

Aus der Klinik und Poliklinik  
für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Ehrenfeld

**REKONSTRUKTION DER INTERNEN ORBITA MIT  
NON-PREFORMED TITANMESHES  
NACH TRAUMEN DES MITTELGESICHTS  
KLINISCHE UND RADIOLOGISCHE ERGEBNISSE  
EINER KONSEKUTIVEN PATIENTENSERIE**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Jens Augustin

aus  
Saarbrücken

2013

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität zu München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. C.-P. Cornelius

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Christoph Hintschich

Priv. Doz. Dr. Klaus Stelter

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 14.03.2013

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>7</b>
1.1	OSTEOLOGIE DER INTERNEN ORBITA.....	7
1.2	DIE KLASSIFIKATION VON VERLETZUNGEN DER KNÖCHERNEN ORBITA.....	16
1.3	ZEITGEMÄÙE THERAPIEKONZEPTE BEI VERLETZUNGEN DER INTERNEN ORBITA .....	19
1.3.1	Problemstellung der vorliegenden Studie .....	26
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>27</b>
2.1	PATIENTEN .....	27
2.2	PRÄOPERATIVE UND POSTOPERATIVE COMPUTERTOMOGRAFIE .....	30
2.3	KLASSIFIKATION DER FRAKTURMUSTER.....	31
2.3.1	Klassifikation von Frakturen der lateralen Orbitawand.....	35
2.3.2	Klassifikation von Frakturen des Orbitadachs.....	37
2.3.3	Klassifikation von Frakturen der inferioren Orbitawand (Orbitaboden) .....	38
2.3.4	Klassifikation von Frakturen der medialen Orbitawand .....	39
2.4	ORBITAL TRAUMA SCORE (OTS) .....	40
2.5	AUSWERTUNG DER POSTOPERATIVEN COMPUTERTOMOGRAFIEEN .....	42
2.5.1	Bewertung der Qualität der Rekonstruktion in koronaren Ebenen – Radiologischer Kongruenz-Score (RKS).....	43
2.5.1.1	Symmetrievergleich der Orbitaquerschnitte in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (qualitativ) 48	
2.5.2	Flächendifferenz der Orbitaquerschnitte in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (quantitativ).....	50
2.5.3	Radiologischer Outcome-Score (ROS).....	53
2.6	KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNG .....	54
2.6.1	Klinisches Nachuntersuchungskollektiv .....	54
2.6.2	Asymmetrien des Mittelgesichts .....	54
2.6.3	Augenlider und mediale Lidbänder .....	55
2.6.4	Position des Bulbus oculi, Exophthalmometrie nach Hertel .....	55
2.6.5	Die Untersuchung auf Doppelbilder .....	55
2.6.6	Die Untersuchung am Hess-Schirm.....	56
2.6.6.1	Prinzipielle Grundlagen der Untersuchung des Binokularsehens.....	57
2.6.6.2	Technische Grundlagen der Koordimetrie am Hess-Schirm.....	59
2.6.6.3	Ablauf der Untersuchung am Hess-Schirm.....	61

2.6.6.4	Interpretation der Befunde am Hess-Schirm.....	62
2.6.7	Klinischer Outcome-Score (KOS).....	63
2.7	ÜBERSICHT ÜBER DIE VERWENDETEN SCORES .....	66
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>68</b>
3.1	PATIENTEN-GESAMTKOLLEKTIV.....	68
3.2	ÄTIOLOGIE – VERLETZUNGSURSACHEN IM GESAMTKOLLEKTIV .....	70
3.2.1	Ursachen Klassen - Patienten-Beispiele .....	71
3.3	FRAKTURMUSTER IM GESAMTKOLLEKTIV .....	73
3.3.1	Übersicht über die cranio-fazialen Verletzungsmuster .....	73
3.3.2	Die Frakturen der internen Orbita .....	77
3.3.2.1	Überblick über die Verletzungen der Orbita .....	77
3.3.2.2	Frakturen der lateralen Orbitawand.....	78
3.3.2.3	Frakturen des Orbitadachs .....	79
3.3.2.4	Frakturen des Orbitabodens .....	80
3.3.2.5	Frakturen der medialen Orbitawand .....	81
3.3.2.6	Frakturlokalisierung und Kombination bei Mehrwandfrakturen der internen Orbita .....	82
3.3.2.6.1	Topographische Kombinationen bei 2-Wandfrakturen.....	82
3.3.2.6.2	Topographische Kombinationen bei 3-Wandfrakturen.....	83
3.4	ORBITAL TRAUMA SCORE (OTS) - GESAMTKOLLEKTIV.....	84
3.4.1	Korrelation der Höhe des Orbital Trauma Score zur Anzahl der betroffenen Orbitawände .....	85
3.4.2	Korrelation zwischen Orbital Trauma Score und Ätiologie .....	85
3.5	OPERATIVE ZUGANGSWEGE ZUR INTERNEN ORBITA - GESAMTKOLLEKTIV.....	86
3.5.1	Zugänge zu den Wänden in der unteren Zirkumferenz der Augenhöhle .....	86
3.5.2	Zugänge zu den Wänden in der oberen Zirkumferenz der Augenhöhle .....	86
3.6	POSTOPERATIVE COMPUTERTOMOGRAPHIE.....	87
3.6.1	Radiologischer Kongruenz-Score (RKS).....	87
3.6.2	Ergebnisse der radiologisch erhobenen Flächendifferenzen .....	88
3.6.3	Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS).....	89
3.6.4	Radiologischer Outcome Score (ROS) .....	90
3.6.5	Orbital Trauma Score versus Radiologischer Kongruenz Score (OTS/RKS).....	91
3.6.6	Orbital Trauma Score und Radiologischer Flächendifferenz Score (OTS/RFS) .....	92
3.6.7	Orbital Trauma Score versus Radiologische Outcome Score (OTS/ROS) .....	92
3.7	POSTOPERATIVES KLINISCHES FOLLOW UP – NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV ...	94
3.7.1	Symmetrie des Gesichtsschädels.....	94
3.7.2	Augenlider und mediales Lidband .....	94
3.7.3	Position des Augenbulbus .....	95

3.7.4	Diplopie.....	96
3.7.5	Ergebnisse der Untersuchung am Hess-Schirm.....	97
3.7.6	Klinischer Outcome Score (KOS) - Nachuntersuchungskollektiv .....	101
3.7.7	Orbital Trauma Score (OTS) – Nachuntersuchungskollektiv .....	102
3.7.8	Radiologischer Kongruenz Score (RKS) - Nachuntersuchungskollektiv .....	103
3.7.9	Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS) – Nachuntersuchungskollektiv .....	104
3.7.10	Radiologischer Outcome Score (ROS) - Nachuntersuchungskollektiv .....	105
3.7.11	Orbital Trauma Score versus Radiologischer Outcome Score (OTS/ROS) - Nachuntersuchungskollektiv .....	106
3.7.12	Zusammenhang Orbital Trauma Score und klinischer Outcome Score (OTS/KOS) - Nachuntersuchungskollektiv.....	107
3.7.13	Zusammenhang Radiologischer Outcome Score zu klinischem Outcome Score (ROS/KOS)-Nachuntersuchungskollektiv .....	109
3.7.14	Beziehung Radiologischer Outcome Score (ROS) und sagittale Bulbusposition - Nachuntersuchungskollektiv .....	110
3.7.15	Zusammenhang Radiologischer Outcome Score (ROS) und Diplopie - Nachuntersuchungskollektiv .....	112
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>113</b>
4.1	PATIENTENKOLLEKTIVE .....	113
4.1.1	Gesamtkollektiv .....	113
4.1.2	Nachuntersuchungskollektiv .....	114
4.2	ERGEBNISSE.....	115
4.2.1	Radiologische Ergebnisse im Gesamtkollektiv .....	115
4.2.2	Radiologische Ergebnisse im Nachuntersuchungskollektiv .....	116
4.2.2.1	RKS und ROS im Nachuntersuchungskollektiv .....	116
4.2.2.2	Untersuchungsintervall und Validität der röntgenologischen Endpunkte im Nachuntersuchungskollektiv .....	117
4.2.3	Klinische Ergebnisse im Nachuntersuchungskollektiv .....	119
4.2.4	Innovationen in der Therapie der Frakturen der internen Orbita.....	120
4.2.5	Outcome im Literaturvergleich .....	121
4.2.5.1	Studien zur Wiederherstellung von Orbitawänden mit nicht-rigiden Ersatzmaterialien und nicht präformierten Titangitterplatten.....	121
4.2.5.2	Studien zur Wiederherstellung von Orbitawänden mit präformierten Titangitterplatten ....	128
4.3	METHODENKRITIK.....	130
4.4	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK.....	133
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>136</b>

<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>139</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>148</b>
7.1	TABELLARISCHE ÜBERSICHT ÜBER DAS PATIENTENKOLLEKTIV .....	148
7.2	DATENERHEBUNGSBOGEN: .....	152
7.2.1	Datenerhebung: Personaldaten, Unfallchronologie, Verlauf .....	152
7.2.2	Datenerhebung: Versorgungswege.....	153
7.2.3	Datenerhebung: Diagnosen, Frakturmuster der Orbitae.....	154
7.2.4	Datenerhebung: Frakturlinienverlauf, Frakturmuster Mittelgesichtes .....	155
7.2.5	Datenerhebung: Nachuntersuchungskollektiv .....	156
7.3	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.....	159
7.4	VERZEICHNIS DER TABELLEN .....	164

# 1 Einleitung

Bei Gesichtsschädeltraumen ist eine Beteiligung der internen Orbita häufig, die Orbita soll in über 40 % der Fälle von Frakturen betroffen sein (Ellis et al. 1985). Sowohl die Topographie von Orbitafrakturen als auch die Schwere der Verletzung können dabei in erheblichem Ausmaß variieren (Hammer 1995). Schon bei dem Versuch die Topographie von Frakturen der knöchernen Augenhöhle zu beschreiben stellt sich das Problem einer gleichermaßen einfachen, wie exakten Klassifizierung. Diese Problematik hat ihre Ursache in der komplexen Anatomie der Orbita. Die Anatomie der Orbita ist gut beschrieben (von Lanz und Wachsmuth 1979b, Montgomery 1981, Rhoton 2003) und die sich hier anschließende, konzise Zusammenfassung der wichtigsten morphologischen Gegebenheiten aus Sicht des Traumatologen gestattet einen zielgerichteten Einstieg in die Materie.

## 1.1 Osteologie der internen Orbita

Die knöchernen Wandungen der internen Orbita haben vereinfacht die Form einer vierseitigen Pyramide (Abbildung 1), deren anterolateral gelegene Basis von den Orbitaländern gebildet wird und deren posteromedialer Apex als von Kanälen durchsetzte Struktur essentiellen Leitungsbahnen den Eintritt in die Knochenkavität öffnet. Die vier Seiten schützen den Augapfel, halten ihn in seiner Position und sind als Flächen einzeln benannt. So wird die seitliche Fläche als laterale Orbitawand, die untere Fläche als Orbitaboden, die Fläche zur Mitte hin als mediale Orbitawand und die obere Fläche schließlich als Orbitadach angesprochen. Während die Oberflächen von Orbitaboden, medialer Wand und Orbitadach zwar von Suturen durchsetzt doch ohne Unterbrechung der knöchernen Kontinuität kontinuierlich ineinander übergehen (Abbildung 1), ist die laterale Wand im dorsalen Drittel durch die *fissura orbitalis superior* vom Orbitadach und im mittleren und hinteren Drittel durch die *fissura orbitalis inferior* vom Orbitaboden getrennt (von Lanz und Wachsmuth 1979b, Montgomery 1981, Yaremchuk und Manson 1992) [Abbildung 1].



Abbildung 1: Knöchernes Oberflächenrelief, Fissuren und Kanäle im Bereich der Internen Orbita (Sammlung Cornelius)

Die laterale Wand besteht aus einer Knochenlamelle von variierender Dicke, die vom großen Keilbeinflügel und der facies orbitalis des os zygomaticum gebildet wird. Sie ist die einzige Wand, die vis a vis der Augenhöhle keine belüfteten Nasennebenhöhlen oder eine mit Dura ausgekleidete und Liquor cerebrospinalis enthaltende Schädelhöhle aufweist, sondern Teile der fossa temporalis bildet, die dort den gleichnamigen Muskel enthält. Die Stärke der Lamelle im Bereich der lateralen Wand erlaubt sowohl auf der Orbitaseite als auch auf der Außenseite die Applikation einer Osteosyntheseplatte über der sutura speno-zygomatica (Sugar et al. 1992, Rohner et al. 2002). Als seltene anatomische Normvariation tritt gelegentlich eine Pneumatisation des Jochbeins auf. In diesen Fällen tritt diese belüftete Höhle in Beziehung zum anterioren Drittel der lateralen Orbitawand und wird als zygomatic air cell defect (ZACD) bezeichnet (Tyndall und Matteson 1987, Hofmann et al. 2001).

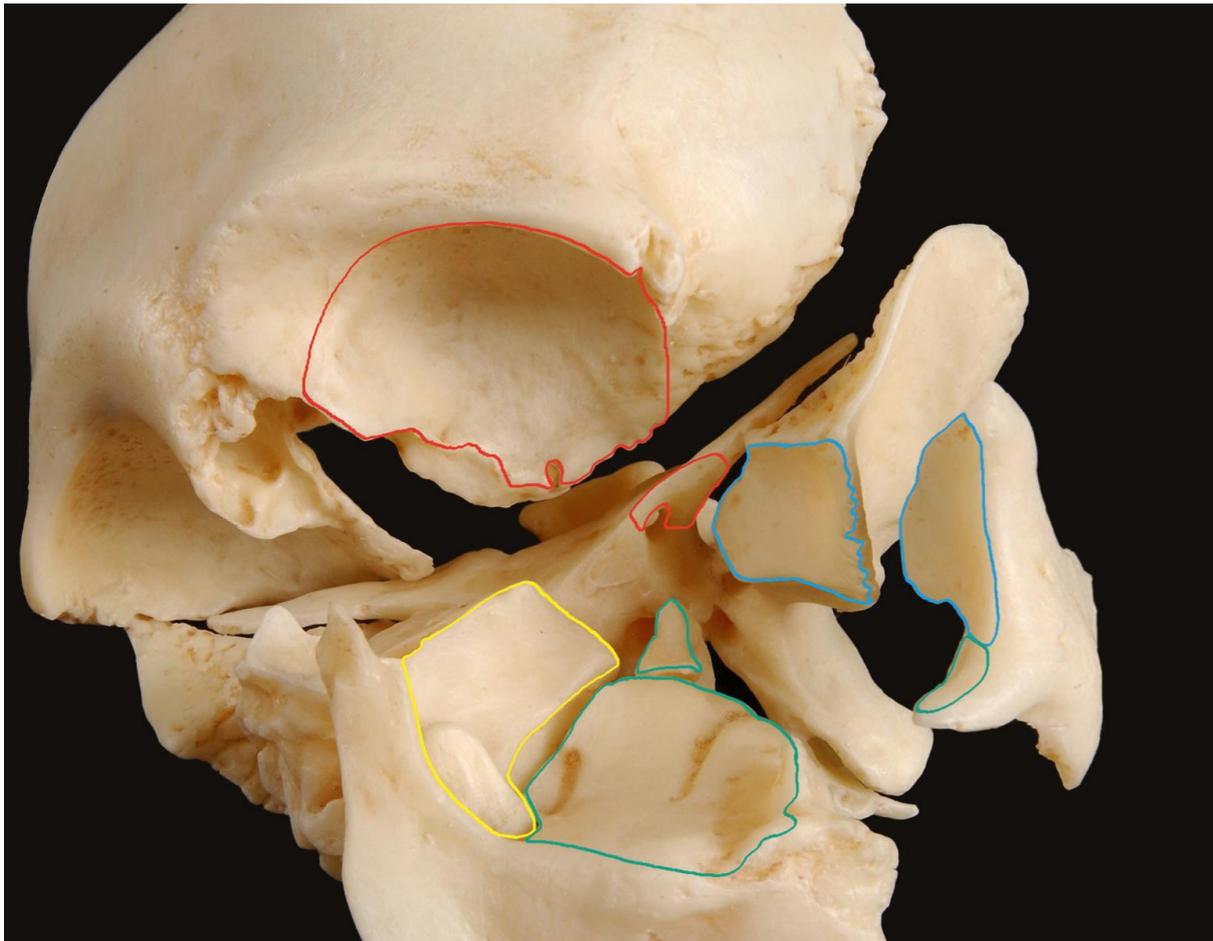


Abbildung 2: Gesprengtes Schädelmodell: Arrangement zur Darstellung der vier Orbitawände und ihrer Komponenten links (Sammlung Cornelius)

Der Orbitaboden lässt sich genau wie die mediale Wand und das Orbitadach anhand der Knochenichte in sagittaler Richtung in ein anteriores, mittleres („midorbita“) und dorsales Drittel unterteilen (von Lanz und Wachsmuth 1979b) [Abbildung 3]. Das anteriore Drittel besteht aus einer relativ dicken, konkavförmigen Knochenlamelle, die nach anterior kontinuierlich in den Infraorbitalrand übergeht. Durch diese Konkavität, die im Orbitadach eine Entsprechung findet, erreicht die interne Orbita ihren größten Durchmesser in etwa 1,5 cm antero-posteriorer Tiefe „post-entry extension“. Das mittlere Drittel besteht aus sehr dünnem Knochen, der als Knautschzone („crush zone“) wirken kann und Augenbulbus und Sehnerv vor zu absorbierenden Kräften schützt. Die Knochenlamelle im Bereich des posterioren Drittels ist im Vergleich zum mittleren Drittel weniger dünn und weniger gebogen (von Lanz und Wachsmuth 1979b).

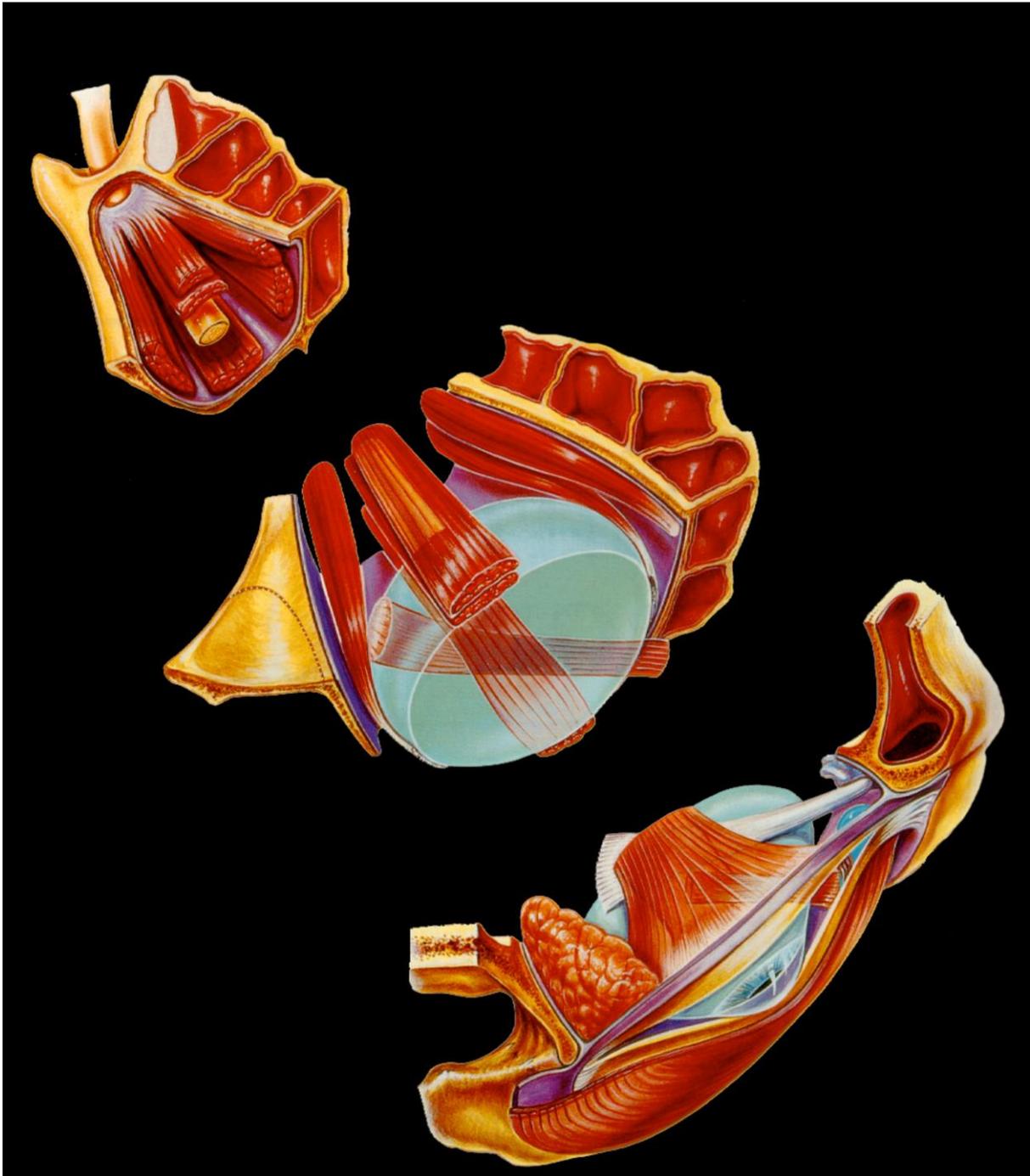


Abbildung 3: Einteilung der internen Orbita in ein vorderes, mittleres („midorbita“) und hinteres Drittel (aus Rootman et al. 1995).

Die Knochenoberfläche des Orbitabodens ist glatt. Die Stärke der Knochenlamelle beträgt im mittleren Drittel etwa 0,5 Millimeter. In diesem membranösen Bereich wird der Orbitaboden von kaudal durch die knöcherne Zirkumferenz des canalis nervi infraorbitalis verstärkt. Am Übergang des Orbitabodens zur fissa orbitalis inferior nimmt die Knochenstärke nach lateral hin wieder zu. Unterhalb des Orbitabodens befindet sich die belüftete Kieferhöhle (Abbildung 4). In seltenen Fällen kann hier eine gekammerte, vom Siebbein ausgehende, akzessorische, so

genannte HALLER-Zelle Kieferhöhlendach und Orbitaboden voneinander trennen (Denecke et al. 1992).

Die mediale Orbitawand hat ebenfalls eine glatte Knochenoberfläche mit einer sehr geringen Knochendicke von etwa 0,5 Millimeter, woraus sich die Bezeichnung lamina papyracea erklärt (von Lanz und Wachsmuth 1979a). Im Bereich der medialen Wand folgen als chirurgisch relevante Strukturen von anterior nach posterior der ductus nasolacrimalis, das foramen ethmoidale anterior und das foramen ethmoidale posterior aufeinander. Im Anschluss an die mediale Orbitawand befinden sich medianwärts die belüfteten Siebbeinzellen und kranialwärts der Boden der Stirnhöhle.

Kranial des Orbitadachs befindet sich anterior die belüftete Stirnhöhle und posterior die Schädelhöhle. In posterioren Bereich ist das Orbitadach zugleich der Boden der vorderen Schädelgrube.

Die Orbita wird dieser vereinfachten Modellvorstellung einer vierseitigen Pyramide insofern nicht gerecht, als dass koronare Schnitte im dorsalen, also apexnahen Orbitadrittel oder Conus eher einen dreiseitigen Querschnitt zeigen (Abbildung 5). Dies liegt daran, dass die anteroposteriore Ausdehnung des Orbitabodens im Vergleich zu den drei anderen knöchernen Wänden der Orbita weniger weit nach dorsal reicht und früher endet als der pyramidale Apex (Abbildung 6). Die Beziehung zwischen großem und kleinem Keilbeinflügel bildet die anatomische Grundlage für den dreieckförmig auslaufenden Knochenquerschnitt im Apex orbitae.

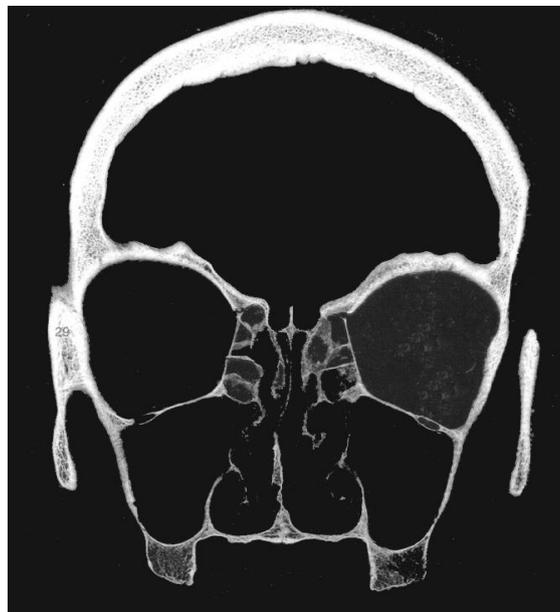


Abbildung 4: CT-Bild einer koronaren Schicht im vorderen Orbitadrittel. Am hier vierseitigen Querschnitt der Orbita sind die 4 Orbitawände gut zu erkennen, im Bereich des Orbitabodens ist der canalis infraorbitalis, kaudal der sinus maxillaris dargestellt (Tiedemann 1993)



Abbildung 5: CT-Bild einer koronaren Schicht im dorsalen Orbitadrittel. Im Vergleich zum vierseitigen Querschnitt in Abbildung 4 ist der hier dreiseitige Querschnitt im Apex der Augenhöhle erkennbar (aus Tiedemann 1993)

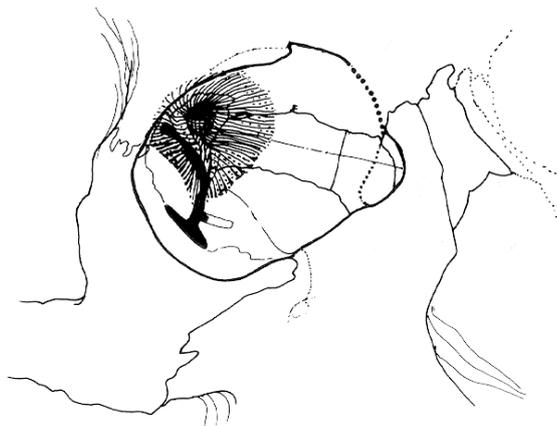


Abbildung 6: Die interne Orbita wird im Konus Bereich, d. h. dorsal der Fissura orbitalis inferior dreiseitig (schraffierter Bereich). Eine periorbitale Dissektion sollte nicht weiter in die Tiefe vordringen (modifiziert aus Zide und Jelks 1985)

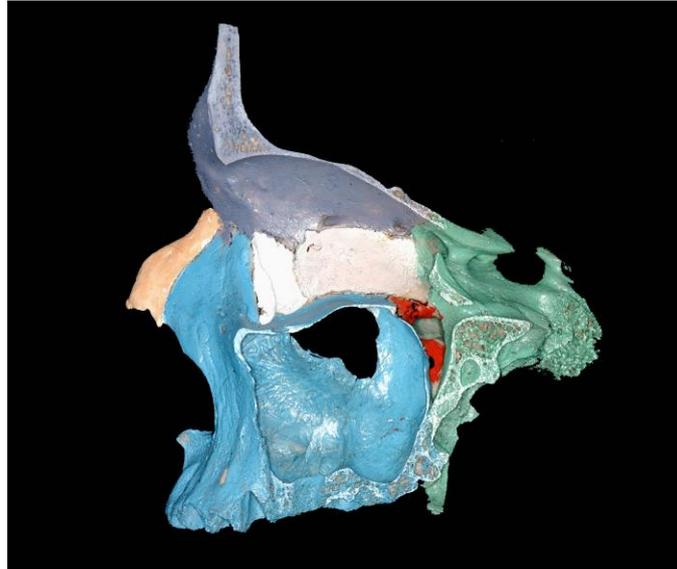


Abbildung 7: ‚Posterior Medial Bulge‘ und ‚Lazy-S‘ Konfiguration im sagittalen Querschnitt am anatomischen Präparat (Präparat: Anatomisches Institut der LMU München)

In der Übergangszone vom mittleren zum hinteren Orbitadrittel weisen Orbitaboden und mediale Orbitawand eine konvexe Wölbung auf. Diese knöcherne Konvexität wird als ‚posterior medial bulge‘ bezeichnet (Yaremchuk und Manson 1992, van der Meulen und Gruss 1995) und ist verantwortlich für die ‚lazy S-Form‘ des Orbitabodens, wie sie in der Sagittalebene in der Computertomographie oder am anatomischen Präparat zur Darstellung (Abbildung 7) kommt. Der posterior medial bulge bildet eine Art knöchernes Widerlager, das für die sagittale und vertikale Position des bulbus oculi bestimmend ist (Abbildung 8) (van der Meulen und Gruss 1995).

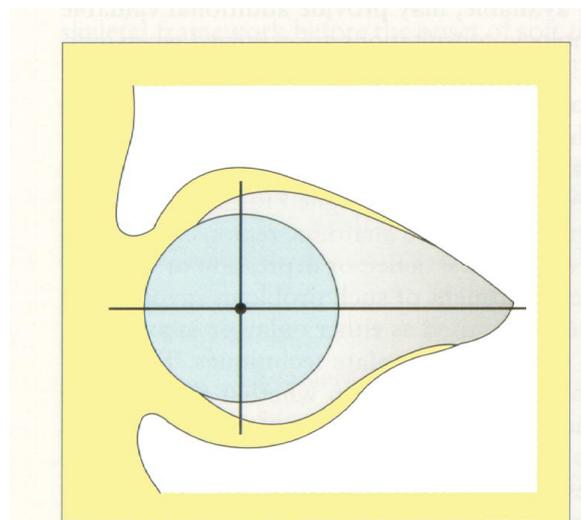


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Bulbus oculi Position im Sagittal Schnitt der Orbita. Die Konvexität im posterioren medialen Drittel liefert den Support für den Bulbus (Abbildung aus van der Meulen und Gruss 1995).

Anders formuliert: der ‚posterior medial bulge‘ liefert den Support für die physiologischen Bulbusposition. Geht die knöcherne Konvexität traumatisch verloren (Abbildung 9) und wird nicht anatomisch rekonstruiert, dann resultiert eine Veränderung der Bulbusposition (Yaremchuk und Manson 1992, van der Meulen und Gruss 1995) und zwar in Form eine Enophthalmus oder Hypoglobus.

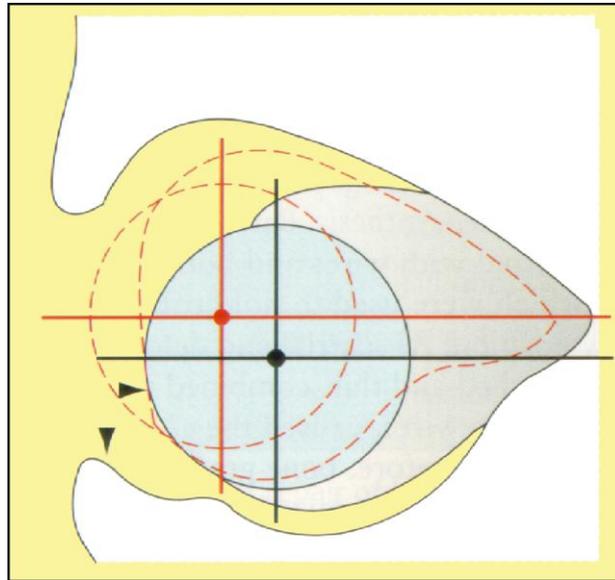


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Bulbus oculi Position in physiologischer und in traumabedingter Fehlposition im Sagittalschnitt der Orbita. Die physiologische Situation mit intaktem Support des Bulbus ist durch gestrichelte rote Linien bzw. ein Fadenkreuz dargestellt. Nach traumatischem Verlust des ‚posterior medial bulge‘ kommt es zu einer Volumenvergrößerung der knöchernen Kavität (schwarze Linien). Die orbitalen Weichgewebe einschließlich des Bulbus folgen der Schwerkraft und sinken nach dorsal und kaudal. Folglich kommt es zum Enophthalmus und Bulbustiefstand (Abbildung aus van der Meulen und Gruss 1995)

Weil der posterior medial bulge außerordentliche Wichtigkeit für die Rekonstruktion der Orbita besitzt wird er auch als ‚key area‘ bezeichnet (Hammer 1995). Die Abbildung 10 und 11 zeigen den posterior medial bulge nochmals am anatomischen Präparat.



Abbildung 10: Plastiniertes anatomisches Präparat mit Darstellung der knöchernen Konvexität in der Midorbita – von der Kieferhöhle gesehen. Der ‚posterior medial bulge‘ befindet sich im Übergang von Orbitaboden und der unteren Partie der medialen Orbitawand (Präparat: Anatomisches Institut der LMU München)

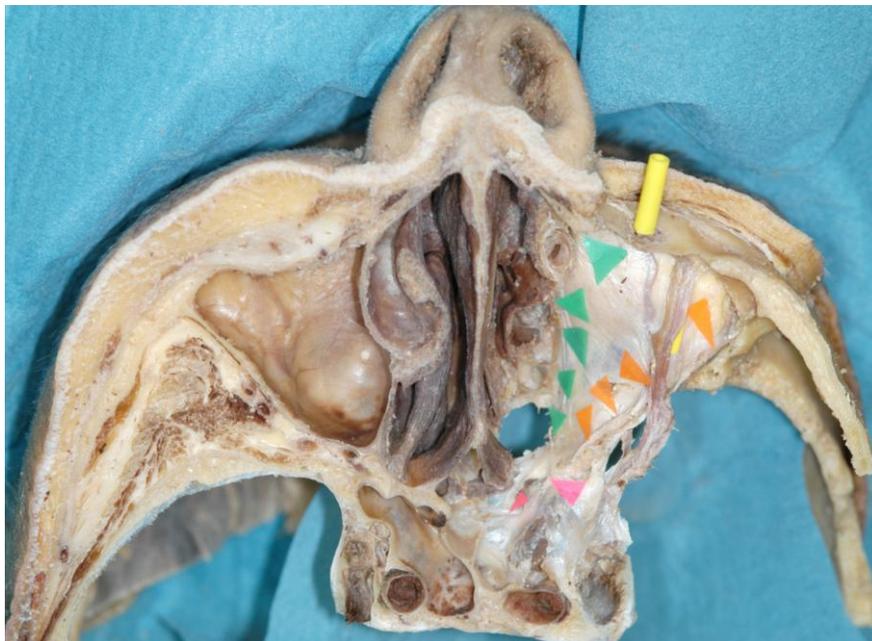


Abbildung 11: Posterior medial bulge am anatomischen Präparat von kaudal. Der knöcherne Orbitaboden bzw. das Kieferhöhlendach links ist abgetragen. Die grünen Markierungsdreiecke zeigen den Übergang zur Medialen Orbitawand auf. Die Konvexität ist infolge der Formalinfixierung der Weichgewebe erhalten (Präparat: Sammlung Cornelius)

## 1.2 Die Klassifikation von Verletzungen der knöchernen Orbita

Während der nasomaxilläre und dentoalveoläre Komplex des Mittelgesichts keinen Anteil an der Orbita haben, bilden der zygomatico-orbitale Komplex, der naso-orbito-ethmoidale Komplex und die Supraorbitale Region die äußere Zirkumferenz der knöchernen Orbita (Austermann 2002). Gesonderte Klassifikationen sind für die Frakturen der internen Orbita (Austermann 2002) und für Frakturen des Orbitadachs entwickelt worden (Antonyshyn et al. 1989b, Messinger et al. 1989, Yaremchuk und Manson 1992).

Die Frakturen im Bereich des zygomatico-orbitalen Komplexes sind gleichbedeutend mit den Varianten von Jochbein Frakturen. Mit Ausnahme der isolierten Jochbogenfraktur ist die laterale Orbitawand immer und die inferiore Orbitawand beziehungsweise der Orbitaboden meist mehr oder weniger ausgedehnt beteiligt, weil sich der Verlauf der Frakturlinie in aller Regel nicht an die knöchernen Suturen zwischen Infraorbitalrand und fissura orbitalis inferior hält (Hammer 1995). Für Jochbeinfrakturen sind verschiedene Klassifikationen vorgeschlagen worden (Knight und North 1961, Larsen und Thomsen 1978, Jackson 1989, Zingg et al. 1992). Mehrheitlich werden dabei folgende Grundmuster beschrieben:

- Segmentale Frakturen der vom Jochbein gebildeten Orbitaländer, z.B. Fraktur des Infraorbitalrands oder des lateralen Augenhöhlenrands.
- Nicht dislozierte oder minimal dislozierte En-Bloc-Frakturen des Jochbeins mit Frakturlinien entlang der anatomischen Grenzen bzw. Suturen.
- Dislozierte Frakturen des Jochbeinkörpers, gewöhnlich mit einer Multifragmentierung im Bereich der Fortsätze, z. B. am Infraorbitalrand und/oder an der crista zygomatico-alveolaris.
- Multi-Fragment-Frakturen bzw. Trümmerfrakturen des Jochbeins einschließlich der Mehrzahl der Fortsätze.

Die Frakturen im Bereich des Naso-orbito-ethmoidalen Komplexes werden entsprechend als Naso-orbito-ethmoidale Frakturen oder abgekürzt als NOE-Frakturen bezeichnet. Die klinische Klassifikation der NOE-Frakturen nach Markowitz orientiert sich am Verletzungsstatus des medialen Lidbandes bzw. des Lidband tragenden, zentralen Fragmentes (Markowitz et al. 1991). Hier sei angefügt, dass mitunter atypische NOE-Frakturen vorkommen, bei denen der Naso-orbito-ethmoidale Komplex ventral der intakten Insertion des medialen Lidbandes frakturiert ist. Diese atypischen NOE-Frakturen sind nach der Einteilung von Markowitz nicht abbildbar.

Eine Klassifikation für die Frakturen der internen Orbita ist erstmals im Jahr 1995 vorgeschlagen worden (Hammer 1995). In der Zeit davor gab es nur die Bezeichnungen Blow-out-

Fraktur. Die Erstbeschreibung einer Fraktur der internen Orbita, also ohne Beteiligung des Orbitarands stammt von Pfeiffer (Pfeiffer 1943). Für die Orbitabodenfraktur mit Verlagerung von knöchernen Fragmenten und orbitaler Weichgewebe in die Kieferhöhle wurde 1957 von Smith und Regan der Begriff Blow-out-Fraktur eingeführt (Smith und Regan 1957) Der gegensätzliche Begriff Blow-in-Fraktur bezeichnet die Verlagerung von knöchernen Fragmenten in die Orbita, und geht zurück auf Dingman und Natvig (Dingman und Natvig 1964) und ist ein ebenfalls gebräuchlicher Ausdruck geworden (Antonyshyn et al. 1989b, Hammer 1995, van der Meulen und Gruss 1995). Die erste Klassifikation der Frakturen der gesamten internen Orbita nimmt diese beiden Begriffe auf und unterteilt systematisch die drei folgenden Gruppen (Hammer 1995):

- lineare Frakturen, die vergleichbar dem Bruch einer Eierschale aus kleinen, einander anhängenden Fragmenten besteht.
- Frakturen mit einem Defekt von weniger als 2 Quadratzentimeter Fläche, bei denen ein oder wenige große Fragmente entweder aus der Orbita heraus oder in die Orbita hinein verlagert sind. In Einklang mit dem hypothetischen Pathomechanismus werden diese Frakturen mit den althergebrachten Begriffen als Blow-out-Fraktur bzw. Blow-in-Fraktur bezeichnet.
- Komplexe Frakturen, die als Folge von Hochgeschwindigkeitstraumata mehrere bis alle vier Orbitawände betreffen und sich bis ins hintere Orbitadrittel erstrecken können.

Die vorgenannte Klassifikation hält sich an die Topographie der Orbita und unterteilt in Anlehnung an Tessier (Tessier et al. 1981) Frakturen der internen Orbita und der Orbitaränder. Ein weitergehender Ansatz stellt die Verletzungen der internen Orbitawände synoptisch dar (Jaquiéry et al. 2007). Es handelt sich um das so genannte „Trifoil-like“ Orbita Schema, bei dem die Orbitawände nach Art eines Kleeblatts in drei Untereinheiten aufgefaltet werden. Eine aufbauend auf diesem Schema benutzte Klassifikation berücksichtigt die Frakturen der lateralen Orbitawand nicht. Begründet wird dies mit der überwiegend monotonen Konfiguration von Frakturen der lateralen Orbitawand, die mit Jochbeinverletzungen assoziiert und vergleichsweise einfach in Kontinuität mit der Knocheneinheit Jochbein zu reponieren sind (Jaquiéry et al. 2007). Des Weiteren werden in dieser Klassifikation Frakturen des Orbitadachs nicht isoliert betrachtet, sondern bei den Frakturen des Orbitabodens und der medialen Orbitawand subsummiert, wo sie als Zeichen der Schwere der Verletzung die Kategorie V bilden. Es wird vernachlässigt, dass Frakturen des Orbitadachs auch isoliert oder zusätzlich zu Frakturen der medialen Wand und des Orbitabodens auftreten können. Da das Orbitadach als Teil der vorderen Schädelbasis zugleich den Boden der vorderen Schädelgrube oder den Boden der Stirnhöhle bildet, werden Frakturen des Orbitadachs zum Teil als Frakturen der Stirnhöhle (Stanley 1989, Gonty et al. 1999) oder als frontobasale Frakturen (Madhusudan et al. 2006) beschrieben.

In der vorliegenden Studie wurde daher aufbauend auf dem synoptischen, „Trifol-like“ Orbita Schema (Jaquiéry et al. 2007) eine Klassifikation für die 4 folgenden anatomischen Areale entwickelt:

- Laterale Orbitawand
- Orbitaboden (inferiore Orbitawand)
- Mediale Orbitawand
- Orbitadach (superiore Orbitawand)

Das Auffalten der Orbitawände für dieses modifizierte Schema erinnert an das Schälen einer Banane, wie unten gezeigt (Abbildung 12 und Abbildung 13). Weitere Einzelheiten finden sich im folgenden Kapitel: Material und Methoden (S. 30 ff).



Abbildung 12: Auffalten der beiden Augenhöhlen in Analogie zu Bananenschalen („Banana Peeling“): Drei-dimensionale Ausgangssituation (Sammlung Cornelius)



Abbildung 13: Zwei Dimensionale Projektion als Grundlage des grafischen Schemas in Kapitel 2, Material und Methoden Abb. 19 (Sammlung Cornelius).

### 1.3 Zeitgemäße Therapiekonzepte bei Verletzungen der internen Orbita

Bei der Behandlung von knöchernen Verletzungen der internen Orbita ist die Reposition und Osteosynthese, wie sie in der allgemein chirurgischen Traumatologie klassisch zur Anwendung kommt, von einer Rekonstruktion der verletzten Knochenwände mit biokompatiblen Materialien zu unterscheiden.

Eine Reposition und Osteosynthese kommt bei den knöchernen Verletzungen der Orbita nur in Frage, wenn Orbitawandanteile in Kontinuität mit Fragmenten vom Orbitarahmen reponiert und entlang des Außenrandes fixiert werden können. Ein typisches Beispiel sind Jochbeinfrakturen mit der *facies orbitalis* als Bestandteil der lateralen Orbitawand.

Im Bereich der übrigen Zirkumferenz der Orbita sind derartige Frakturmuster selten. Die Mehrheit der knöchernen Verletzungen der internen Orbita geht infolge von Dislokationen ins Nasennebenhöhlensystem mit lamellären Defekten einher, die eine Rekonstruktion erfordern. Ziel ist die anatomiegerechte Wiederherstellung der knöchernen Orbitawandungen und des knöchernen Oberflächenreliefs zu einer möglichst exakten Restitution des Oberflächenreliefs und des Originalvolumens der Augenhöhle. Essentiell ist dabei der Wiederaufbau des ‘posterior medial bulge’, der bereits in Kapitel 1.1 genannten Konvexität im Übergang der inferomedialen Orbitawände im mittleren zum hinteren Drittel der orbitalen Kavität.

Die historische Entwicklung der chirurgischen Therapie von Frakturen der internen Orbita ging einher mit einer zunehmenden Verfügbarkeit verschiedener Ersatzmaterialien, mit Hilfe derer sich die knöchernen Konturen und das orbitale Volumen immer genauer restaurieren ließen (Potter und Ellis 2004). Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Anforderungen an Biomaterialien im Allgemeinen und über Anforderungen an resorbierbare Biomaterialien im Besonderen.

Hinsichtlich der resorbierbaren Biomaterialien zeigte sich, dass das Idealziel, die Bildung von Neoknochen von keinem bislang verfügbaren, resorbierbarem Biomaterial erreicht wurde. Nach Abschluss der Wundheilung verblieb funktionell suboptimales, fibröses bzw. Narbengewebe. Dies führte zur Abkehr von resorbierbarem Materialien.

Der wichtigste Aspekt im umfangreichen Katalog der Materialanforderungen eines verwendeten, nicht resorbierbaren Implantats ist seine permanente Inkorporation (Potter und Ellis 2004).

Tabelle 1: Anforderungen an Ersatz- und Biomaterialien zur Rekonstruktion der Orbitawände (Ellis und Messo 2004, Potter und Ellis 2004)

Generelle Anforderungen an Ersatzmaterialien	Besondere Anforderungen an resorbierbare Biomaterialien
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemisch inert</li> <li>- Biokompatibel</li> <li>- Nicht allergen</li> <li>- Nicht karzinogen</li> <li>- Sterilisierbar</li> <li>- einfach zu handhaben (Ausreichende Rigidität, Plastische Verformbarkeit)</li> <li>- in situ fixierbar</li> <li>- radioopaque</li> <li>- kosteneffektiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Resorptionseigenschaften:</u>  Ausreichend lange Resorptionsdauer  Möglichst geringe entzündliche Begleitreaktion</li> <li>- <u>Postresorptives Gewebe</u>  Die Bildung von „Neoknochen“ (Idealziel) erfordert:  Osteogenese  Osteoinduktion  Osteokonduktion</li> </ul>

Bisher gibt es kein biokompatibles Material, das einfach und in allen Situationen gleichermaßen erfolgreich angewendet werden kann (Potter und Ellis 2004). Von den heute zur Verfügung stehenden Materialien erfüllt keins diesen Anforderungskatalog vollständig, einige kommen diesem Ziel aber sehr nahe (Ellis und Messo 2004, Potter und Ellis 2004). Zur Abdeckung großer Defekte sind rigide, nicht resorbierbare Materialien zur Vermeidung einer sekundären Dislokation in das Nasennebenhöhlensystem am besten geeignet (Browning 1967).

Die biokompatiblen Materialien können eingeteilt werden in autogene, allogene, xenogene und alloplastische Materialien (Potter und Ellis 2004). Autogene Transplantate gehörten zu den ersten Materialien, die zur Rekonstruktion der Orbita genutzt wurden und werden nach wie vor verwendet. Autogene Transplantate (Knochen, Knorpel, Faszie) erfordern ein zweites Operationsgebiet zur Entnahme und sind daher zeitaufwendig und mit potentieller Morbidität im Spenderareal behaftet (Antonyshyn et al. 1989a, Hendler et al. 1992, Li 1997, Lai et al. 1998). Nachteil autogenen Knochengewebes ist über dies, dass die Formbarkeit und Volumensstabilität je nach Spenderareal unterschiedlich ausfallen kann (Converse et al. 1967, Ellis und Messo 2004). Typische Spenderareale sind die Schädelkalotte, anteriorer Beckenkamm, Rippe (Ellis und Messo 2004) oder Nasenseptum (Burm et al. 1999).

Allogene Materialien haben grundsätzlich ein höheres Infektionsrisiko. Die früher genutzte lyophilisierte Dura ist aufgrund ihrer hohen Flexibilität nicht zur Rekonstruktion größerer Defekte der Orbita einzusetzen und wurde in einem Fall für die Übertragung der Creutzfeldt-Jacob Erkrankung verantwortlich gemacht (Anonymus 1987). Ein Einsatz von lyophilisierter Dura ist daher nicht mehr zugelassen. Ebenfalls beschrieben sind homologer Knochen (Ellis und Sinn 1993), homologer Knorpel (Chen et al. 1992) und als xenogenes, biokompatibles Material lyophilisierte Dermis vom Schwein (Schuknecht et al. 1996).

Die alloplastischen Materialien werden unterteilt in resorbierbare und nicht resorbierbare Membranen, Folien oder Gitter. Zu den resorbierbaren Membranen und Folien (sheets) zählen Polydioxanon (PDS®, Ethisorb®), Polylactide (PLLA), Kopolymere aus Polylactid und Polyglykosid (Laktosorb®), Polyglactin 910 (Vicryl®), Gelatine (Potter und Ellis 2004) und bioaktives Glas (Kinnunen et al. 2000, Aitasalo et al. 2001). Nachteilig an Polylactiden sind die extrem langsame Resorption und die begleitende Gewebereaktion (Rozema et al. 1990), (Bergsma et al. 1995, Cordewener et al. 1996). Bei Kopolymeren aus Polylactid und Polyglykosid (Laktosorb®) sind die vorgenannten Nachteile geringer ausgeprägt (Enislidis et al. 1997). Polyglactin 910 ist für eine effektive Rekonstruktion der Orbitawände zu weich (Mauriello et al. 1993, Potter und Ellis 2004). Polydioxanon (PDS®, Ethisorb®) ist im Jahr 1991 für kleine Defekte des Orbitabodens empfohlen worden (Iizuka et al. 1991), neuere Studien haben zu einer Reevaluation geführt: hohe Komplikationsraten (Enislidis et al. 1997) und die geringe Dauerhaftigkeit der Rekonstruktion mit sekundär aufgetretenem Enophthalmus (Kontio et al. 2001) be-

dingen, dass in den USA dieses Material für die Rekonstruktion der internen Orbita nicht mehr empfohlen wird (Potter und Ellis 2004). Gelatine kann dem orbitalen Weichgewebe keinen Support geben (Ono et al. 1994) und die mitgeteilten klinischen Fälle mit alleinigem Einsatz von Gelatine haben vermutlich keine Defektüberbrückung benötigt (Potter und Ellis 2004). Bioaktives Glas (AbMin Cranio-plate®) ist ein resorbierbares Material, das zu 53,0 % aus SiO<sub>2</sub>, zu 23,0 % aus Na<sub>2</sub>O, zu 20,0 % aus CaO und zu 4,0 % aus P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> besteht. Langzeitstudien zu diesem Material stehen noch aus (Kinnunen et al. 2000, Aitasalo et al. 2001). Hauptnachteil dieses oder anderer, so genannter Bioglas-Materialien ist, dass sie nicht plastisch und daher nicht konturierbar sind.

Zur Zeit noch als experimentelles Verfahren anzusehen ist die Nutzung des „tissue engineering“ von Knochen, wo so genannte „Scaffolds“, Gerüststrukturen aus resorbierbaren Biomaterialien, implantiert werden. Diese sollen die Knochenmatrix imitieren und das Einwachsen von Gefäßen erlauben (Rücker et al. 2008).

Zu den nicht resorbierbaren alloplastischen Materialien zählen Teflon, Silikone, Hydroxylapatit, High-Density Porous Polyethylene, HDPE (Medpor®), und Titanmesh. Aufgrund der zahlreichen Berichte über spät auftretende Fremdkörperreaktionen bis zu 20 Jahre nach Implantation sind Silikone und Teflon obsolet (Potter und Ellis 2004). Hydroxylapatit ist schlecht formbar und in vivo schwierig zu fixieren, daher wird es extrem selten zur primären Rekonstruktion der Orbitawände benutzt (Ono et al. 1994). High-Density Porous Polyethylene, HDPE (Medpor®) ist erhältlich in Stärken von 0,85 bis 3,0 Millimeter und leicht zu konturieren. Es ist allgemein akzeptiert als alloplastisches Material zur primären Rekonstruktion der Orbita und zur sekundären Korrektur des Enophthalmus (Potter und Ellis 2004).

Die Anwendung von Titangitterplatten zur Rekonstruktion der Orbitawände geht zurück auf Sugar et al. (1992). Titanmesh ist einfach zu formen und zu fixieren, besitzt je nach Dicke eine gute bis sehr gute Rigidität und ist daher in vivo formstabil (Yaremchuk und Manson 1992). Die Gitterstruktur erlaubt eine den Originalkonturen entsprechende Wiederherstellung der orbitalen Wände, einschließlich besonderer Oberflächenmerkmale wie des „posterior medial bulge“ und des Orbitavolumens.

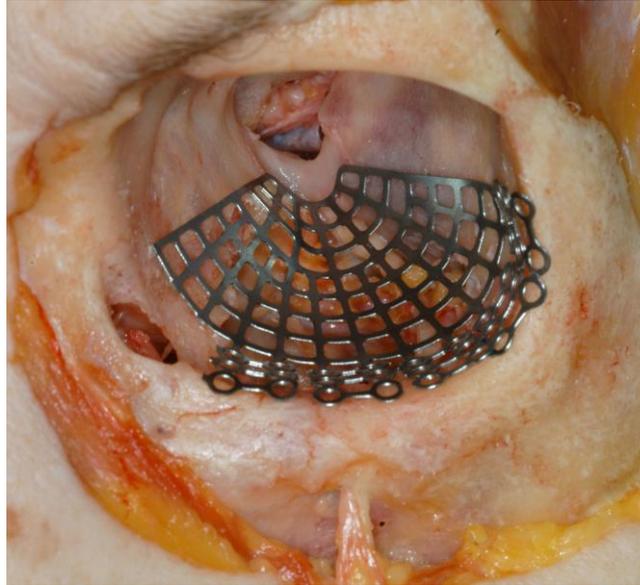


Abbildung 14: Titanmesh in der medio-infero-lateralen Circumferenz des vorderen und mittleren Orbitadrittels. Ein relativ ausgedehnter Defekt in Orbitaboden und der unteren Partie der medialen Orbitawand ist vom Mesh abgedeckt. Die Konturgebung im Bereich der ‚posterior medial bulge‘ ist erkennbar (Anatomisches Präparat Sammlung Cornelius)

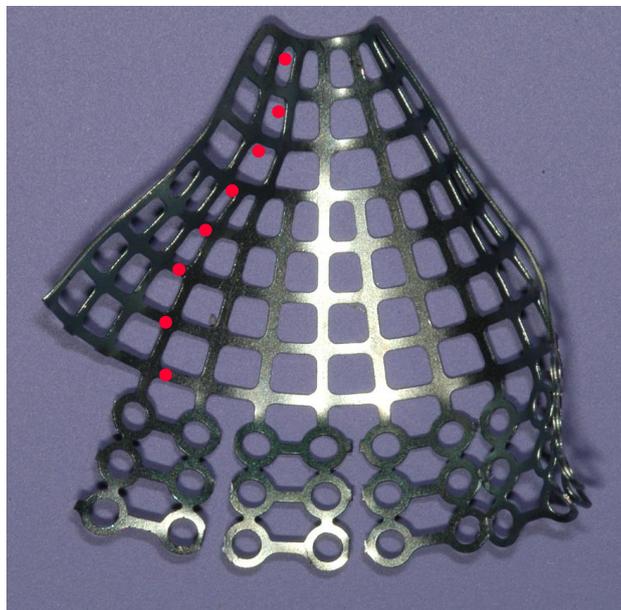


Abbildung 15: Aufsicht auf das Titanmesh aus der Abbildung 14 mit konvexer Konturgebung zur Wiederherstellung der ‚posterior medial bulge‘. Eine der ‚Lazy S‘ Konfiguration entsprechende Silhouette im Sagittalverlauf der Titangitterplatte ist mit roten Punkten gekennzeichnet (Sammlung Cornelius)

Aufgrund der besonderen Materialeigenschaften und der Anwenderfreundlichkeit der Titanmeshes sind zahlreiche Kliniken in jüngster Zeit zu einer Routineanwendung bei primären Orbita-Rekonstruktionen übergegangen. Als nachteilig werden das potentielle Risiko von besonderen Verletzungsvarianten durch das Titanmesh selbst bei erneuter Traumatisierung sowie die Schwierigkeiten bei der gegebenenfalls notwendigen Explantation eines von Narbengewebe umgebenen Titanmeshs genannt (Potter und Ellis 2004), ohne dass dazu bis zum Jahr 2011 Fallberichte vorliegen.

Von besonderem Vorteil ist die Möglichkeit nach Insertion und Fixation eines Titanmeshs ergänzende Konturänderungen, zum Beispiel Nachkonturierungen im Bereich der key area, vorzunehmen (Ellis und Messo 2004).

Eine von Ellis und Tan (2003) publizierte Nachuntersuchungsreihe von 58 Patienten mit alloplastischen Rekonstruktionen von unilateralen einfachen Blowout Frakturen der internen Orbita zielte auf die Qualität der Rekonstruktion (Ellis und Tan 2003).

Neuere Untersuchungen von Jaquiéry et al. (2007) zur alloplastischen Rekonstruktionen der internen Orbita entweder nur mit PDS-Folien, oder nur mit Knochentransplantaten oder nur mit Titangitterplatten oder Kombinationen der drei vorgenannten Materialien stellte die Genauigkeit der Rekonstruktion und die funktionellen Ergebnissen dar in Abhängigkeit von der Frakturlokalisierung und der Defektgröße. Allerdings wurden dabei nur 5 Patienten, entsprechend 7 % von insgesamt 72 Patienten ausschließlich mit Titanmeshes rekonstruiert.

Alloplastische Rekonstruktionen der internen Orbita, zu denen ausschließlich Titanmeshes verwendet wurden, sind bisher nur an zwei kleinen Nachuntersuchungskollektiven von 55 und 43 Patienten durchgeführt worden und haben bestätigt, dass der Einsatz von Titanmeshes komplikationsarm und praxistauglich ist (Mackenzie et al. 1999, Gear et al. 2002).

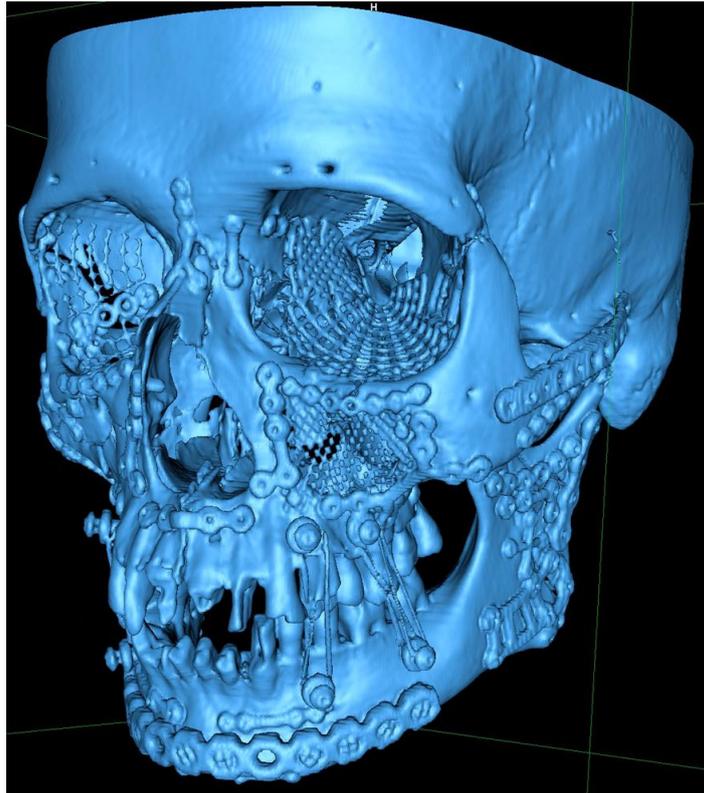


Abbildung 16: 3 D CT nach Rekonstruktion einer ausgedehnten zentrolateralen Mittelgesichtsfraktur. Die interne Orbita links ist im medio-infero-lateralen Bereich des anterioren und mittleren Orbitadrittels mit 2 Titanmeshes aufgebaut (Sammlung Cornelius)

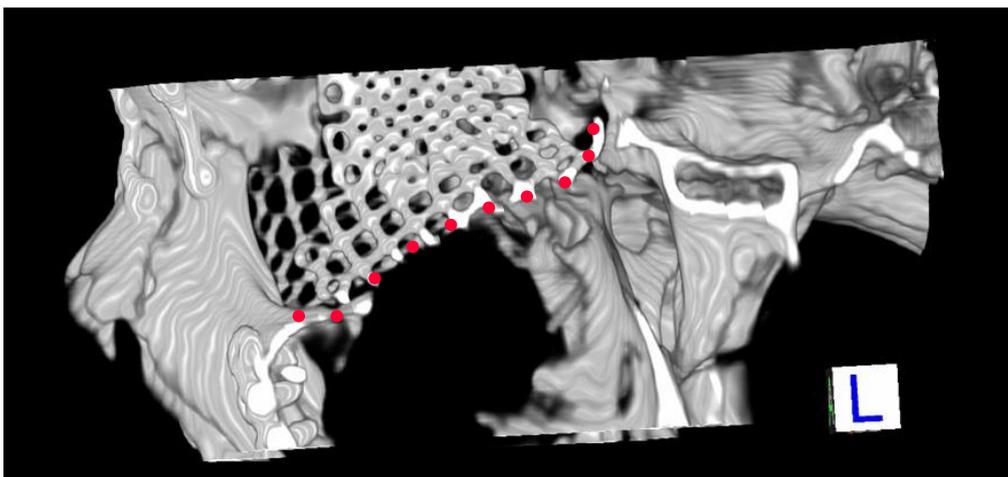


Abbildung 17: Detail aus Abbildung 16 zur Verdeutlichung der wiederhergestellten Kontur im Bereich der ‚posterior medial bulge‘. Die roten Punkte kennzeichnen die ‚Lazy- S Konfiguration‘ in der Sagittalebene (Sammlung Cornelius)

Neuere Entwicklungen gehen dahin, die Titanmeshes zur Reparatur von Orbitatraumen unter Zuhilfenahme von Computer-Navigationsverfahren zu platzieren und nach Spiegelung der Orbitaoberfläche von der nicht verletzten Seite originalgetreu zu konturieren (Gellrich et al. 2002, Schmelzeisen et al. 2004, Zizelmann et al. 2007). Im Rahmen dessen sind auch aufgrund von Durchschnittsdaten errechnete präformierte Titanmeshes zur exakten Konturgebung hergestellt worden (Metzger et al. 2007a). In neueren Veröffentlichungen findet sich der deutsche Begriff Titanmaschenplatten, der das Material weniger zutreffend umschreibt als der Begriff Titangitterplatte, da eine Masche definiert ist als Schlinge aus Garn, Faden, Draht oder Ähnlichem. Es handelt sich aber bei einem Titanmesh eben nicht um einen Maschendrahtzaun aus Titandraht sondern um eine regelmäßig perforierte Platte. Daher ist die Bezeichnung Titangitterplatte zutreffender.

### 1.3.1 Problemstellung der vorliegenden Studie

Gegenstand der hier vorliegenden retrospektiven Studie ist ein Patientenkollektiv mit Verletzungen der knöchernen Orbita, das im Zeitraum zwischen Oktober 2002 und Januar 2007 im Bundeswehrkrankenhaus, Ulm operativ behandelt wurden. Bei diesen Patienten wurde die interne Orbita nach unterschiedlich schweren Verletzungen im Mittelgesichts- und/oder Frontobasisbereich primär mit Titanmeshes rekonstruiert. Die Konturierung der Titangitter erfolgte dabei nach klinischen Gesichtspunkten in Referenz zu erhaltenen anatomischen Landmarken innerhalb der Augenhöhle oder arbiträr. Eine Computer basierte Navigationshilfe stand lediglich in zwei Fällen zur Verfügung.

Dabei geht die vorliegende Studie folgenden Fragestellungen nach:

Wie kann man die unterschiedlichen Verletzungsmuster, die die verschiedenen Orbitawände isoliert oder in Kombination aufweisen können, einfach und klinisch praktikabel klassifizieren und zugleich die Schwere des Traumas erfassen?

Wie kann anhand von radiologischen und klinischen Nachuntersuchungen, deren Ergebnisse in Scores quantifiziert werden, die Qualität der operativen Behandlung überprüft werden?

Gibt es Unterschiede zwischen den Ergebnissen der radiologischen und der klinischen Nachuntersuchungen?

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Patienten**

Ab Oktober 2003 waren spezielle Titanmeshes zur Rekonstruktion von Orbitawanddefekten am Bundeswehrkrankenhaus (BWK) Ulm verfügbar. Für die Aufnahme von Patienten in die vorliegende Studie galten folgende Einschlusskriterien:

- (1) Vorliegen eines traumatisch bedingten Defekts der internen Orbita, d. h. einer oder mehrere Orbitawände
- (2) alloplastische Defektdeckung mit einem oder mehreren Titanmeshes
- (3) Vollendung des 16. Lebensjahres
- (4) operative Therapie im Zeitraum zwischen 10/2003 und 12/2006

Bei Durchsicht der OP-Bücher aus dem genannten Zeitraum ließen sich 52 Patienten identifizieren, bei denen die Einschlusskriterien erfüllt waren. Ein weit größeres Patientenkollektiv mit operativer Therapie von Orbitaverletzungen ohne Anwendung von Titanmeshes wurde nicht ausgewertet.

Aus der Grundgesamtheit von 52 Patienten resultiert ein radiologisches Nachuntersuchungskollektiv aller dieser 52 Patienten. Die Methodik bei Durchführung der radiologischen Nachuntersuchung wird in Kapitel 2.5 beschrieben, die Ergebnisse in Kapitel 3.6 dargestellt.

Im Laufe der ersten Jahreshälfte 2007 stellten sich 41 Patienten zu einer ambulanten Follow-up-Kontrolle in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Ulm vor, das klinische Nachuntersuchungskollektiv umfasste diese 41 Patienten. Die Methodik der klinischen Nachuntersuchung wird in Kapitel 2.6 beschrieben. Die Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung folgen dann in Kapitel 3.7.

Auf der Grundlage der kompletten Krankenakten und, wenn vorliegend, weiterreichender Gutachten, wurden folgende Daten erhoben:

- Geschlecht
- Alter zum Zeitpunkt der ersten Operation
- Ursache des Traumas  
Niedrig-Energie-Verletzung (,low energy impact')  
Hoch-Energie-Verletzung (,high energy impact')
- gesamtes Verletzungsmuster
- beteiligte Orbitawände
- Zeit zwischen Trauma und Operation
- Anzahl und Art der Operationen  
Immediate, primäre, sekundäre Operation  
Computer-assistierte Navigation ja/nein
- operative Zugangswege
- beteiligte, mit Titanmesh rekonstruierte Orbitawände

Die Ursachen des Traumas wurden in folgende 7 Kategorien weiter unterteilt:

Ursachen Klasse 1: Verkehrsunfälle, der Patient ist Insasse eines Kraftfahrzeugs.

Ursachen Klasse 2: Verkehrsunfälle, der Patient ist „Insasse“ eines nicht Kfz  
(z. B. Fahrrad)

Ursachen Klasse 3: Roheitsdelikte / Gewalt

Ursachen Klasse 4: Freizeitunfälle / sportliche Aktivität

Ursachen Klasse 5: Stürze aus normaler Höhe

Ursachen Klasse 6: Stürze aus größerer Höhe

Ursachen Klasse 7: Arbeitsunfälle

Hoch-Energie-Verletzungen entsprechen den Ursachenklassen 1 und 6, während

Niedrig-Energie-Verletzungen den Ursachenklassen 2, 3, 4, 5 und 7 entsprechen.

## 2.2 Präoperative und postoperative Computertomografie

Zum Vergleich der präoperativen mit der postoperativen Situation war es wünschenswert möglichst von allen Patienten des Untersuchungskollektivs sowohl präoperative als auch postoperative Computertomografien durchzusehen. Präoperative Computertomografien lagen für insgesamt 48 Patienten vor.

Bei Patienten, die nicht primär im BWK Ulm vorstellig waren, wurde die präoperative Computertomografie zum Teil bereits anderen Orts durchgeführt. Die Beschaffung dieses Bildmaterials war in 2 Fällen nicht möglich.

Dies lag daran, dass die Bilder den Patienten zur Verwahrung mitgegeben wurden. In einem Fall hat der Patient diese Bilder nicht mehr gefunden, im zweiten Fall konnte der Patient nicht für die klinische Nachuntersuchung rekrutiert werden und ebenfalls nicht dazu bewegt werden, die Bilder zu zusenden.

Bei zwei Patienten mit Kettensägenverletzungen erfolgte die Aufnahme im intubierten und beatmeten Zustand, die Patienten wurden über die Notaufnahme direkt in den OP-Trakt verbracht und immediat, also ohne Vorliegen einer präoperativen Computertomografie, versorgt.

Bei allen 52 Patienten wurden in der radiologischen Abteilung des BWK postoperativ Computertomografien erstellt. Ein PACS wurde Anfang 2004 eingeführt. Die Abkürzung PACS steht für Picture Archiving and Communication System, was ein Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem auf der Basis digitaler Rechner und Netzwerke bezeichnet. Für alle nach Einführung des PACS untersuchten Patienten (n=45) aus dem Gesamt-Kollektiv von 52 Patienten konnten die entsprechenden postoperativen Computertomografien im üblichen DICOM Format auf CD gebrannt werden. Postoperative Computertomografien, die bei Patienten (n=7) vor Installation des PACS Servers durchgeführt wurden, lagen in Form der üblichen Hardcopys auf Röntgenfolie vor und wurden als Bildkopien in das PACS eingescannt.

### **2.3 Klassifikation der Frakturmuster**

Im Gesamtkollektiv (n=52 Patienten) wurde das Verletzungsmuster der externen und internen Orbita anhand der präoperativen CT-Bilder (n=48) klassifiziert, wenn diese fehlten wurde anhand der postoperativen CT-Bilder (n=4) und nach Angaben aus den OP-Berichten darauf zurück geschlossen.

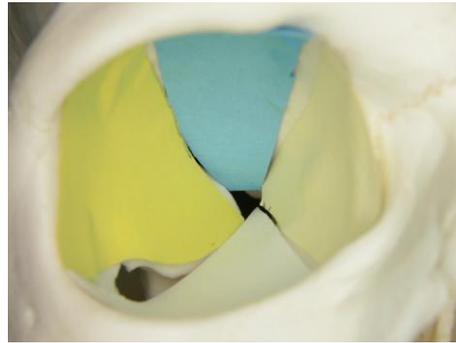
Durch Modifikation des „Tri-foil like Orbita Schemas“ wurde eine Klassifikation mit Differenzierung aller vier Orbita Wandungen entwickelt.

Das Tri-foil Schema entsteht durch Entfaltung der dreidimensionalen internen, orbitalen Knochenstrukturen, bis die laterale Wand der Orbita, das Orbitadach und die mediale Wand der Orbita gemeinsam mit dem Orbitaboden in einer zweidimensionalen Projektion, ähnlich einem drei-blättrigen Kleeblatt, dargestellt werden (Jaquiéry et al. 2007).

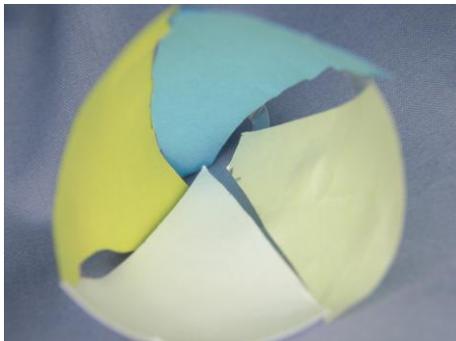
In solchen Schemata ist es allgemein üblich, die Grenzen zwischen dem vorderen, mittleren und hinteren Orbitadrittel mit Kreisen zu kennzeichnen (Jaquiéry et al. 2007). Landmarken für Einteilung in orbitale Drittel sind die Knochendichte bzw. das Aussehen des koronaren Querschnitts (Yaremchuk und Manson 1992).



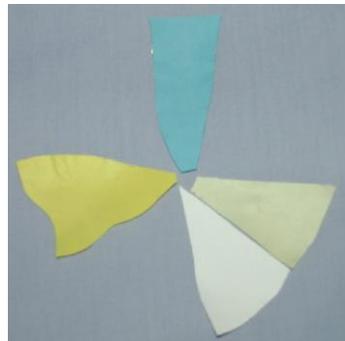
a)



b)



c)



d)

Abbildung 18: Tri-foil Schema (Sammlung Augustin)

- a) Aufsicht auf die Orbita rechts
- b) Separate Farbmarkierung der Orbita-Wände
- c) Orbitawände in Form eines pyramidenförmiger Trichters
- d) Separate Orbitawände nach der Entfaltung in zweidimensionaler Anordnung: es lassen sich 3 bzw. 4 Wandungen (Blätter) unterscheiden. Im ‚Tri-foil‘ Schema werden die infero-medialen Wände zu einer Einheit zusammengefasst und entsprechen zusammen einem drei-blättrigen Kleeblatt

Das Tri-foil Schema wurde dahingehend modifiziert, dass die mediale und inferiore Orbitawand nicht mehr als Einheit, sondern isoliert betrachtet werden, um zu der nachstehenden gleichermaßen einfachen wie praxistauglichen Basis-Einteilung der internen Orbita-Frakturen zu kommen:

- 1-Wand- Fraktur
- 2-Wand- Fraktur
- 3-Wand- Fraktur
- 4-Wand- Fraktur

Die Auffaltung der dreidimensionalen Orbitapyramide gleicht nunmehr einem vier-blättrigen Kleeblatt. Letzteres ist zwar eine Rarität in der Natur und das Auffinden eines solchen Kleeblatts soll mit besonderen Vorhersagen von Glück verbunden sein, dennoch gibt die 4-Wand-Einteilung die tatsächliche Konfiguration des internen Orbitareliefs und seiner Komponenten besser wieder.

Zur Bezeichnung der einzelnen Orbitawände im Kleeblattmuster werden im Weiteren folgende Abkürzungen verwendet:

- „**L**“ (= *lateral wall*) für die laterale Orbitawand
- „**R**“ (= *roof*) für das Orbitadach bzw. superiore Orbitawand
- „**F**“ (= *floor*) für den Orbitaboden bzw. inferiore Orbitawand
- „**M**“ (= *medial wall*) für die mediale Orbitawand

Eine Abbildung im Vierblatt-Muster zeigt Abbildung 19.

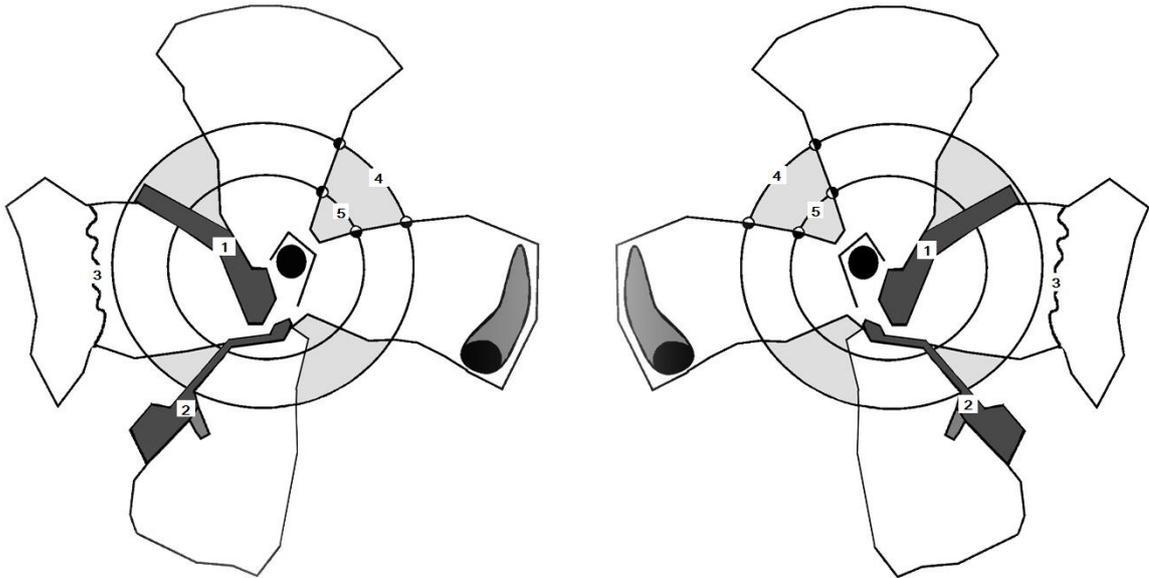


Abbildung 19: Kleeblatt-Schema beider Orbitawände nebeneinander (modifiziertes Tri-foil Schema):

- 1) Fissura orbitalis superior.
- 2) Fissura orbitalis inferior.
- 3) Sutura spheno-zygomatice: liegt in einer planen Knochenebene der lateralen Orbitawand
- 4) Äußerer Kreis durch das foramen ethmoidale anterior entlang des Übergangs vom anterioren zum mittleren Orbitadrittel.
- 5) Innerer Kreis zur Abgrenzung des mittleren vom hinteren Orbitadrittel auf Höhe des foramen ethmoidale posterior.

Das Verletzungsmuster aller 52 Patienten wurde jeweils in ein derartiges Schema übertragen, anschließend klassifiziert und die Flächenausdehnung der Defekte quantifiziert.

In allen koronaren Schichten, in denen sich die Fraktur zeigte, wurde zur Größenbestimmung die Breite der Fraktur in Millimeter anhand von im Viewer (Cerner Vision PersonalDisk, Release 4.1.0; Cerner GmbH Idstein, Deutschland) gezogenen Linien ermittelt und mit der Schichtdicke als Längemaß multipliziert. Die so berechneten Frakturflächen pro Schicht wurden schichtweise von anterior nach posterior bestimmt und zur Gesamtfläche aufaddiert, um

möglichst exakte Werte zu erhalten (Ellis und Tan 2003). Die Gesamt-Frakturfläche innerhalb einer Orbitawand wurde in der Einheit Quadratzentimeter dokumentiert und diente als Kriterium zur Typeneinteilung (an der R, F oder M Wand) nach dem Schweregrad (Jaquiéry et al. 2007):

- Typ I: Frakturfläche in einer Orbitawand  $\leq 2 \text{ cm}^2$
- Typ II: Frakturfläche in einer Orbitawand  $> 2 \text{ cm}^2$

Bei der Dislokation der Fragmente einer Orbitawand wurden 3 Varianten unterschieden:

Dislokations-Grad 1: nicht oder gering disloziert	(Dislokation $< 2 \text{ mm}$ )
Dislokations-Grad 2: mäßig disloziert	( $2 \text{ mm} < \text{Dislokation} < 8 \text{ mm}$ )
Dislokations-Grad 3: stark disloziert	(Dislokation $> 8 \text{ mm}$ )

Die Dislokationsrichtung kann im Sinne eines Blow-out oder eines Blow-in erfolgen. Aufgrund der vernachlässigbar seltenen Blow-In-Frakturen wurden diese wie im Folgenden beschrieben mit einem Zusatz gekennzeichnet.

### **2.3.1 Klassifikation von Frakturen der lateralen Orbitawand**

Im Tri-foil Schema und in der hier verwendeten Modifikation können die Frakturen der lateralen Orbitawand in Relation zur Sutura speno-zygomata dargestellt werden. Diese Nahtstelle liegt in einer planen Ebene innerhalb des dünnwandigsten Teils des Knochenareals zwischen großem Keilbeinflügel und der facies orbitalis des Jochbeins. Der Suturenbereich ist der Prädislokationsort für den dorsalen Frakturlinienverlauf bei Jochbeinfrakturen und erlaubt intraoperativ eine einfache und verlässliche Kontrolle des Repositionsergebnisses.

Da Frakturen der lateralen Orbitawand nahezu ausnahmslos im Zusammenhang oder als Folge von Jochbeinfrakturen entstehen, ist unabhängig von mehreren ausführlichen Klassifikationen für Jochbeinfrakturen (Knight und North 1961, Larsen und Thomsen 1978, Jackson 1989, Zingg et al. 1992) bis zum jetzigen Zeitpunkt keine eigenständige Einteilung publiziert worden.

Anders als bei den Frakturen der übrigen Orbitawände entstehen selbst bei Multifragmentierung und Dislokation der lateralen Orbitawand in aller Regel keine Defektsituationen durch Absinken oder Dislokation der Fragmente in das pneumatisierte Nasennebenhöhlen System oder die vordere Schädelgrube, so dass sich nur selten die Notwendigkeit zur Überbrückung mit autologen oder alloplastischem Material ergibt.

Vielmehr lässt sich die laterale Orbitawand meist durch die Reposition des Jochbeins einschließlich der Facies orbitalis – ggf. zusätzlich einzelner Wandbestandteile- wiederherstellen.

Weil sich der Frakturlinienverlauf innerhalb der lateralen Orbitawand im Grundmuster stereotyp an der Fissura orbitalis inferior, der Sutura speno-zygomatice und der Sutura zygomatico-frontalis orientiert und die effektive Defektgröße wesentlich von der Rotationsstellung des Jochbeins um die Vertikalachse abhängt, wird von einer Quantifizierung der Frakturfläche abgesehen. Die Typ-Einteilung der Frakturen an der lateralen Orbitawand richtet sich stattdessen nach den Auswirkungen auf das Orbitavolumen.

Dabei ist von vornherein klar, dass alle Orbitawände eine Rolle für das Orbitavolumen spielen und bei Betrachtung im Gesamtzusammenhang von Seiten der lateralen Orbitawand nur die folgenden drei Haupt-Varianten relevant werden können:

- Position ohne Einfluss auf das Orbitavolumen
- Dislokationen, die zu einer Volumenzunahme beitragen
- Dislokationen, die zu einer Volumenreduktion beitragen

Dementsprechend gliedert sich die Fraktur-Einteilung der lateralen Orbitawand in:

- Typ L1 : kein Beitrag zur Veränderung des Orbitavolumens:

z. B. im Zusammenhang mit nicht oder wenig dislozierten Jochbeinfrakturen, fissuralen Frakturlinien oder als Rarität isolierten, wenig dislozierten lamellären Frakturen.

- Typ L2 : Dislokation mit Vergrößerung des Orbitavolumens:

z. B. infolge einer Dislokation des Jochbeins und/oder von Zusatz- bzw. Einzelfragmenten.

- Typ L2–Vol: Dislokation mit Abnahme des Orbitavolumens:

Obwohl in der Literatur auch die Blow-In-Fraktur beschrieben ist, genießt die Fraktur der lateralen Orbitawand mit Reduktion des Orbitavolumen aufgrund ihres seltenen Auftretens eine Sonderstellung. Um die Information über das gelegentliche Auftreten einer solchen Fraktur in die hier vorgestellte Fraktureinteilung zu integrieren, wird der Zusatz „-vol“ genutzt.

### 2.3.2 Klassifikation von Frakturen des Orbitadachs

Zur Charakterisierung des Schweregrads von Orbitadachfrakturen fand die bereits oben genannte Typen- Einteilung (2.3) Verwendung. Im Einzelnen sind dies:

- Typ R1: Defekt  $\leq 2 \text{ cm}^2$  Fläche im Bereich des Stirnhöhlenbodens, wobei das Orbitadach im Bereich der vorderen Schädelgrube nicht mit einbezogen ist.
- Typ R2: Defekt  $> 2 \text{ cm}^2$  Fläche im Bereich des Stirnhöhlenbodens und/oder im Bereich der vorderen Schädelgrube

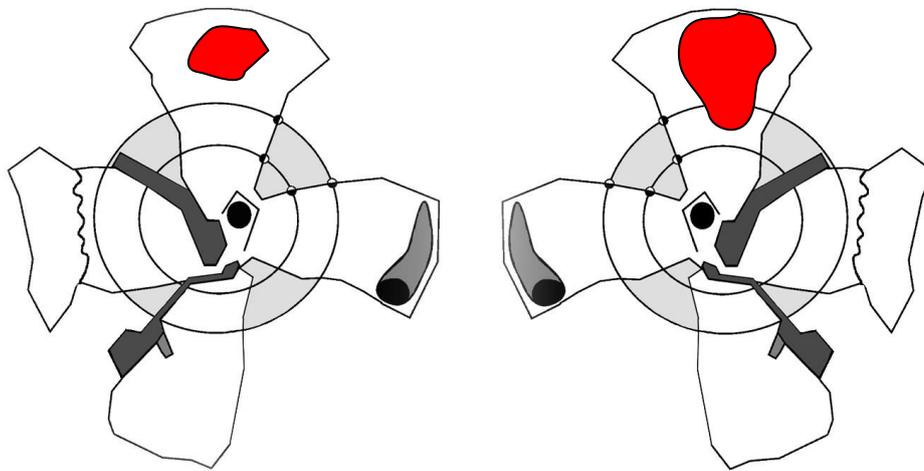


Abbildung 20: Illustration zur Klassifikation von Frakturen des Orbitadachs

Beispiel Orbita rechts: Typ R 1 Fraktur

Beispiel Orbita links: Typ R 2 Fraktur

Wie in Kapitel 1 ausgeführt, können Frakturen des Orbitadachs gemeinsam auftreten mit Frakturen der Stirnhöhlenhinterwand und/oder frontobasalen Frakturen. Bei diesen ist aus klinischer Sicht die mögliche Eröffnung der Schädelhöhle mit Liquorrhoe relevant, weil eine operative Versorgung indiziert ist. Daher wurde über den Verletzungstyp R1 oder R2 hinaus auch aufgezeichnet, ob eine Liquorrhoe vorlag.

### 2.3.3 Klassifikation von Frakturen der inferioren Orbitawand (Orbitaboden)

Auch für die Frakturen des Orbitabodens gelten die eingangs genannten Einteilungs-Kriterien zur Beurteilung des Schweregrads. Die Topographie der Fraktur geht zusätzlich ein, so dass insgesamt drei F-Frakturtypen unterschieden werden:

- Typ F1: Defekt  $\leq 2 \text{ cm}^2$  Fläche. Ein Knochengrat am medialen Rand bzw. die mediale Knochenbegrenzung der fissura orbitalis inferior ist erhalten
- Typ F2: Defekt  $> 2 \text{ cm}^2$  Fläche innerhalb des vorderen und mittleren Orbitadrittels. Ein Knochengrat am medialen Rand bzw. die mediale Knochenbegrenzung der fissura orbitalis inferior ist erhalten.
- Typ F3: Defekt  $> 2 \text{ cm}^2$  Fläche. Der Defekt reicht in die fissura orbitalis inferior, so dass die Fossa infraorbitalis in die Fragmentation mit einbezogen ist.

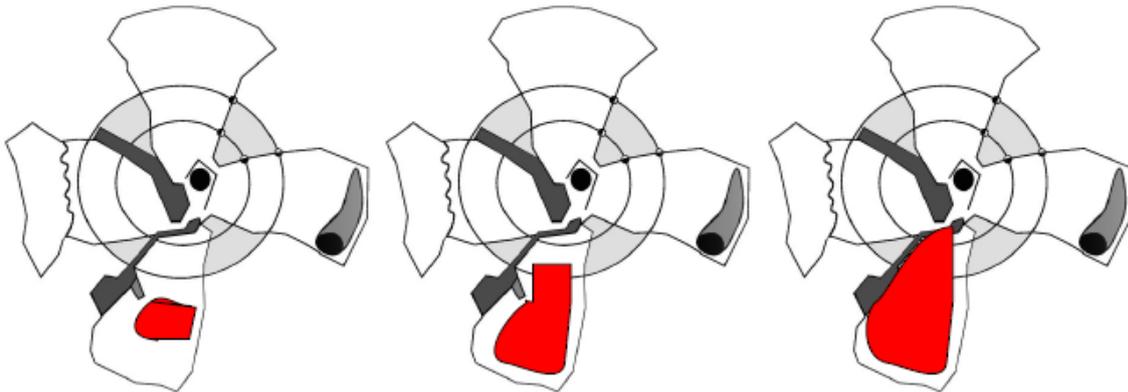


Abbildung 21: Typeneinteilung der Orbitabodenfrakturen in schematischer Gegenüberstellung (jeweils Orbita rechts). Bild links: Typ F1 Fraktur, Bild Mitte: Typ F2 Fraktur, Bild rechts: Typ F3 Fraktur. Die in Typ F1 und Typ F2 Frakturen intakte Medialbegrenzung der Fissura orbitalis inferior kann bei der operativen Versorgung als Auflage für defektüberbrückende Materialien dienen. Bei einer Typ F3 Frakturen wird eine Obliteration der Fissura orbita inferior notwendig, um die Originalhöhe im Bereich des lateralen Orbitabodens wiederherzustellen

### 2.3.4 Klassifikation von Frakturen der medialen Orbitawand

Korrespondierend zu Orbitadach und Orbitaboden wurden die Frakturen im Bereich der medialen Orbitawand nach der Defektgröße in zwei Schweregrade eingeteilt:

- Typ M1: Defekt  $\leq 2 \text{ cm}^2$
- Typ M2: Defekt  $> 2 \text{ cm}^2$

Die topographische Lokalisation in Bezug zum vorderen oder mittleren und hinteren Orbitadrittel, also z. B. zum Tränenangskanal oder zum posterior medial bulge und zum Optikuskanal wurde nicht besonders berücksichtigt, ergibt sich bei Typ M2 Frakturen aber mit zunehmender Größe eines Defekts.

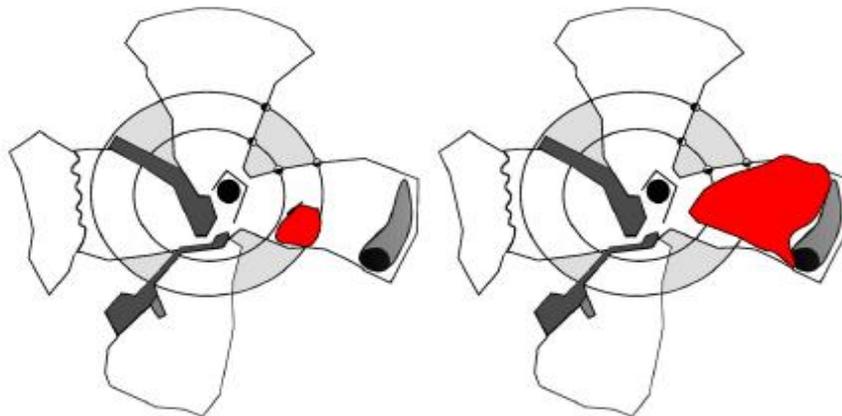


Abbildung 22: Schema mit Typen-Einteilung von Frakturen der medialen Orbitawand,

Es ist in beiden Bildern jeweils das Schema für die rechte Orbita dargestellt.

Bild links: Typ M1 Fraktur im mittleren Orbitadrittel.

Bild rechts: Typ M 2 Fraktur im vorderen, mittleren Orbitadrittel und geringer Extension in das hintere Orbitadrittel. Das Frakturareal umfasst die Crista bzw. den Canalis nasolacrimalis

Unter dem Aspekt einer chirurgischen Behandlung ist neben der Größe des Knochendefekts in der medialen Orbitawand auch die Integrität des medialen Lidbandes von Interesse.

Das Verletzungsmuster der knöchernen Lidbandinsertion wurde daher als Zusatzinformation dokumentiert.

Zur Einteilung von Lidband Verletzungen im Rahmen von Naso-orbito-ethmoidal (NOE) Frakturen wurde die therapierelevante Klassifikation nach Markowitz verwendet (Markowitz et al. 1991).

Danach werden drei Frakturtypen unterschieden, die uni- oder bilateral und in jeweils unterschiedlichen Kombinationen auftreten können.

- NOE-Fraktur Markowitz Typ I:

Das Lidband ist intakt und inseriert an einem groß dimensionierten, ausgedehnten zentralen Fragment. Eine Platten-Osteosynthese des Lidband-tragenden Fragmentes ist vergleichsweise einfach möglich, um einen Telecanthus zu vermeiden.

- NOE-Fraktur Markowitz Typ II:

Die Lidband tragenden, Knochenstrukturen sind außerhalb des ligamentären Insertionsbereichs getrümmert. Infolgedessen ist das Lidband selbst intakt geblieben, inseriert aber nur noch an einem sehr kleinen zentralen Fragment, so dass eine Platten-Osteosynthese nicht mehr in Frage kommt. Zur Vermeidung eines Telecanthus wird das zentrale Fragment über Drahtcerclagen reponiert und auf diese Weise eine indirekte Canthopexie durchgeführt.

- NOE-Fraktur Markowitz Typ III:

Der Insertionsbereich des Lidbands ist vom Knochen ausgerissen oder das anhaftende Knochenfragment so klein, dass das Lidband nur noch über eine Verankerung der Weichgewebestrukturen gefasst und eine direkte Canthopexie (ggf. unter Verwendung einer Osteosyntheseplatte als Insertionspunkt) refixiert werden kann.

## **2.4 Orbital Trauma Score (OTS)**

Für jede der 4 Wände der Orbita liegt nun eine Klassifikation vor, die einer Verletzung mit zunehmenden Schweregrad eine höhere Stufe bzw. einen höheren Typ zuordnet.

Der Fraktur Typ an einer Orbitawand lässt sich direkt in steigende Zahlen- bzw. Punktwerte übersetzen. Eine unverletzte Orbitawand erhält den Wert 0.

Die Höhe eines Punktwertes bzw. die Summe aus den Punktwerten von mehreren Orbitawänden ergibt dann den ‚Orbital Trauma Score‘ (Tabelle 2), der als Maßstab für den Schweregrad einer Verletzung der internen Orbita angesehen werden kann.

Tabelle 2: Klassifikation der Orbitafrakturen mit Typen- Einteilung zur Erfassung des Schweregrads als Basis für einen ‚Orbital Trauma Score‘

Schweregrad	Laterale Wand <i>Lateral wall</i> „L“	Orbitadach <i>Orbital roof</i> „R“	Orbitaboden <i>Orbital floor</i> „F“	Mediale Wand <i>Medial wall</i> „M“
Typ I	L1	R1	F1	M1
Typ II	L2	R2	F2	M2
Typ III	-	-	F3	-

So kann einerseits ein Verletzungsmuster der internen Orbita ziemlich exakt beschrieben werden. Zum Beispiel eine 4-Wandfraktur der internen Orbita mit der Formel 4W: L1-F3-M1-R1.

Andererseits lässt sich die Gesamtschwere der Verletzung durch den Trauma Score zum Ausdruck bringen. Für das vorstehende Beispiel einer 4-Wandfraktur ergibt sich ein Summationswert bzw. ‚Orbital Trauma score‘ von:

$$L1 + F3 + M1 + R1 = 1 + 3 + 1 + 1 = 6.$$

Der ‚Orbital Trauma Score‘ oder kurs ‚OTS‘ kann im Extremfall ein Maximum von 9 annehmen, bei einer 4-Wand-Fraktur Werte zwischen 4 und 9.

Zur Bewertung einer Verletzung der internen Orbita als leicht, mittelmäßig und schwer können nun jeweils die entsprechenden OTS-Werte von 1 bis 3 für leichte Verletzungen, OTS-Werte von 4 bis 6 als mittelmäßige und OTS-Werte von 7 bis 9 als schwere Verletzungen der internen Orbita herangezogen werden.

## 2.5 Auswertung der postoperativen Computertomografien

Eine radiologische Auswertung der Ergebnisse nach Rekonstruktion der internen Orbita mit Titanmeshes erfolgte anhand der postoperativ angefertigten Computertomografien. Soweit eine CT-Kontrolle unmittelbar postoperativ bis wenige Tage nach der Operation während des stationären Aufenthaltes erfolgte, wurden diese Computertomografien verwendet, ansonsten wurden im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung späte Kontrollcomputertomografien angefertigt. Bei unilateralen, auf eine Gesichtshälfte beschränkten Orbita-Verletzungen wurde die Geometrie der kontralateralen, unverletzten Orbita als Referenz zur Beurteilung der wiederhergestellten Orbitawandungen benutzt. Die koronaren Schichten wurden zunächst mit dem Viewer (Cerner Vision PersonalDisk, Release 4.1.0) daraufhin überprüft, ob die Lagerung des Patienten während der CT-Untersuchung ohne Rotationen in der horizontalen oder sagittalen Körperachse stattgefunden hatte, was die vergleichende Beurteilung der koronaren Schichten beeinträchtigen oder unmöglich machen kann. Bei drei Patienten wurden derartige Rotationsfehler festgestellt. Durch Einspielen der DICOM Daten und erneute Rekonstruktion mit dem open source Programm OsiriX Imaging Software, Version 3.6.1 (<http://www.osirix-viewer.com/>) war eine Rekonstruktion von adäquaten koronaren Schichten möglich.

Zur Bewertung der Güte einer Orbitarekonstruktion wäre der Vergleich der Form und der Größe der Orbitavolumina von verletzter und unverletzter Seite ideal und wünschenswert, ist allerdings bedingt durch den sehr hohen Aufwand unpraktikabel (Ellis und Tan 2003). Daher wurden aus der postoperativen CT-Serie jedes Patienten von konsekutiv aufeinander folgenden Leveln drei repräsentative Schichten ausgewählt: vom Vorderrand des Titangitters, aus der Mitte des Titangitters und vom Hinterrand des Titangitters, die im folgenden als anteriore, mediosagittale bzw. ‚Midorbita‘ und posteriore Schicht oder Ebene bezeichnet werden.

Diese drei Schichten wurden über die Exportfunktion des Viewers (Cerner Vision PersonalDisk, Release 4.1.0) in Bilddateien im Dateiformat jpg umgewandelt und anschließend in das Programm Adobe® Photoshop® Elements 6, Adobe Systems Incorporated, San Jose, USA, importiert. Unabhängig von der Bildgröße (die Pixelsumme der jpg-Datei konnte in Abhängigkeit von den Parametern der CT-Untersuchung stark variieren) wurden alle vorliegenden Bilder für die Analyse auf 200 % vergrößert. Die Qualität der Rekonstruktion der Orbitawandungen mit Titanmeshs wurde in diesen Querschnittsebenen anhand von 3 Parametern beurteilt. Ergänzend wurde ein Analyseverfahren aus einem Bildbearbeitungsprogramm verwendet, das in die Qualitätsbewertung und damit in den Radiologischen Outcome-Score einging:

- Symmetrievergleich nach Spiegelung des Orbitaquerschnitts der rekonstruierten Seite und Überlagerung mit dem Orbitaquerschnitt der gesunden Seite in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (siehe Kapitel 2.5.1.1)

Darüber hinaus wurde ein weiteres, quantitatives Analyseverfahren des Bildbearbeitungsprogramms verwendet, um die Flächendifferenz der Orbitaquerschnitte in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (siehe Kapitel 2.5.2) anhand der Differenzen der Pixelsummen von der verletzten und rekonstruierten Seite einerseits und der unverletzten Gegenseite andererseits zu bestimmen.

### **2.5.1 Bewertung der Qualität der Rekonstruktion in koronaren Ebenen – Radiologischer Kongruenz-Score (RKS)**

Für jeden Patienten wurde jeweils an der ausgewählten anterioren, mediasagittalen und posterioren Schicht anhand von vier Parametern beurteilt, ob die Qualität der Orbitarekonstruktion mit Titanmeshes in dieser Schicht als ideal, zufriedenstellend oder unbefriedigend einzuschätzen war (Ellis und Tan 2003). Diese Parameter waren:

- Position des Titanmesh
- Konturierung des Titanmeshs im Bereich des überbrückten Defekts
- Adaptation des Titanmeshs im Bereich fester, knöcherner Auflagen
- Grafische Auswertung der Symmetrie der Orbitaquerschnitte ( Ergänzende Bewertung nur bei unilateralen Orbitaverletzungen siehe 2.5.1.1 )

Daraus resultiert für die Qualität der Rekonstruktion der Orbitawände mit Titanmeshes folgende Bewertung (Tabelle 3):

Tabelle 3: Bewertung der Qualität der Rekonstruktion an Orbitaquerschnitten in drei koronaren Ebenen

<b>Punktwert pro CT-Schicht</b>	<b>Qualitätsgrad</b>	<b>Ausgangszustand des Orbitaquerschnitts</b>	<b>Position des Titangitters</b>	<b>Konturierung des Titangitters</b>	<b>Adaptation des Titangitters</b>
2	<b>ideal</b>	wiederhergestellt	korrekt	korrekt	korrekt
1	<b>Zufriedenstellend</b>	wiederhergestellt	korrekt	korrekt	Inkorrekt
				inkorrekt	korrekt
0	<b>unbefriedigend</b>	Nicht wiederhergestellt	inkorrekt	inkorrekt	Inkorrekt

Anmerkung: Weitere theoretisch mögliche Kombinationen, wie zum Beispiel die inkorrekte Position des Titangitters bei korrekter Konturierung und Adaptation oder die korrekte Position des Titangitters bei inkorrekt er Konturierung und Adaptation sind im untersuchten Kollektiv nicht vorgekommen.

Für eine **ideale** Rekonstruktion einer oder mehrerer Orbitawände (Beispiel Abbildung 23) mussten folgende Anforderungen erfüllt sein:

- Wiederherstellung des Orbitaquerschnitts wie vor der Verletzung (prätraumatischer Zustand).
- korrekte Position des implantierten Titanmeshs mit kompletter Abdeckung des Orbitawanddefekts
- korrekte Oberflächenkonturierung des Titanmeshs über dem Defektbereich (bei unilateralen Verletzungen im Vergleich zur Gegenseite)
- exakte Adaptation auf der festen knöchernen Auflagen in der Zirkumferenz des Defekts ohne Extension in den Bereich der Nasennebenhöhlen (Ellis und Tan 2003).

Einer idealen Rekonstruktion wurde ein Punktwert von „2“ zugewiesen (Jaquiéry et al. 2007).

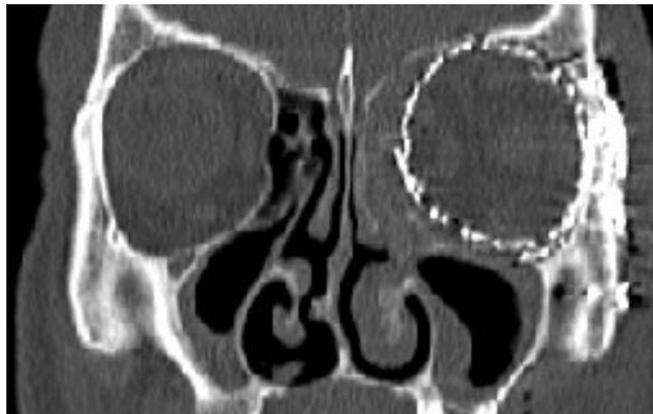


Abbildung 23: Beispiel für eine ideale Wiederherstellung (des Orbitaquerschnitts) bei einer Orbita 4-Wand Fraktur in einer koronaren CT-Schicht aus dem anterioren Rekonstruktionsbereich (Pat. Nr. 52)

Für eine **zufriedenstellende** Rekonstruktion galten nachstehende Kriterien:

- (insgesamt noch) korrekt rekonstruierter prätraumatischer Orbitaquerschnitt, bei:
- korrekt positioniertem Titanmesh
- korrekte Oberflächenkonturierung des Titanmeshs über dem Defekt
- Ungenauigkeiten bei der Adaptation (Titangitter ragt z.B. in Nasennebenhöhlensystem) [vgl. Beispiel Abbildung 24].

oder:

- Abweichungen der Oberflächenkonturierung des Titanmeshs im Defektbereich bei korrekter Adaptation des Gitters auf den knöchernen Auflagen rund um den Defekt (Ellis und Tan 2003).

Eine zufriedenstellende Rekonstruktion erhielt einen Punktwert von „1“ (Jaquiéry et al. 2007).

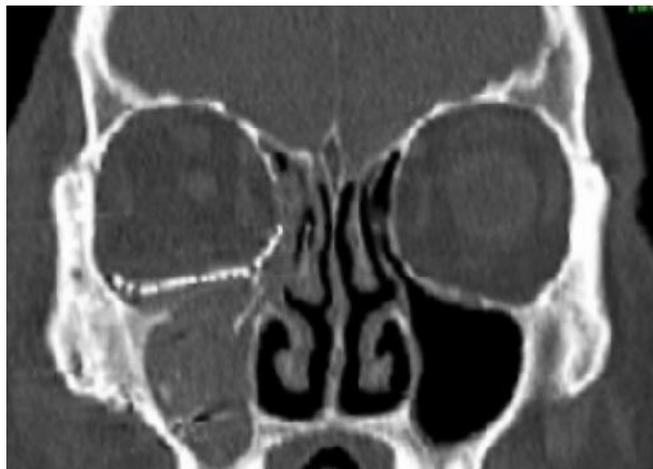


Abbildung 24: Beispiel für einen zufriedenstellend wiederhergestellten Orbitaquerschnitt bei einer 2-Wand Fraktur in einer koronaren CT-Schicht aus dem anterioren Rekonstruktionsbereich (Pat. Nr. 50).

Im Bereich des lateralen Orbitabodens ist das Titanmesh nicht exakt auf der knöchernen Unterlage adaptiert. Dies resultiert möglicherweise daraus, dass die weiter dorsal gelegene Fissura orbitalis inferior durch Abdeckung mit dem Titanmesh obliteriert wurde und das Gitter nach anterior nicht ausreichend an das dort konkave Areal im vorderen Orbitaboden angepasst wurde. Der Orbitaquerschnitt zeigt dennoch weitgehende Kongruenz mit dem kontralateralen ‚Spiegelbild‘

Eine Wiederherstellung einer oder mehrerer Orbitawände wurde als **unbefriedigend** beurteilt, wenn (Beispiel Abbildung 25) eine deutliche Vergrößerung oder Verkleinerung des Orbitaquerschnitts vorlag, infolge von:

- Fehlpositionierung des Titanmesh
- Unter- oder Überkonturierung der Gitterstruktur über dem Defektbereich
- unzureichender Adaptation des Titangitters auf den knöchernen Auflagen in der Defektumgebung (z. B. abstehende, in das Nasennebenhöhlensystem oder die Fossa infratemporalis ragende Gitterplattenränder) (Ellis und Tan 2003)

Einer **nicht zufriedenstellenden** Rekonstruktion wurde der Punktwert „0“ zugewiesen (Jaquiéry et al. 2007).



Abbildung 25: Beispiel für einen nicht zufriedenstellend wiederhergestellten Orbitaquerschnitt nach einer 2- Wand Fraktur in einer koronaren Schicht aus dem anterioren Rekonstruktionsbereich (Pat. Nr. 35). In die Orbita links sind 2 Titanmeshes zur Reparatur der medialen Orbitawand bzw. des Orbitabodens eingebracht worden. Das Gitter über der medialen Orbitawand ist stark unterkonturiert mit einer konkaven Eindellung in die Siebbeinzellen. Der Unterrand dieses Gitters ragt gleichzeitig in die Orbita hinein. Das Mesh über dem Orbitaboden ist lateral unzureichend adaptiert und steht von der Auflage ab

## **Radiologischer Kongruenz-Score (RKS)**

Die Punktwerte zur Beurteilung der Qualität wurden für die drei repräsentativen Querschnitte im anterioren, mittleren und posterioren Bereich der Rekonstruktion mit Titangitterplatten zum radiologischen Kongruenz-Score, RKS, aufaddiert. Dieser bewertet die Kongruenz von rekonstruierter und unