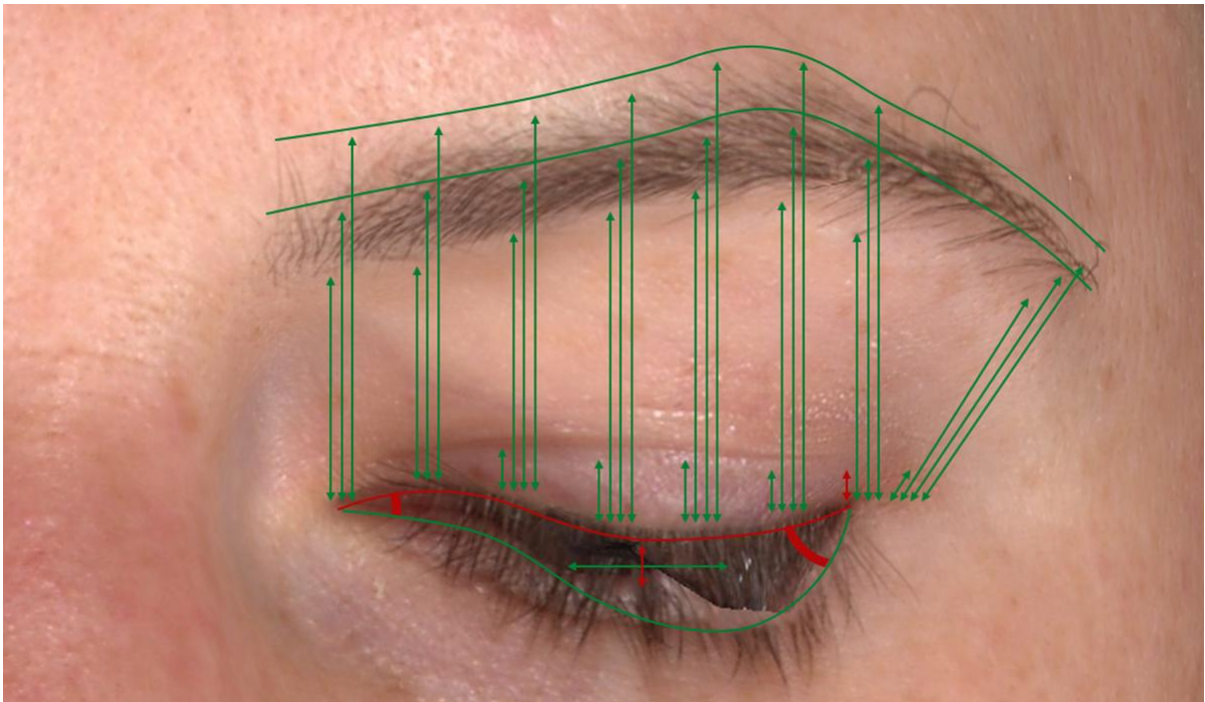


Abbildung 25: Messwerte bei Blick nach kaudal

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kaudal im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

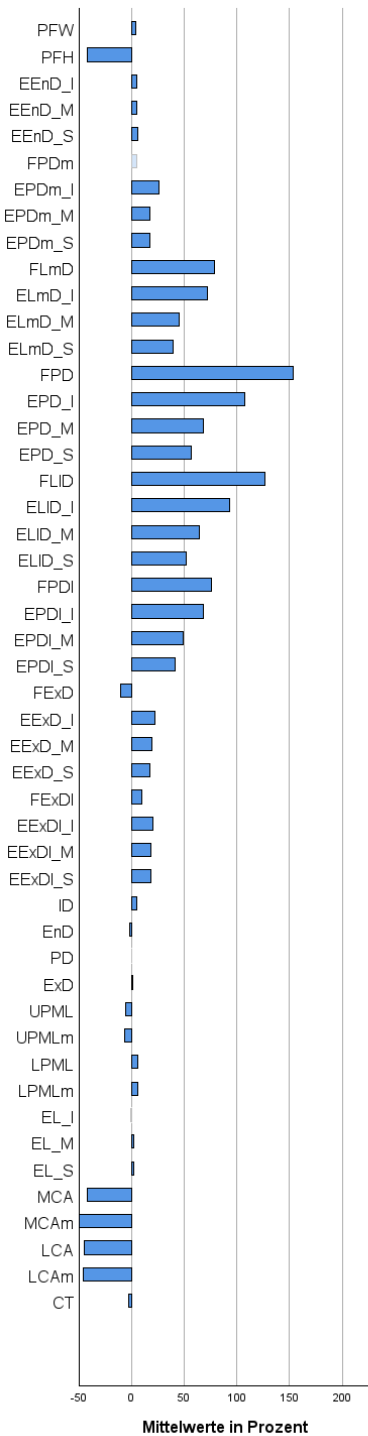
Bei der kaudalen Blickrichtung erhöhte sich die Breite der Augenspalte (PFW) um 4,1%. Die Höhe des Augenspaltes (PFH) wurde um 42,1% vermindert. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung keine signifikante Veränderung. Auf Höhe des medialen Limbus erhöhte sich die Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FLmD) um 78,7%. Auf Höhe der Pupille kam es zu einer Zunahme dieser Distanz (FPD) um 153,2%. Auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) zeigte sich ebenfalls eine Erhöhung um 126,7%. Auf Höhe des lateralen paralimbischen Limbus wurde diese Distanz (FPDI) um 75,4% erhöht. Auf Höhe des Augenaußenwinkel zeigt sich dann jedoch eine Verminderung der Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FExD) um 10,7%. Im äußersten Messbereich vergrößerte sich die Distanz von Oberlidkante zu Oberlidfalte (FExDI) wieder um 9,4%. Die Distanz von Augenlid zu Augenbraue zeigte sich über die gesamte Länge der Augenbraue in allen Messwerten signifikant vergrößert. Als Beispiel wurde über der Pupille die Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 107,4% vergrößert, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 67,8% vergrößert und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 56,8% vergrößert. Der Durchmesser der Iris (ID) wuchs um 4,6%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 1,5%. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) stieg jedoch um 0,7%. Die Länge der Oberlidkante

zeigte sich in beiden Messverfahren verkürzt, wobei die interpolierte Messung eine Reduktion von 6,6% ergab. Die Unterlidkante zeigte sich dafür in beiden Messverfahren verlängert. Dabei ergab die interpolierte Messung eine Zunahme der Unterlidkantenlänge um 5,6%. Die an der Unterkante gemessene Augenbrauenlänge zeigt keine signifikante Veränderung. Bei Messungen durch die Mitte der Augenbraue (EL_M) verlängerte sich diese um 1,9% und bei Messungen entlang der Oberkante der Augenbraue verlängerte sich diese um 2,5% (EL_S). Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messverfahren verkleinert, dabei ergab die winkelnaher Messung (MCAm) eine Reduktion um 49,1%. Der laterale Augeninnenwinkel war ebenfalls in beiden Messverfahren verkleinert, der winkelnaher Augeninnenwinkel (LCAm) war um 45,7% vermindert. Die Neigung der Augenachse nahm um 2,5% ab. (siehe Abbildung 25, Abbildung 26, Anhang 1)

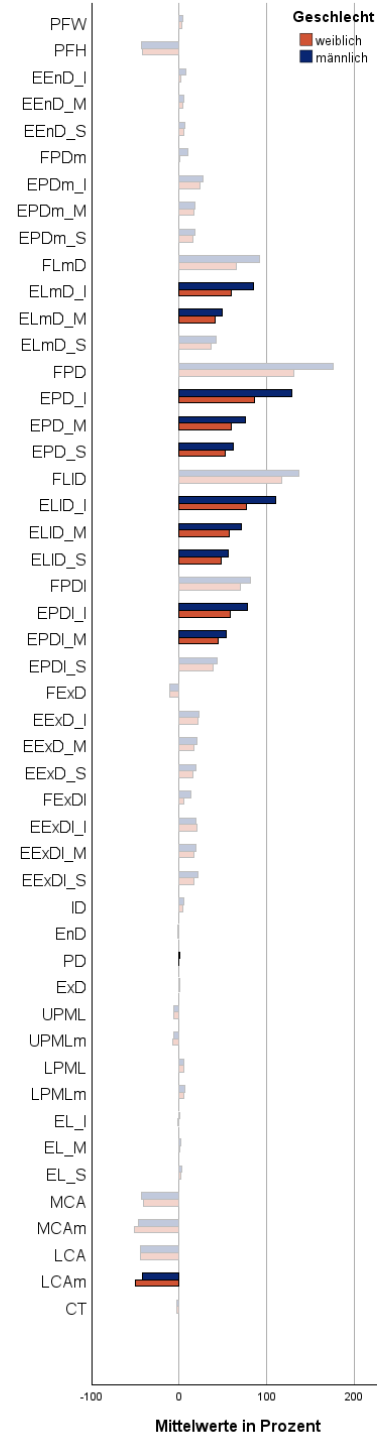
Bei Männern wurde auf Höhe des medialen Limbus eine um 24,8% erhöhte Distanz von der Augenlidkante zur Augenbrauenunterkante (ELmD_I) und eine um 8% erhöhte Distanz von Oberlidkante zur Augenbrauenmitte (ELmD_M) gemessen. Über der Pupille fanden sich bei Männern im Vergleich zu den Frauen ebenfalls erhöhte Messwerte für die Distanz von Oberlidkante zur Augenbrauenmitte und zur Augenbrauenoberkante. Im Bereich des lateralen Limbus zeigten sich alle drei Messwerte von Oberlid zur Augenbraue bei männlichen Probanden vergrößert. Auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse zeigten sich bei männlichen Probanden die Werte von Oberlid zur Unterkante der Augenbraue (EPDI_I) um 20% größer und zur Augenbrauenmitte (EPDI_M) um 9% größer als bei weiblichen Probanden. Der Abstand der Pupillen (PD) war bei Frauen um 1,4% vermindert. Der laterale Augeninnenwinkel war bei Männern nur in dem winkelnahen Messverfahren (LCAm) um 8,2% erhöht. (siehe Abbildung 26, Anhang 2)

In der älteren Probandengruppe zeigte sich über dem Augenaußenwinkel der Abstand zwischen Oberlidkante und Oberkante der Augenbraue um 4,6% erhöht. Auch im äußersten Messbereich war in der älteren Probandengruppe der Abstand zwischen Oberlid und Augenbraue in allen drei Messungen höher. So ist der Abstand von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante (EExDI_I) um 15,5%, zur Augenbrauenmitte (EExDI_M) um 7,9% und zur Augenbrauenoberkante (EExDI_S) um 6,2% erhöht. Die Augenbrauenunterkante (EL_I) war bei den jüngeren Probanden um 3,6% länger. (siehe Abbildung 26, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach unten im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach unten



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach unten

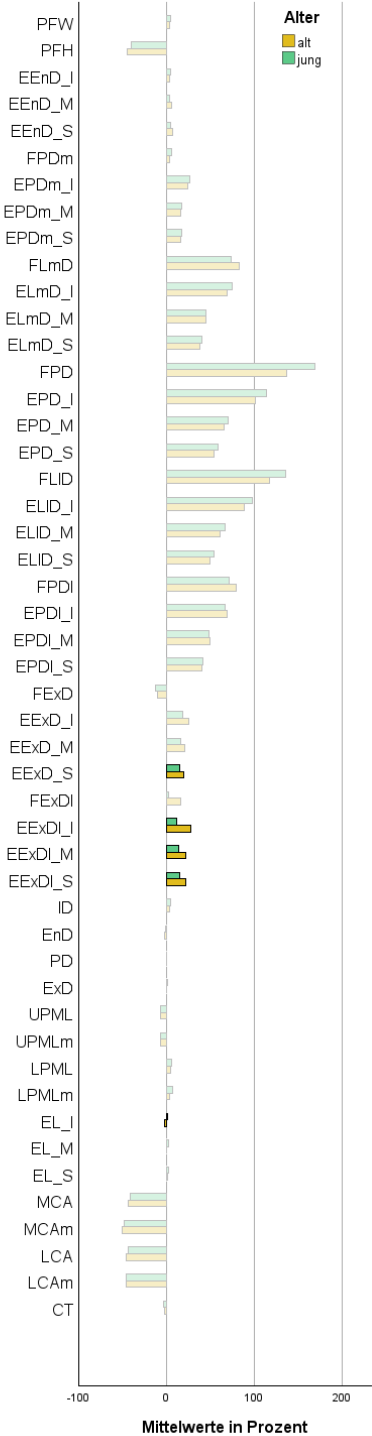


Abbildung 26: Mittelwerte bei Blick nach kaudal

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach unten lateral mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.6. Blickrichtung nach kaudal medial

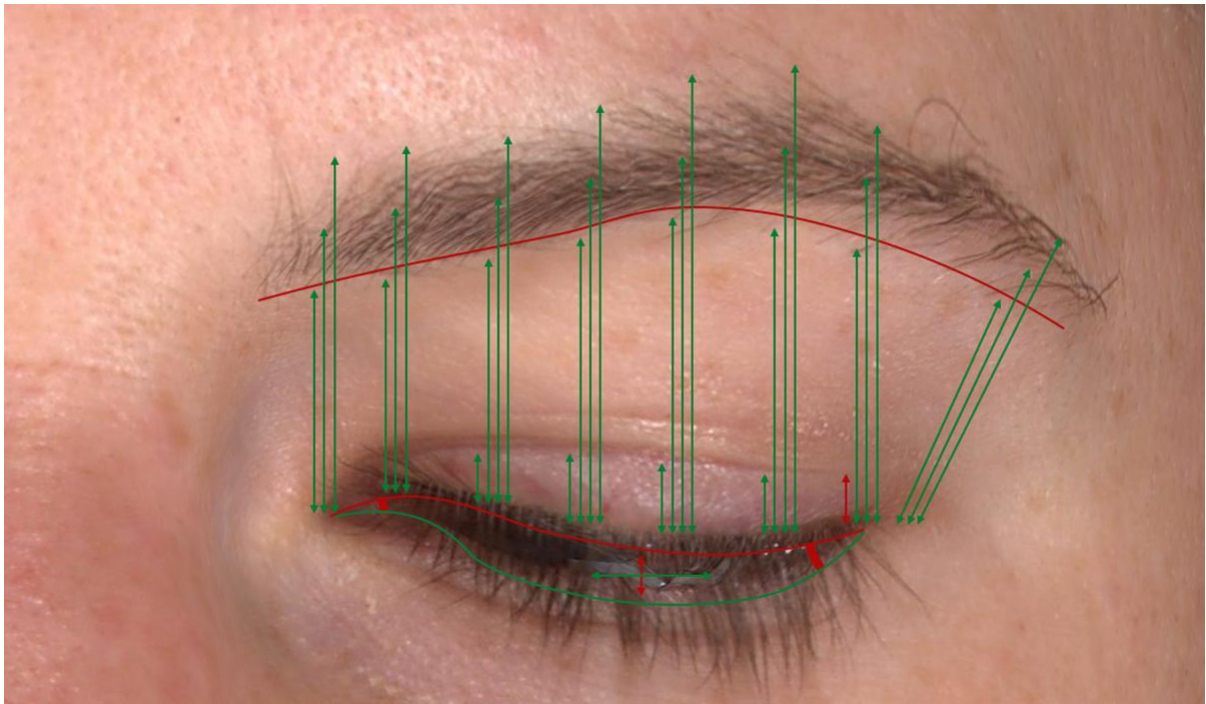


Abbildung 27: Messwerte bei Blick nach kaudal medial

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kaudal medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

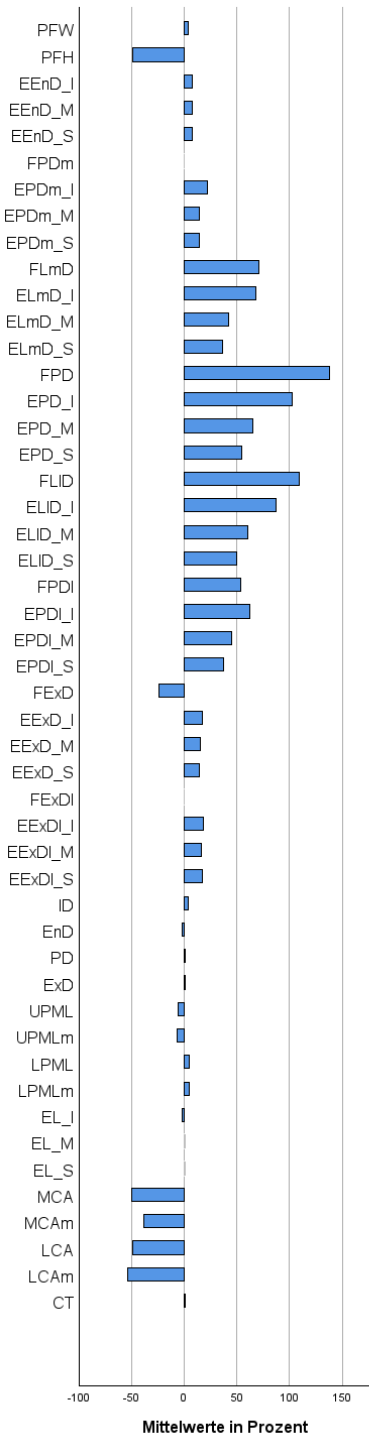
Bei der kaudalen medialen Blickrichtung war die Breite der Augenspalte (PFW) um 3,4% erhöht und die Höhe der Augenspalte (PFH) um 48,9% vermindert. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung keine signifikante Veränderung. Auf Höhe des medialen Limbus zeigte sich jedoch eine Zunahme dieser Distanz (FLmD) um 71%, auf Höhe der Pupille (FPD) eine Zunahme um 138%, auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) eine Zunahme um 108,9% und auf Höhe der lateralen paralimbischen Achse (FPDI) eine Zunahme um 53,4%. Die Distanz zwischen Oberlidkante und Augenlidfalte verkleinerte sich dann jedoch auf Höhe des Augenaußenwinkels (FExD) wieder um 24%. Die Distanz zwischen Oberlidkante und Augenbraue zeigt sich in allen drei Messwerten auf der gesamten Länge der Augenbraue erhöht. Als Beispiel zeigte sich die Distanz der Oberlidkante zur Augenbraue über der Pupille am Unterrand der Augenbraue (EPD_I) um 102,9% verlängert, an der Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 65,4% verlängert und am Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 54,2% verlängert. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 4,2%. Der Abstand der Augeninnenwinkel beider Augen (EnD) verringerte sich um 1,7%. Die interpupilläre Distanz (PD) erhöhte sich um 0,7%. Der Abstand der Augenaußenwinkel beider Augen (ExD) stieg um 1,4%. Die Länge der Oberlidkante zeigte sich in beiden Messverfahren verkürzt. Die interpolierte Messung (UPMLm) ergab eine Längenreduktion von 6,7%. Beide Messverfahren konnten eine Verlängerung der Unterlidkante feststellen. Der interpolierte Messwert ergab eine

Verlängerung der Unterlidkante um 5%. Die Augenbraue verkürzte sich lediglich an der Unterkante (EL_I) um 2,1%. Der mediale Augeninnenwinkel reduzierte sich bei Anwendung beider Messverfahren, bei der winkelnahen Messung (MCAm) um 38,7%. Der laterale Augeninnenwinkel reduzierte sich ebenfalls bei beiden Messverfahren. Bei Nutzung der winkelnahen Vermessung nahm der Augenaußenwinkel (LCAm) um 53,3% ab. Die Neigung der Canthal-Achse war um 1,2% erhöht. (siehe Abbildung 27, Abbildung 28, Anhang 1)

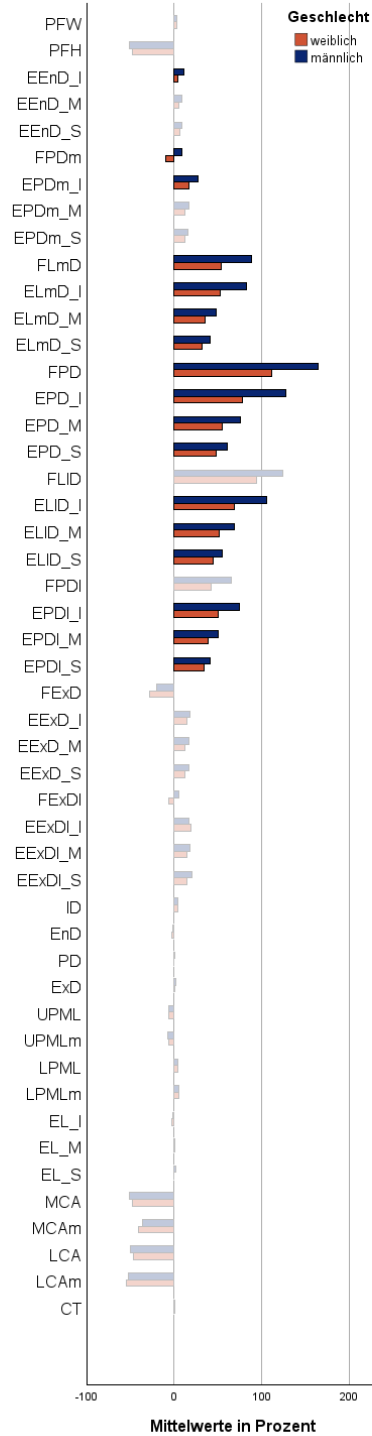
Bei Männern zeigte sich oberhalb des Augeninnenwinkels ein um 7,1% erhöhter Wert für die Distanz von Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EEnD_I). Auf Höhe der medialen paralimbalen Achse zeigte sich ebenfalls diese Distanz (EPDm_I) um 10,4% erhöht. Über dem medialen Limbus, der Pupille, dem lateralen Limbus und der lateralen paralimbalen Achse waren alle Distanzen von Oberlid zur Augenbraue höher in der männlichen Gruppe. Beispielsweise war auf Höhe der Pupille bei männlichen Probanden die Distanz von Oberlidkante zu Augenbrauenunterkante um 48,5%, zur Augenbrauenmitte um 21,1% und zur Augenbrauenoberkante um 12,4% größer. Bei männlichen Probanden war weiterhin der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte in der medialen Messung (FPDm) um 19,1%, über dem medialen Limbus (FLmD) um 34,8% und über der Pupille (FPD) um 53,8% höher. (siehe Abbildung 28, Anhang 2)

In den äußersten Messwerten, welche in lateraler Ansicht platziert wurden, zeigte sich in der älteren Gruppe die Distanz von Oberlidkante zu Augenbrauenunterkante um 17,4% erhöht und zur Augenbrauenmitte um 7,9% erhöht. Die Länge der Augenbraue wurde, gemessen an der Unterkante (EL_I), um 3,4% und, gemessen an der Mittellinie (EL_M), um 2,9% in der jüngeren Probandengruppe verlängert. (siehe Abbildung 28, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach unten medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach unten medial



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach unten medial

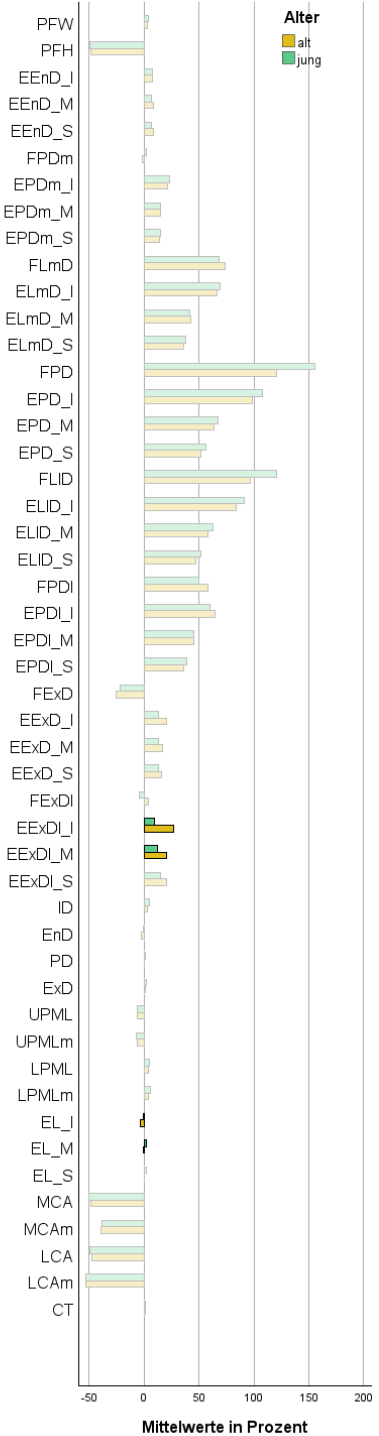


Abbildung 28: Mittelwerte bei Blick nach kaudal medial

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach unten medial mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.7. Blickrichtung nach medial

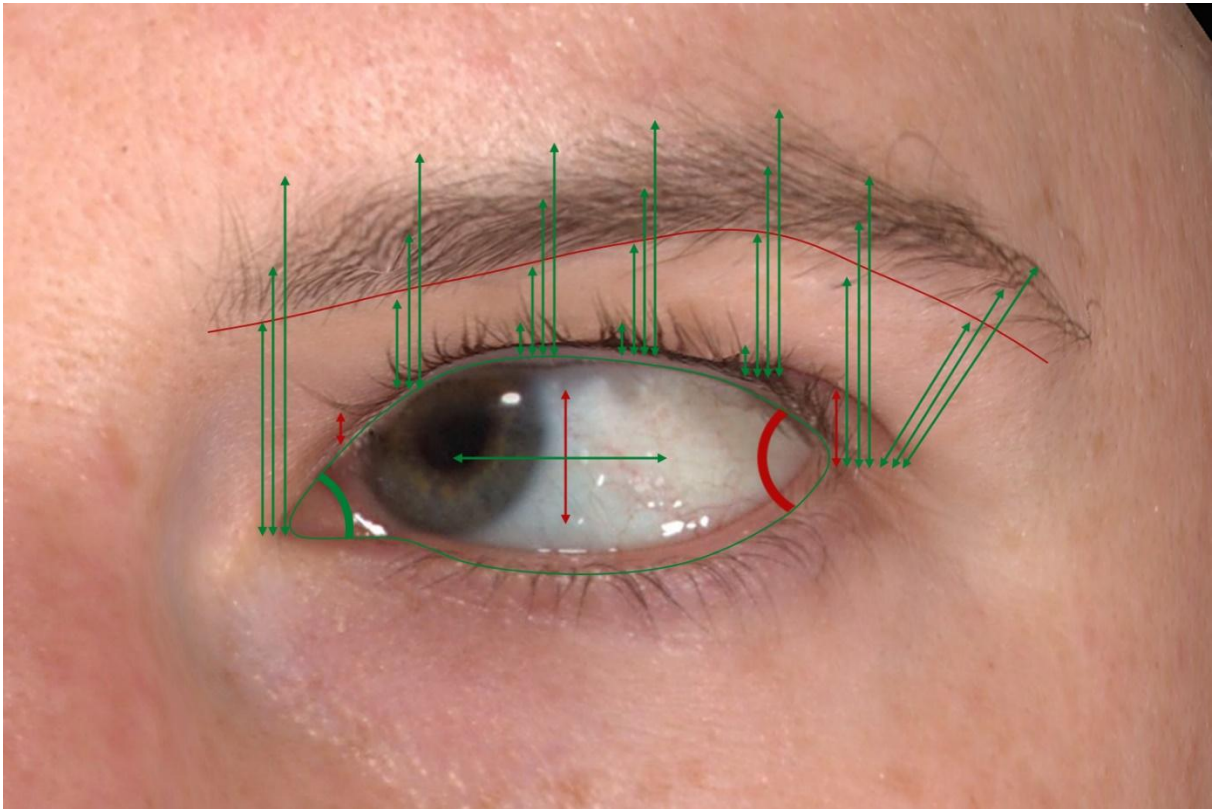


Abbildung 29: Messwerte bei Blick nach medial

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

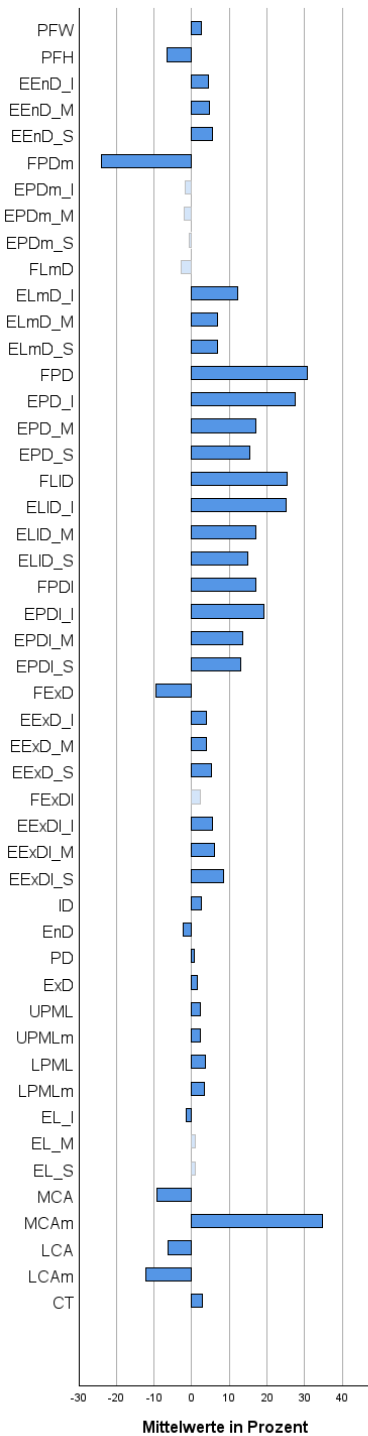
Bei der medialen Blickrichtung war die Lidspaltenbreite (PFW) um 2,7% erhöht und die Höhe der Lidspalte (PFH) um 6,6% vermindert. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte medial (FPD_m) eine Verminderung um 23,9%. Auf Höhe des medialen Limbus konnte keine signifikante Veränderung der Distanz festgestellt werden. Oberhalb der Pupille wuchs die Distanz (FPD) dann um 25,3%. Auf Höhe des lateralen Limbus (FLID) zeigt sich eine Erhöhung um 17,1% und auf der lateralen paralimbalen Achse war ebenfalls eine Zunahme der Distanz (FPDI) um 17,1% ersichtlich. Über dem Augenaußenwinkel zeigte sich eine Verminderung der Distanz (FExD) um 9,4%. Die Messungen von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante, Augenbrauenmitte und Augenbrauenoberkante nahmen bis auf Höhe der medialen paralimbalen Achse zu. Beispielsweise zeigte sich auf Höhe der Pupille die Distanz von der Oberlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 27,5%, zur Mitte der Augenbraue (EPD_M) um 17,1% und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 15,4% verlängert. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 2,6%. Der Abstand beider Augeninnenwinkel (EnD) verringerte sich um 2,3%. Die interpupilläre Distanz (PD) erhöhte sich um 0,6%. Der Abstand beider Augenaußenwinkel (ExD) stieg um 1,5%. Eine Verlängerung der Oberlidkante ließ sich mit beiden Messverfahren nachweisen, in der

interpolierten Messung (UPMLm) ergab sich eine Verlängerung der Oberlidkante um 2,2%. Die Unterlidkante war ebenfalls unter Anwendung beider Messverfahren verlängert. Die interpolierte Messung (LPMLm) ergab eine Längenzunahme von 3,4%. An der Unterkante gemessen (EI_I) zeigte sich die Augenbraue um 1,4% verkürzt. Die Längenmessung der Augenbraue durch die mittleren bzw. die kranialen Messpunkte der Augenbraue ergaben keinen signifikanten Unterschied. Der mediale Augeninnenwinkel zeigte sich in der Messung auf Höhe der Pupille (MCA) um 9% vermindert, in der winkelnahen Messung (MCAm) war der Winkel jedoch um 34,7% erhöht. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messverfahren reduziert, in der winkelnahen Messung (LCAm) wurde der Winkel um 12,3% verkleinert. Die Canthal-Neigung (CT) war um 2,7% erhöht. (siehe Abbildung 29, Abbildung 30, Anhang 1)

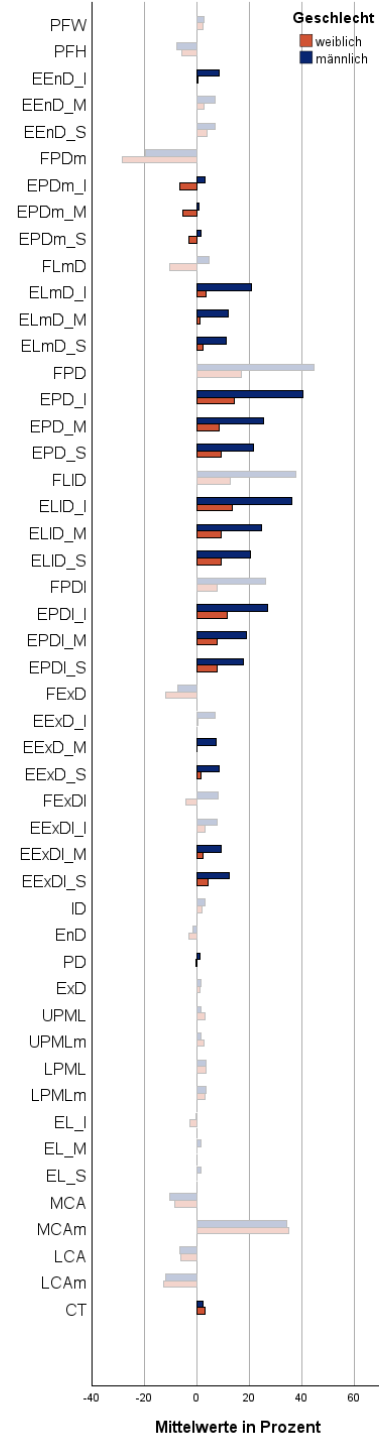
Bei Männern zeigte sich in der medialen Messung die Distanz von Oberlidrand zur Unterkante der Augenbraue um 8,1% höher als bei Frauen. Lateral davon zeigte sich auf Höhe der medialen paralimbalen Achse, dem medialen Limbus, der Pupillenmitte, dem lateralen Limbus und der lateralen paralimbalen Achse ein in der männlichen Gruppe erhöhter Abstand von Oberlidkante zur Augenbraue. Dies betraf den Abstand vom Oberlid zur Augenbrauenunterkante, zur Augenbrauenmitte und auch zur Augenbrauenoberkante. Über dem Augenaußenwinkel zeigten sich die Distanzen von Oberlidkante zur Augenbrauenmitte (EExD_M) um 7% und zur Augenbrauenoberkante (EExD_S) um 7% erhöht. Auch in den äußersten Messungen konnten für Männer eine erhöhte Distanz zur Augenbrauenmitte (EExDI_M) und Augenbrauenoberkante (EExDI_M) festgestellt werden. Der Abstand der Pupillen (PD) war bei Frauen um 1,5% verkleinert im Vergleich zu den Männern. Die Kanthalneigung (CT) ist bei den Frauen um 0.7% höher als bei Männern. (siehe Abbildung 30, Anhang 2)

In den äußersten Messwerten ließ sich in der älteren Gruppe eine um 11,1 % größere Distanz von der Unterkante der Augenbraue zur Oberlidkante (EExDI_I) als in der jüngeren Gruppe messen. Die Augenbrauenlänge zeigte sich bei Messung an der Unterkante in der jüngeren im Vergleich zu der älteren Gruppe um 3,4% erhöht. (siehe Abbildung 30, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach medial



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach medial

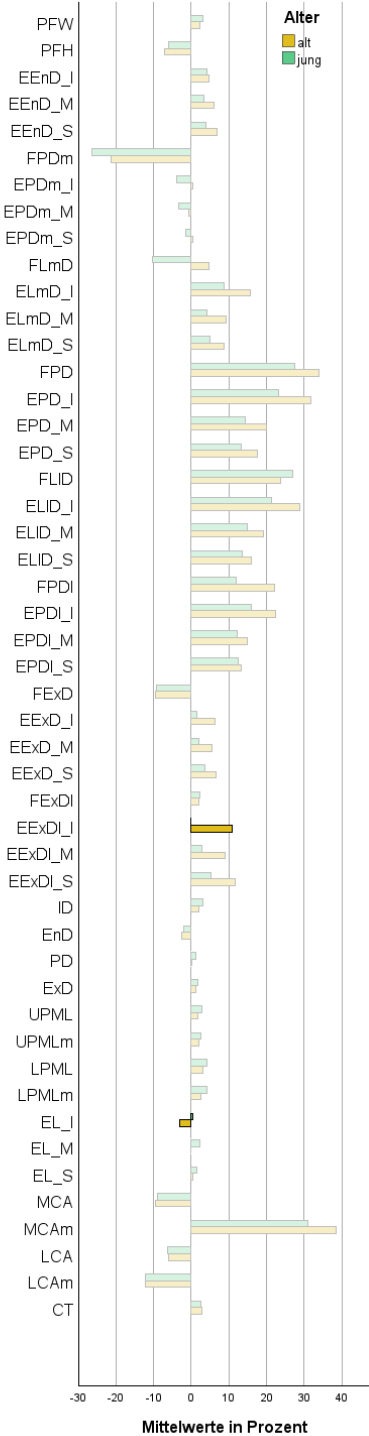


Abbildung 30: Mittelwerte bei Blick nach medial

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach medial mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

4.2.8. Blickrichtung nach kranial medial

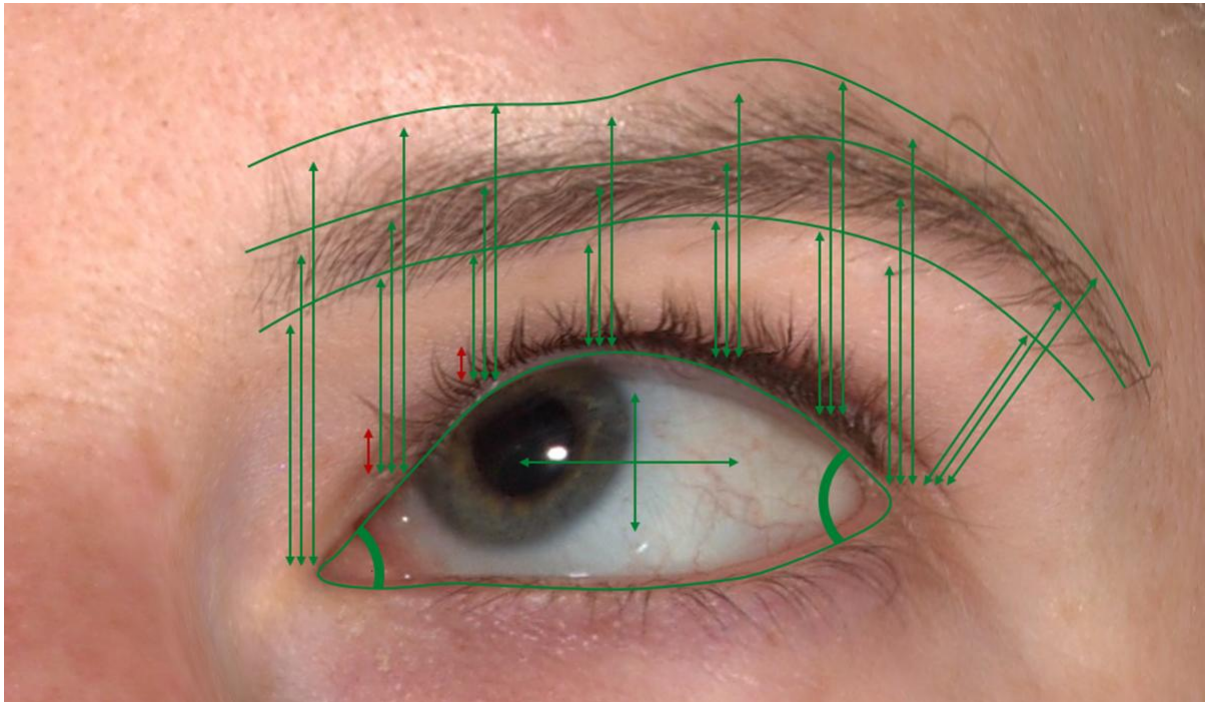


Abbildung 31: Messwerte bei Blick nach kranial medial

Die statistisch signifikanten Veränderungen ($p < 0.05$) der Mittelwerte der Messwerte bei Blick nach kranial medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck sind graphisch dargestellt. Dabei sind vergrößerte Mittelwerte der Messwerte grün und verkleinerte Mittelwerte der Messwerte rot skizziert.

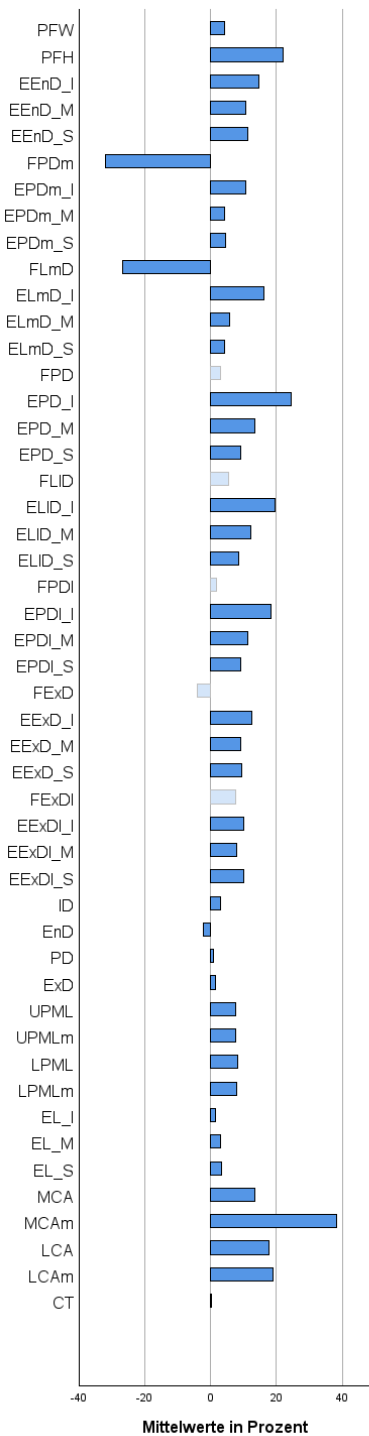
Bei der kranialen medialen Blickrichtung wurde die Augenspaltbreite (PFW) um 4,2% erhöht. Die Höhe des Augenspaltes (PFH) war um 22% erhöht. Die Distanz zwischen Oberlidfalte und Oberlidkante zeigte in der medialen Messung (FPD_m) eine Verminderung um 31,9 %. Auf Höhe des medialen Limbus zeigte sich ebenfalls eine Verringerung der Distanz (FL_mD) um 26,8%. Die restlichen Messwerte für die Distanz zwischen Oberlidkante und Oberlidfalte zeigen keine signifikanten Veränderungen mehr. Der Abstand von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante, Augenbrauenmitte und Augenbrauenoberkante war in allen Messungen erhöht. Als Beispiel zeigte sich über der Pupille die Distanz von Augenlidkante zur Unterkante der Augenbraue (EPD_I) um 24,5% angehoben, zur Augenbrauenmitte (EPD_M) um 13,3% und zum Oberrand der Augenbraue (EPD_S) um 9,3% erhöht. Der Durchmesser der Iris (ID) vergrößerte sich um 2,9%. Der Abstand beider Augeninnenwinkel (EnD) verringerte sich um 2,1%. Die interpupilläre Distanz (PD) erhöhte sich um 0,9%. Der Abstand beider Augenaußenwinkel (ExD) stieg um 1,6%. Die Länge der Oberlidkante zeigte sich in beiden Messverfahren verlängert, in der interpolierten Messung (UPML_m) um 7,7%. Die Länge der Unterkante zeigte sich ebenfalls in beiden Messverfahren verlängert und erreichte im interpolierten Messverfahren (LPML_m) eine Längenzunahme von 7,9%. Die Augenbraue war an der Unterkante gemessen (EL_I) um 1,5% verlängert, bei Messung in der Mittelebene (EL_M) um 3,1% verlängert und bei Messung an der Oberkante (EL_S) um 3,2% verlängert.

Der mediale Augeninnenwinkel war in beiden Messverfahren erhöht, bei Nutzung der winkelnahen Messmethode (MCAm) um 38,2%. Auch der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich in beiden Messverfahren erhöht. Im winkelnahen Messverfahren des Augeninnenwinkel (LCAm) zeigte sich eine Erhöhung des Winkels um 18,9% erhöht. Die Canthal Neigung der Augenachse war um 0,4% erhöht. (siehe Abbildung 31, Abbildung 32, Anhang 1)

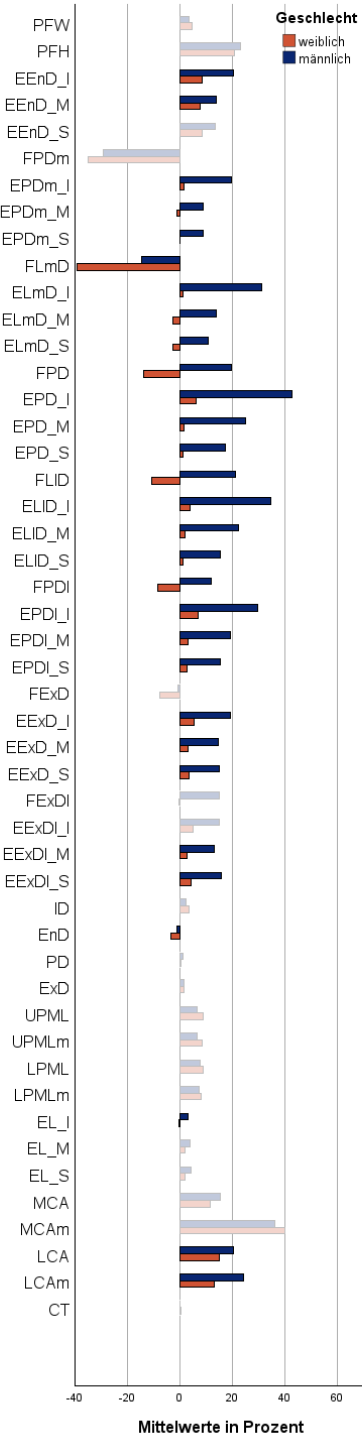
Über dem Augeninnenwinkel zeigte sich in der männlichen Gruppe der Abstand von Oberlidkante zur Augenbraue in den unteren Messwerten (EEnD_I) um 12% höher und in den mittleren Messwerten (EEnD_M) um 6% höher als in der weiblichen Gruppe. Lateral davon nahm bei Männern der Abstand der Oberlidkante zur Augenbraue in allen drei Messwerten signifikant zu. Dies ist auf Höhe der medialen paralimbalen Achse, des medialen Limbus, der Pupille, des lateralen Limbus, der lateralen paralimbalen Achse und über dem Augenaußenwinkel zu beobachten. Über der Pupille zeigt sich beispielsweise eine in der männlichen im Vergleich zur weiblichen Gruppe erhöhte Distanz von Oberlidkante zur Augenbrauenunterkante (EPD_I) von 36,7%, zur Augenbrauenmitte (EPD_M) von 23,6% und zur Augenbrauenoberkante (EPD_S) von 16,1%. Lediglich im äußersten Messbereich ist nur eine größere Distanz von Augenaußenwinkel zur Mitte der Augenbraue (EExDI_M) um 10,5% und zur Oberkante (EExDI_S) um 11,8% bei Männern ersichtlich. Der Abstand zwischen beiden Augeninnenwinkeln (EnD) war bei Frauen um 2,4% kleiner. Die Augenbraue zeigte sich bei männlichen Probanden an der Unterkante gemessen (EL_I) um 3,3% verlängert. Der laterale Augeninnenwinkel zeigte sich bei Anwendung beider Messverfahren bei Männern vergrößert, bei winkelnaher Messung (MCAm) um 11,1%. (siehe Abbildung 32, Anhang 2)

Der Abstand von Oberlidkante zur Augenbrauenmitte (EEnD_M) war bei älteren Probanden um 6,7% und zur Augenbrauenoberkante (EEnD_S) um 6% größer als bei jüngeren Probanden. Auch in den äußersten Messpunkten zeigte sich eine bei älteren Probanden erhöhte Distanz von Augenaußenwinkel zur Augenbrauenunterkante um 17,9% (EExDI_I), zur Augenbrauenmitte (EExDI_M) um 11,2% und zur Augenbrauenoberkante (EExDI_S) um 10,8%. Die Distanz von Oberlidfalte zur Oberlidkante vergrößerte sich in der älteren Gruppe in der medialen Messung (FPDm) um 16,7% im Vergleich zur jüngeren Gruppe. Eine Zunahme dieser Distanz bei älteren Probanden war auch auf Höhe des medialen Limbus (FLmD) um 16,6%, auf Höhe der lateralen paralimbalen Achse (FPDI) um 21% und auf Höhe des Augenaußenwinkels (FExD) um 13,6% ersichtlich. Der mediale Augeninnenwinkel (MCAm) stellte sich in der jüngeren Gruppe lediglich bei Anwendung des winkelnahen Messverfahrens um 19% vermindert dar. (siehe Abbildung 32, Anhang 3)

Veränderungen beim Blick nach oben medial im Vergleich zum neutralen Gesichtsausdruck



Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden beim Blick nach oben medial



Unterschiede zwischen jungen und alten Probanden beim Blick nach oben medial

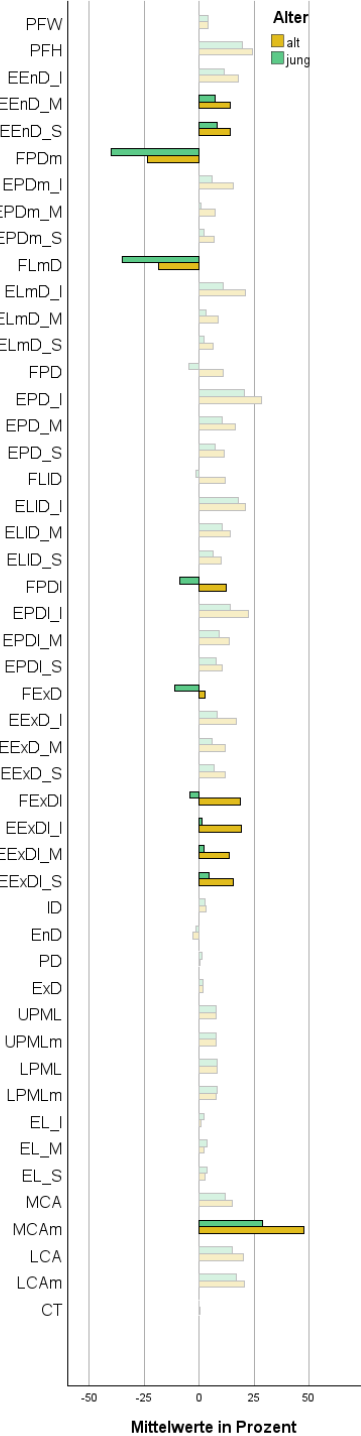


Abbildung 32: Mittelwerte bei Blick nach kranial medial

Gezeigt sind die Mittelwerte in Prozent bei Vergleich der Messwerte bei Blick nach medial kranial mit dem neutralen Gesichtsausdruck. Statistisch signifikante Werte $p < 0.05$ sind farbig, nicht signifikante Werte $p \geq 0.05$ sind entsättigt hinterlegt. Links sind die generellen Veränderungen der Mittelwerte dargestellt unter Anwendung eines Einstichproben t-test. In der Mitte sind diese bezüglich des Geschlechtes aufgeteilt unter Nutzung eines ungepaarten t-test. Rechts sind die Veränderungen der Mittelwerte bezüglich des Alters getrennt aufgezeigt ebenfalls unter Nutzung eines ungepaarten t-test.

5. Diskussion

5.1. Mimik

Bei der Auswertung ließen universelle Veränderungen in der Periorbitalregion finden, die in allen untersuchten Gesichtsausdrücken detektierbar waren. Dies war zum einen eine Verringerung der Lidspaltenhöhe, zum anderen verkleinerte sich der mediale und der laterale Augenwinkel. Diese Veränderungen konnten bei allen mimischen Bewegungen bis auf den Gesichtsausdruck mit weit aufgerissenen Augen festgestellt werden. Ebenfalls reduzierte sich die Länge des Ober- und Unterlidrandes bei fast jedem Gesichtsausdruck. Zusammengenommen könnte man dies als ein Zusammenkneifen der Augen beschreiben. Die Ursache für diese Bewegung könnte in einer vom eigentlichen Gesichtsausdruck unabhängigen erhöhten Grundaktivität der mimischen Muskulatur liegen. Bei einem neutralen Gesichtsausdruck, der als Vergleichsbild diente, ist die mimische Muskulatur relaxiert. Eine Reduzierung der Lidspaltenhöhe, der Augeninnenwinkel und der Lidkantenlänge könnte durch eine Kontraktion des orbitalen Ringmuskels verursacht werden. Ein generell erhöhter Muskeltonus des Musculus orbicularis oculi bei mimischen Bewegungen könnte also der Grund für diese Beobachtungen sein.⁶⁵

Abgesehen von diesen Gemeinsamkeiten war jedoch bei jedem Gesichtsausdruck eine individuelle Bewegung zu beobachten. Beim Lächeln oder Lachen kam es zu einer Verkleinerung der Lidspalte in Höhe und Breite, was auch oft vereinfacht als zusammenkneifen des Auges beschrieben wird und Teil der Gesichtsbewegung beim Lächeln oder Lachen ist.¹⁶ Unsere Studie zeigt, dass auch die Augenbraue bei dieser Mimik ein spezielles Bewegungsmuster aufweist. Die Augenbraue wurde auf Höhe der Mitte des Auges, genauer über dem medialen bis zum lateralen Limbus, angehoben und über dem Augenaußenwinkel wieder abgesenkt. Auch in der Literatur wird eine Aufwärtsbewegung der Augenbraue beim Lächeln beschrieben.⁶⁶

Die Messwerte des lachenden Gesichtsausdrucks ähnelten denen des lächelnden Gesichtsausdrucks sehr. Auffällig waren jedoch vom Betrag her höhere Mittelwerte der Messungen beim Lachen im Vergleich zum Lächeln. Daher lässt sich vermuten, dass eine höhere Aktivität der zugrundeliegenden Muskulatur den Unterschied zwischen Lächeln und Lachen ausmachen könnte. Diese führt dann zu einer höheren Bewegungsamplitude beim Lachen. Eine eindeutige Aussage ist jedoch nur mit einer Korrelationstestung möglich. Insgesamt scheint sich die Art der Bewegung jedoch stark zu ähneln. Auch andere Studien können belegen, dass die Muskelbewegungen zwischen Lächeln und Lachen grundsätzlich übereinstimmen. Daher lässt sich auch ein flüssiger Übergang zwischen Lächeln und Lachen beobachten.⁶⁷

Bei wütender Mimik verengt sich die Lidspalte. Im Gegensatz zum lachenden Gesichtsausdruck, bei dem eine kombinierte Verringerung der Breite und Höhe der Augenlidspalte beobachtet wurde, wurde nun lediglich die Lidspalthöhe verringert. Dadurch wirkt das Auge für den Betrachter noch schmaler. Auch die Abwärtsbewegung der Augenbraue ist ein wesentlicher Bestandteil des wütenden Ausdrucks. Fast jeder Messwert, der die Höhe der Augenbraue beschreibt, wurde drastisch verringert. Ebenfalls kommt es zu einer Kürzung der Augenbrauenlänge durch Muskelkontraktion. Der wütende Gesichtsausdruck ist also durch starke periorbitale Bewegung gekennzeichnet. Dies hat zur Folge, dass diese Mimik in einer sozialen Interaktion vom Gegenüber rasch wahrgenommen werden kann. Schnell auf eine potenzielle Bedrohung in der Umgebung reagieren zu können birgt einen evolutionären Vorteil. Neurophysiologische Studien bewiesen, dass eine direkte Verbindung vom sensorischen Thalamus zur Amygdala vorliegt. Diese Verbindung ermöglicht es Säugetieren sofort auf einen sensorischen Reiz, beispielsweise ein schmales, gekrümmtes Objekt auf dem Boden, zu reagieren. Dies geschieht noch bevor der sensorische Reiz komplett verarbeitet ist und das Objekt eindeutig als Schlange oder als Zweig identifiziert werden kann.⁶⁸ Wütende Gesichtsausdrücke stellen eine potenzielle Gefahrenlage dar, auf die das Individuum schnell reagieren muss. Psychophysiologische Studien zeigten daher auch bei wütenden Gesichtsausdrücken Hinweise auf diese automatische und schnelle Verarbeitung.^{69,70} Es konnte ebenfalls festgestellt werden, dass ein wütendes Gesicht in einer Menschenmenge schneller erkannt wird als ein glückliches Gesicht.⁷¹

Bei der Formung eines Kussmundes oder dem Aufblasen der Wange war deutlich weniger periorbitale Bewegung messbar. Beim Aufblasen der Wange wird der Hauptanteil der Kraft durch periorale Muskelbewegungen und passiv durch angestaute Luft in der Wange erzeugt.⁷² Der Kussmund wird ebenfalls hauptsächlich durch eine Kontraktion des *Musculus orbicularis ori* gebildet.⁷³ Der Einfluss auf die Periorbitalregion scheint daher in beiden Fällen gering auszufallen. Bei der Bildung eines Kussmundes konnte zumindest eine leichte Hebung der Augenbraue über den Bereich um die Pupillenmitte nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu wurde beim Aufblähen der Wange die Augenbraue um den Augenaußenwinkel herum abgesenkt. Zudem kommt es beim Aufblasen der Wange zu einer Verkürzung der Oberlidkante. Es ließen sich somit zumindest minimale Bewegungen im Periorbitalbereich feststellen, auch wenn man diese zunächst nicht erwarten würde.

Beim Aufreißen der Augen wurde im Gegensatz zu allen anderen Gesichtsausdrücken die Höhe und Breite der Augenlidspalte vergrößert. Außerdem nahm die Länge des oberen und unteren Augenrandes zu. Die Augenbraue hob sich bei allen Messungen deutlich nach oben. Dabei wurde die Augenbraue selbst durch Muskelzug länger und breiter. Insgesamt führten diese Muskelkontraktionen zu einer deutlichen Flächenzunahme der sichtbaren Sklera. Die Lidbewegung wird insbesondere durch den *Musculus levator palpebrae* und den *Musculus*

frontalis gesteuert, welche bei diesem Gesichtsausdruck eine hohe Aktivität zu besitzen scheinen.⁷⁴

Da im Messsystem viele Distanzen anhand der Oberlidkante vermessen werden und sich diese beim geschlossenen Auge deutlich bewegt, lassen sich zu diesem Ausdruck weniger Rückschlüsse ziehen. Auffällig ist jedoch eine Verkürzung der Oberlidkantenlänge ohne signifikante Veränderung der Länge der Unterlidkante. Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass primär eine Bewegung des Oberlids für den Lidschluss zuständig ist. Das Oberlid ist daher auch mehr Bewegung unterworfen als das Unterlid.⁷⁵

5.2. Augenbewegung

Allen Augenbewegungen war eine Zunahme der Lidspaltbreite gemein. Im Gegensatz dazu veränderte sich die Höhe der Lidspalte je nach Blickrichtung. Dabei vergrößerte sie sich bei aufwärts gerichteten Blickrichtungen und verringerte sich bei abwärts gerichteten Blickrichtungen. Bei einem Vergleich des Gesichts mit weit geöffneten Augen mit dem Gesicht mit nach oben gerichteter Blickrichtung, ließen sich deutliche Unterschiede hinsichtlich der Augenlidbewegung erkennen. Während beim Ausdruck mit weit geöffneten Augen der Abstand von Oberlidkante zur Oberlidfalte vergrößert war, war dieser Abstand beim Ausdruck mit nach oben gerichteter Blickrichtung deutlich verringert. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal der beiden Gesichtsausdrücke stellte die Lage der Pupille dar. Diese war bei der Aufnahme der Augenbewegungen nach oben gerichtet, während sie bei der Aufnahme der Mimik zentriert blieb. Unterschiede in den Messwerten des Weichgewebes könnten also in der Lage der Pupille begründet liegen. Der Abstand der Oberlidkante bis zur Oberlidfalte variiert zudem je nach Blickrichtung. Bei einer lateralen Aufwärtssicht verringert sich dieser Abstand auch im lateralen Anteil der Augenbraue. Bei einer medialen Aufwärtssicht verringert sich dieser Abstand auch im medialen Anteil der Augenbraue. Die Lage der Pupille und der Ort der Distanzabnahme stehen also in einer räumlichen Abhängigkeit. Eine Reduzierung des Abstandes von Oberlidkante zu Oberlidfalte auf Höhe der Pupille könnte möglicherweise dazu dienen, dass das Augenlid über der Pupille noch zusätzlich angehoben wird. Damit könnte ein Hineinragen des Augenlids in das Sichtfeld verhindert werden. Ein herabhängendes Augenlid im Sinne einer Ptosis kann bereits bei geringfügiger Ausprägungen eine Verringerung des Sichtfeldes bewirken.⁷⁶

Bei den Aufnahmen der Augenbewegungen fiel auf, dass sich das Unterlid in allen Blickrichtungen im Vergleich zur neutralen Aufnahme verlängerte. Die Oberlidlänge war hierbei bei abwärts gerichteter Blickrichtung reduziert und bei aufwärts gerichteter Blickrichtung vergrößert. Das Oberlid scheint bei der Augenbewegung somit komplexeren Bewegungsmustern unterworfen zu sein als das Unterlid. Auch in der Anatomie unterscheidet sich das Oberlid vom Unterlid. Beide haben zwar einen ähnlichen weichgeweblichen Aufbau,

das Unterlid besitzt jedoch eine vereinfachte anatomische Struktur und führt daher auch weniger dynamischer Bewegungen aus.^{77,78}

5.3. Geschlecht

Männer und Frauen besitzen unterschiedliche Akzentuierungen ihrer Gesichtsform. Diese Gegebenheit wird auch als Sexualdimorphismus bezeichnet.⁷⁹ In klinischen Untersuchungen lassen sich geschlechtsspezifische Unterschiede der Gesichtsanthropometrie belegen.^{7,80} In der Auswertung dieser Studie zeigten sich viele kleine individuelle Unterschiede in jedem Gesichtsausdruck oder jeder Augenbewegung zwischen Männern und Frauen. Die kontroverse Diskussion, ob Männer oder Frauen mehr Emotionen bzw. Gesichtsbewegungen zeigen, konnte mit dieser Studie nicht beantwortet werden. Kein Geschlecht zeigte eine klare Überlegenheit in allen Bewegungen. Dennoch lassen sich zumindest kleine universale Ergebnisse finden. Allen Gesichts- und Augenbewegungen war gemein, dass die Augenbraue bei Männern höher angehoben wurde. Dies war primär auf Höhe der Pupille zu beobachten. Weibliche und männliche Augenbrauen unterscheiden sich natürlich hinsichtlich Form und Größe. Auch kosmetische Einflüsse, wie beispielsweise das Augenbrauenzupfen, sind geschlechtsspezifische Modifikationen der Anatomie der Augenbrauen.^{81,82} Ein direkter Vergleich der Augenbrauen und deren zugehörigen Messwerte gestaltet sich daher zunächst scheinbar schwierig. Hervorzuheben ist jedoch, dass in dieser Studie relative Werte genutzt worden sind. Alle Messwerte sind als prozentuale Verhältnisse zu dem neutralen Bild des jeweiligen Probanden errechnet worden. Kosmetische oder anatomische Variationen der Augenbraue sollten daher eigentlich keinen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Da die Hebung der Augenbraue primär durch den Musculus frontalis geschieht, weisen die Ergebnisse möglicherweise auf eine höhere Aktivität dieses Muskels bei Männern hin.⁸³ Auch in vergleichbaren Studien wurde belegt, dass Männer eine höhere vertikale Bewegungsamplitude in der Mimik zeigen.⁷

5.4. Alter

Mit zunehmendem Alter werden die mimischen Muskeln länger und der Muskelruhetonus nimmt zu. Dadurch kommt es zu einer Reduktion der Bewegungsamplitude.⁸⁴ Dies wirkt sich negativ auf die Fähigkeit der Muskeln aus unterschiedliche Ausdrucksformen auszuführen.⁸⁵ Klinische Studien führen an, dass ältere Probanden möglicherweise weniger klare Gesichtsausdrücke zeigen können, da die Fähigkeit der mimischen im Alter nachlässt.⁸⁶ Bei der Auswertung zeigte sich bei älteren Probanden in manchen Ausdrucksformen (Lächeln, Lachen) eine Reduktion der Lidspalthöhe. Auch der Augeninnenwinkel verkleinerte sich. Insgesamt führt dies zu einer schmaleren Augenlidspalte. Häufig wird in der Literatur erwähnt,

dass bei älteren Patienten eine Verringerung der Höhe und Breite der Lidspalte zu beobachten ist.⁸⁷ Signifikante Unterschiede zwischen jungen und älteren Probanden treten gehäuft bei Messwerten im lateralen Drittel der Periorbitalregion auf Höhe des Augenaußenwinkels auf. Bei älteren Probanden zeigte sich der Abstand zwischen Augenaußenwinkel und Augenbraue merklich vergrößert. Als Ursache könnte möglicherweise ein leicht abgesenkter lateraler Augenwinkel angeführt werden. Eine solche Absenkung ist eine in der Literatur häufig beschriebene Alterserscheinung. Sie ist möglicherweise auf eine Laxheit der lateralen Canthalsehne zurückzuführen.^{88,89}

5.5. Studiendesign

Das verwendete Studiendesign orientiert sich stark an bereits bestehenden klinischen anthropometrischen Studien mit dreidimensionaler Bildgebung. Jedoch werden in vergleichbaren Studien vielfach absolute Messwerte angegeben.^{90,91} Diese Studien beschäftigten sich jedoch zum größten Teil mit statischen Messungen bei verschiedenen Testpersonen. Da wir aber Veränderungen im Rahmen von Gesichtsbewegungen beurteilen und daher ebenfalls ein neutrales Ausgangsbild besitzen, bietet sich eine Verwendung relativer prozentualer Messwerte an. Damit können wir die unterschiedliche Morphologie der Gesichter berücksichtigen, sodass unterschiedliche Gesichtsgrößen oder anatomische Besonderheiten der Testperson nivelliert werden. Die absoluten Messwerte des verwendeten Messsystems variieren zudem stark in der Größe. Dementsprechend sind auch die Amplituden der Messbewegungen teilweise nur wenige Millimetern, manchmal aber auch mehrere Zentimeter groß. Durch eine prozentuale Angabe kommen kleinere Messwerte, welche auch kleinere Amplituden haben, adäquat zur Geltung. Nachteilig ist jedoch zu erwähnen, dass für den Leser möglicherweise eine Größenangabe in Millimeter leichter nachzuvollziehen ist als eine Angabe in Prozenten.

Das verwendete Messsystem war sehr detailliert. Vergleichbare Untersuchungen nutzten meist eine weit weniger komplexe Messmethode mit weniger Messwerten.⁹² Trotzdem ist unser Messsystem nicht frei von Kritik. Für anthropometrische Untersuchungen sind anatomische Landmarken wichtig, da diese als Orientierungshilfe für die Platzierung von Messpunkten dienen. Supraorbital eignen sich dafür beispielsweise die Augenbraue und die Oberlidfalte. Infraorbital ist bei fehlenden anatomischen Landmarken keine Platzierung von Messpunkten realisierbar, sodass dieser Bereich nicht abgebildet wird. Um dieses Problem zu umgehen hätte der Untersucher infraorbital Messpunkte mittels Marker auf die Haut der Probanden auftragen können. Diese hätte man beispielsweise über einen fixierten Abstand vom Unterlid, dem Augeninnenwinkel oder Augenaußenwinkel definieren können. So wäre auch eine Beobachtung des infraorbitalen Weichgewebes möglich gewesen.⁹³

Messstrecken, Winkel und Umfängen sind gängige Messgrößen in der Anthropometrie. Durch eine dreidimensionale Bildgebung wären prinzipiell auch Volumen- oder Oberflächenmessungen möglich gewesen. In dieser Studie wurde jedoch im Sinne der Übersichtlichkeit, aufgrund der vielen bereits erhobenen Messdaten, auf diese zusätzliche Art der Messung verzichtet.

Generell hätte bei der Auswertung der periorbitalen Region auch ohne spezifische Messwerte gearbeitet werden können. Veränderungen der Morphologie können auch über ein color mapping dargestellt werden. Hier besteht kein Risiko, dass bestimmte Bereiche durch fehlende Messpunkte nicht adäquat abgebildet werden. Die entstehenden Grafiken sind zudem sehr anschaulich. Nachteilig ist zu erwähnen, dass eine Objektivierung der Ergebnisse bei fehlenden konkreten Messwerten schwerfällt. Daher scheint der Gebrauch des color mapping für dieser Studie ungeeignet^{90,94}.

Eine Analyse des Gesichtsausdruckes mit geschlossenen Augen war mit dem verwendeten Messsystem nur über Umwege möglich. Generell zeigte sich, dass sich die Pupille als Referenz für das Messschema als eher ungeeignet herausstellte. Das Finden einer anderen anatomischen Referenz wäre für weitere Untersuchungen ratsam. Auch eine Ergänzung weiterer Gesichtsausdrücke, wie beispielsweise eines traurigen Gesichtsausdruckes wäre interessant gewesen und hätte beispielweise den Blick mit geschlossenen Augen ersetzen können. Das Kollektiv mit 60 Probanden bzw. 120 Augen hätte ebenfalls größer ausfallen können, so wäre vielleicht auch eine weitere Einteilung der Probanden nach verschiedenen Altersklassen möglich gewesen.

5.6. Fazit

In unserer Studie konnten signifikante Veränderungen der Gesichtsanthropometrie bei allen getesteten Gesichtsausdrücken und Augenbewegungen im Periokularbereich festgestellt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die periorbitale Bewegung komplex ist und die Mehrzahl der in dieser Studie verwendeten Messungen beeinflusst.

Eine generell erhöht Aktivität des Musculus orbicularis oculi scheint bei allen Gesichts- oder Augenbewegungsaufnahmen vorzuliegen. Bei Männern lässt sich möglicherweise eine im Vergleich zu Frauen erhöhte Funktion des M. frontalis beobachten, die zu einem Anheben der Augenbrauen führt. Durch Altersveränderung der Haut und der mimischen Muskulatur scheint sich die Lidspalte, zumindest beim Lächeln und Lachen, zu verkleinern. Altersveränderungen führen womöglich auch zu einer Absenkung des lateralen Augenwinkels, welche durch eine Laxheit der lateralen Canthalsehne begründet sein könnte.

6. Literaturverzeichnis

1. Guo Y, Rokohl AC, Schaub F, et al. Reliability of periocular anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; **257**(11): 2517-31.
2. Farkas L. Anthropometry of the head and face. 2nd ed. New York: Raven Press; 1994.
3. Donato G, Bartlett MS, Hager JC, Ekman P, Sejnowski TJ. Classifying Facial Actions. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 1999; **21**(10): 974.
4. Weinberg SM. 3D stereophotogrammetry versus traditional craniofacial anthropometry: Comparing measurements from the 3D facial norms database to Farkas's North American norms. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019; **155**(5): 693-701.
5. See MS, Roberts C, Nduka C. Age- and gravity-related changes in facial morphology: 3-dimensional analysis of facial morphology in mother-daughter pairs. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; **66**(7): 1410-6.
6. Park J, Yun S, Son D. Changes in Eyebrow Position and Movement with Aging. *Arch Plast Surg* 2017; **44**(1): 65-71.
7. Houstis O, Killiaridis S. Gender and age differences in facial expressions. *Eur J Orthod* 2009; **31**(5): 459-66.
8. Lakshminarayana P, Janardhan K, David HS. Anthropometry for syndromology. *Indian J Pediatr* 1991; **58**(2): 253-8.
9. Gomez DA, Bird LM, Fleischer N, Abdul-Rahman OA. Differentiating molecular etiologies of Angelman syndrome through facial phenotyping using deep learning. *Am J Med Genet A* 2020; **182**(9): 2021-6.
10. Chou PY, Luo CC, Chen PK, Chen YR, Samuel Noordhoff M, Lo LJ. Preoperative lip measurement in patients with complete unilateral cleft lip/palate and its comparison with norms. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2013; **66**(4): 513-7.
11. Przylipiak M, Przylipiak J, Terlikowski R, Lubowicka E, Chrostek L, Przylipiak A. Impact of face proportions on face attractiveness. *J Cosmet Dermatol* 2018; **17**(6): 954-9.
12. Zacharopoulos GV, Manios A, Kau CH, Velagrakis G, Tzanakakis GN, de Bree E. Anthropometric Analysis of the Face. *J Craniofac Surg* 2016; **27**(1): e71-5.
13. Weiliang Z, Wei W, Lili G. Comparative Study of Anthropometric Nasal Analysis Based on Han Nationality Young Female Adults in Central China. *J Craniofac Surg* 2021; **32**(4): 1455-8.
14. Adekunle AA, Olowo AY, James O, et al. Facial Anthropometry Measurements Using Three-Dimensional Stereophotogrammetry Analysis Among Nigerians. *J Craniofac Surg* 2022; **33**(4): 1178-81.
15. Winiarska N, Stachura A, Roszkowski B, Pietruski P, Wlodarski P, Paskal W. Anthropometry and Current Aesthetic Concept of the Lower Third of the Face and Lips in Caucasian Adult Population: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Aesthetic Plast Surg* 2024; **48**(13): 2353-64.
16. Manjula WS, Sukumar MR, Kishorekumar S, Gnanashanmugam K, Mahalakshmi K. Smile: A review. *J Pharm Bioallied Sci* 2015; **7**(Suppl 1): S271-5.
17. Prantl L, Heidekrueger PI, Broer PN, Knoll S, Thiha A, Grundl M. Female eye attractiveness - Where beauty meets science. *J Craniomaxillofac Surg* 2019; **47**(1): 73-9.
18. Enoch J, McDonald L, Jones L, Jones PR, Crabb DP. Evaluating Whether Sight Is the Most Valued Sense. *JAMA Ophthalmol* 2019; **137**(11): 1317-20.
19. Hu S, Colley P. Surgical Orbital Anatomy. *Semin Plast Surg* 2019; **33**(2): 85-91.
20. Kels BD, Grzybowski A, Grant-Kels JM. Human ocular anatomy. *Clin Dermatol* 2015; **33**(2): 140-6.
21. Gospe SM, 3rd, Bhatti MT. Orbital Anatomy. *Int Ophthalmol Clin* 2018; **58**(2): 5-23.
22. Yanoff MD, Jay S. . Ophthalmology 3rd ed. Edinburgh: Mosby; 2008.
23. Yang SH, Park H, Yoo DS, Joo W, Rhoton A. Microsurgical anatomy of the facial nerve. *Clin Anat* 2021; **34**(1): 90-102.

24. Neves JC, Arancibia-Tagle D, Medel-Jimenez R, Vasquez LM. Periorbital Surgical Anatomy. *Facial Plast Surg* 2020; **36**(3): 317-28.
25. Marur T, Tuna Y, Demirci S. Facial anatomy. *Clin Dermatol* 2014; **32**(1): 14-23.
26. Bentsianov B, Blitzler A. Facial anatomy. *Clin Dermatol* 2004; **22**(1): 3-13.
27. Most SP, Mobley SR, Larrabee WF, Jr. Anatomy of the eyelids. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2005; **13**(4): 487-92, v.
28. Cook BE, Jr., Lucarelli MJ, Lemke BN. Depressor supercillii muscle: anatomy, histology, and cosmetic implications. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2001; **17**(6): 404-11.
29. de Maio M, DeBouille K, Braz A, Rohrich RJ, Alliance for the Future of Aesthetics Consensus C. Facial Assessment and Injection Guide for Botulinum Toxin and Injectable Hyaluronic Acid Fillers: Focus on the Midface. *Plast Reconstr Surg* 2017; **140**(4): 540e-50e.
30. Canigueral R, Hamilton AFC. The Role of Eye Gaze During Natural Social Interactions in Typical and Autistic People. *Front Psychol* 2019; **10**: 560.
31. Adolphs R. Social cognition and the human brain. *Trends in Cognitive Sciences* 1999; **3**(12): 469-79.
32. Klingner CM, Guntinas-Lichius O. Facial expression and emotion. *Laryngorhinootologie* 2023; **102**(S 01): S115-S25.
33. Ekman P. Darwin's contributions to our understanding of emotional expressions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2009; **364**(1535): 3449-51.
34. Darwin C. The Expression of the Emotions in Man and Animals. London: Murray; 1872.
35. Dalglish TP, M. Handbook of cognition and emotion: John Wiley & Sons; 200.
36. Ekman P. Facial expression and emotion. *Am Psychol* 1993; **48**(4): 384-92.
37. Ekman P, Friesen, W. V. Facial Action Coding System (FACS). *Environmental Psychology & Nonverbal Behavior* 1978.
38. Ellison JW, Massaro DW. Featural evaluation, integration, and judgment of facial affect. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 1997; **23**(1): 213-26.
39. Beaudry O, Roy-Charland A, Perron M, Cormier I, Tapp R. Featural processing in recognition of emotional facial expressions. *Cogn Emot* 2014; **28**(3): 416-32.
40. Eisenbarth H, Alpers GW. Happy mouth and sad eyes: scanning emotional facial expressions. *Emotion* 2011; **11**(4): 860-5.
41. Schurgin MW, Nelson J, Iida S, Ohira H, Chiao JY, Franconeri SL. Eye movements during emotion recognition in faces. *J Vis* 2014; **14**(13): 14.
42. Calder AJ, Young AW, Keane J, Dean M. Configural information in facial expression perception. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2000; **26**(2): 527-51.
43. Carbon C-C. Wearing Face Masks Strongly Confuses Counterparts in Reading Emotions. *Frontiers in Psychology* 2020; **11**.
44. Land MF. Motion and vision: why animals move their eyes. *J Comp Physiol A* 1999; **185**(4): 341-52.
45. Lamb TD, Collin SP, Pugh EN, Jr. Evolution of the vertebrate eye: opsins, photoreceptors, retina and eye cup. *Nat Rev Neurosci* 2007; **8**(12): 960-76.
46. Land MF. Eye movements of vertebrates and their relation to eye form and function. *Journal of Comparative Physiology A* 2014; **201**(2): 195-214.
47. Stamp Dawkins M. What are birds looking at? Head movements and eye use in chickens. *Animal Behaviour* 2002; **63**(5): 991-8.
48. Gioanni H. Stabilizing gaze reflexes in the pigeon (*Columba livia*). I. Horizontal and vertical optokinetic eye (OKN) and head (OCR) reflexes. *Exp Brain Res* 1988; **69**(3): 567-82.
49. Ibbotson M, Krekelberg B. Visual perception and saccadic eye movements. *Curr Opin Neurobiol* 2011; **21**(4): 553-8.
50. Dale Purves GJA, David Fitzpatrick, Lawrence C Katz, Anthony-Samuel LaMantia, James O McNamara, S Mark Williams. Types of Eye Movements and Their Functions Neuroscience. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001. . 2nd ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates.
51. Buttner U, Kremmyda O. Smooth pursuit eye movements and optokinetic nystagmus. *Dev Ophthalmol* 2007; **40**: 76-89.

52. Sole Puig M, Romeo A, Super H. Vergence eye movements during figure-ground perception. *Conscious Cogn* 2021; **92**: 103138.
53. Han YH, Kumar AN, Reschke MF, Somers JT, Dell'Osso LF, Leigh RJ. Vestibular and non-vestibular contributions to eye movements that compensate for head rotations during viewing of near targets. *Exp Brain Res* 2005; **165**(3): 294-304.
54. Rucker JC. Normal and abnormal lid function. *Handb Clin Neurol* 2011; **102**: 403-24.
55. Takasaki H. Moire topography. *Appl Opt* 1970; **9**(6): 1467-72.
56. Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moire stripes. Part I. Method. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990; **19**(6): 356-8.
57. Kawai T, Natsume N, Shibata H, Yamamoto T. Three-dimensional analysis of facial morphology using moire stripes. Part II. Analysis of normal adults. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990; **19**(6): 359-62.
58. Moss JP, Linney AD, Grindrod SR, Mosse CA. A laser scanning system for the measurement of facial surface morphology. *Optics and Lasers in Engineering* 1989; **10**(3-4): 179-90.
59. Jacobs RA, Plastic Surgery Educational Foundation DC. Three-dimensional photography. *Plast Reconstr Surg* 2001; **107**(1): 276-7.
60. Weinberg SM, Kolar JC. Three-dimensional surface imaging: limitations and considerations from the anthropometric perspective. *J Craniofac Surg* 2005; **16**(5): 847-51.
61. Guo Y, Hou X, Rokohl AC, Jia R, Heindl LM. Reliability of Periocular Anthropometry: A Comparison of Direct, 2-Dimensional, and 3-Dimensional Techniques. *Dermatol Surg* 2020; **46**(9): e23-e31.
62. Metzler P, Sun Y, Zemmann W, et al. Validity of the 3D VECTRA photogrammetric surface imaging system for cranio-maxillofacial anthropometric measurements. *Oral and Maxillofacial Surgery* 2013; **18**(3): 297-304.
63. Dindaroglu F, Kutlu P, Duran GS, Gorgulu S, Aslan E. Accuracy and reliability of 3D stereophotogrammetry: A comparison to direct anthropometry and 2D photogrammetry. *Angle Orthod* 2016; **86**(3): 487-94.
64. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; **41**(5): 507-18.
65. McCord CD, Walrath JD, Nahai F. Concepts in eyelid biomechanics with clinical implications. *Aesthet Surg J* 2013; **33**(2): 209-21.
66. Schmidt KL, Bhattacharya S, Denlinger R. Comparison of Deliberate and Spontaneous Facial Movement in Smiles and Eyebrow Raises. *J Nonverbal Behav* 2009; **33**(1): 35-45.
67. Ruch WE, P. The expressive pattern of laughter. Emotions, Qualia, and Consciousness; 2001: 426-43.
68. Dalqleish T. The emotion brain. *N at Bey Neurosci* 2004; **5**(7): 583-9.
69. Esteves F, Parra C, Dimberg U, Ohman A. Nonconscious associative learning: Pavlovian conditioning of skin conductance responses to masked fear-relevant facial stimuli. *Psychophysiology* 1994; **31**(4): 375-85.
70. Esteves F, Dimberg U, Ohman A. Automatically elicited fear: Conditioned skin conductance responses to masked facial expressions. *Cognition & Emotion* 1994; **8**(5): 393-413.
71. Hansen CH, Hansen RD. Finding the face in the crowd: an anger superiority effect. *J Pers Soc Psychol* 1988; **54**(6): 917-24.
72. Denlinger RL, VanSwearingen JM, Cohn JF, Schmidt KL. Puckering and blowing facial expressions in people with facial movement disorders. *Phys Ther* 2008; **88**(8): 909-15.
73. Zhang EY, Cheok AD, Yan Y, Cai J, Pan Z. Wearable technology in emotive communication: An in-depth exploration of the kiss transfer mechanism and its implications for human-human interactions. *Wearable Technology* 2023; **4**(1).
74. Helmchen C, Rambold H. The eyelid and its contribution to eye movements. *Dev Ophthalmol* 2007; **40**: 110-31.

75. Delgado-Garcia JM, Gruart A, Trigo JA. Physiology of the eyelid motor system. *Ann N Y Acad Sci* 2003; **1004**: 1-9.
76. Meyer DR, Linberg JV, Powell SR, Odom JV. Quantitating the superior visual field loss associated with ptosis. *Arch Ophthalmol* 1989; **107**(6): 840-3.
77. Kakizaki H, Malhotra R, Madge SN, Selva D. Lower eyelid anatomy: an update. *Ann Plast Surg* 2009; **63**(3): 344-51.
78. Kakizaki H, Malhotra R, Selva D. Upper eyelid anatomy: an update. *Ann Plast Surg* 2009; **63**(3): 336-43.
79. Tanikawa C, Zere E, Takada K. Sexual dimorphism in the facial morphology of adult humans: A three-dimensional analysis. *Homo* 2016; **67**(1): 23-49.
80. Weeden JC, Trotman CA, Faraway JJ. Three dimensional analysis of facial movement in normal adults: influence of sex and facial shape. *Angle Orthod* 2001; **71**(2): 132-40.
81. Gunter JP, Antrobus SD. Aesthetic analysis of the eyebrows. *Plast Reconstr Surg* 1997; **99**(7): 1808-16.
82. Anic-Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Soft tissue profile typology: results of the cluster analysis. *J Craniofac Surg* 2009; **20**(4): 1263-8.
83. Lima ASd, Gubert M, Lyra T, Sardagna CF. Muscle contraction patterns and their associations in the upper third of the face: a clinical and epidemiological study. *Surgical & Cosmetic Dermatology* 2022; **14**.
84. Le Louarn C, Buthiau D, Buis J. Structural aging: the facial recurve concept. *Aesthetic Plast Surg* 2007; **31**(3): 213-8.
85. George RM, Singer R. The lines and grooves of the face: a suggested nomenclature. *Plast Reconstr Surg* 1993; **92**(3): 540-2.
86. Desai S, Upadhyay M, Nanda R. Dynamic smile analysis: changes with age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; **136**(3): 310 e1-10; discussion -1.
87. Flores CA, Mundy JL, Byrne ME, Gonzalez JA, Taylor HO. Quantitative 3-dimensional Geometry of the Aging Eyelids. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2019; **7**(11): e2512.
88. Hahn S, Desai SC. Lower Lid Malposition: Causes and Correction. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2016; **24**(2): 163-71.
89. Cruz AA, Tavora DB, Martin LF. Effect of eyelid saccades on the position of lateral canthus in young and older subjects. *Orbit* 2008; **27**(1): 1-4.
90. Rawlani R, Qureshi H, Rawlani V, Turin SY, Mustoe TA. Volumetric Changes of the Mid and Lower Face with Animation and the Standardization of Three-Dimensional Facial Imaging. *Plast Reconstr Surg* 2019; **143**(1): 76-85.
91. Lim YK, Chu EH, Lee DY, Yang IH, Baik SH. Three-dimensional evaluation of soft tissue change gradients after mandibular setback surgery in skeletal Class III malocclusion. *Angle Orthod* 2010; **80**(5): 896-903.
92. Guo Y, Schaub F, Mor JM, Jia R, Koch KR, Heindl LM. A Simple Standardized Three-Dimensional Anthropometry for the Periocular Region in a European Population. *Plast Reconstr Surg* 2020; **145**(3): 514e-23e.
93. Coulson SE, Croxson GR, Gilleard WL. Quantification of the three-dimensional displacement of normal facial movement. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000; **109**(5): 478-83.
94. Al Rudainy D, Ju X, Mehendale F, Ayoub A. The effect of facial expression on facial symmetry in surgically managed unilateral cleft lip and palate patients (UCLP). *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2019; **72**(2): 273-80.

Kategorie	varianz		length		width		height		moving		color change		other angle		rotation	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
FFW	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFH	0.138	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFU	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFV	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFW	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFH	0.138	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFU	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFV	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFW	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFH	0.138	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFU	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FFV	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Anhang 2: Die prozentualen Unterschiede der Gesichtsausdruck- oder Augenbewegungsaufnahme im Vergleich zur neutralen Gesichtshaltung werden geschlechterabhängig verglichen. In den ersten Spalten sind Mittelwert und Standardabweichung der prozentualen Unterschiede der jungen und alten Gruppe in jedem Gesichtsausdruck angegeben. Ein ungepaarter t-Test wurde verwendet, um etwaige statistische Unterschiede in den Messungen der jungen und alten Gruppe mit der Messung einer Gesichtsausdruck- oder Augenbewegungsaufnahme zu untersuchen. Jeder t-Wert ist angegeben und der Freiheitsgrad ist df(118). Zeilen mit statistischer Relevanz ($p < 0,05$) sind fett gedruckt.

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 3D Kamera	19
Abbildung 2: Messpunkte in der Periorbitalregion.....	20
Abbildung 3: Messwerte bei lächelndem Gesichtsausdruck	24
Abbildung 4: Mittelwerte bei lächelndem Gesichtsausdruck	26
Abbildung 5: Messwerte bei lachendem Gesichtsausdruck	27
Abbildung 6: Mittelwerte bei lachendem Gesichtsausdruck	29
Abbildung 7: Messwerte bei wütendem Gesichtsausdruck	30
Abbildung 8: Mittelwerte bei wütendem Gesichtsausdruck	32
Abbildung 9: Messwerte bei Formung eines Kussmundes.....	33
Abbildung 10: Mittelwerte bei Formung eines Kussmundes.....	35
Abbildung 11: Messwerte bei aufgeblasenen Wangen	36
Abbildung 12: Mittelwerte bei aufgeblasenen Wangen	38
Abbildung 13: Messwerte bei weit aufgerissenen Augen	39
Abbildung 14: Mittelwerte bei weit aufgerissenen Augen	41
Abbildung 15: Messwerte bei geschlossenen Augen	42
Abbildung 16: Mittelwerte bei geschlossenen Augen	44
Abbildung 17: Messwerte bei Blick nach kranial	45
Abbildung 18: Mittelwerte bei Blick nach kranial	47
Abbildung 19: Messwerte bei Blick nach kranial lateral.....	48
Abbildung 20: Mittelwerte bei Blick nach kranial lateral.....	50
Abbildung 21: Messwerte bei Blick nach lateral	51
Abbildung 22: Mittelwerte bei Blick nach lateral	53
Abbildung 23: Messwerte bei Blick nach kaudal lateral.....	54
Abbildung 24: Mittelwerte bei Blick nach kaudal lateral.....	56
Abbildung 25: Messwerte bei Blick nach kaudal	57
Abbildung 26: Mittelwerte bei Blick nach kaudal	59
Abbildung 27: Messwerte bei Blick nach kaudal medial.....	60
Abbildung 28: Mittelwerte bei Blick nach kaudal medial.....	62
Abbildung 29: Messwerte bei Blick nach medial	63
Abbildung 30: Mittelwerte bei Blick nach medial	65
Abbildung 31: Messwerte bei Blick nach kranial medial.....	66
Abbildung 32: Mittelwerte bei Blick nach kranial medial.....	68

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messsystem.....	21
----------------------------	----

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen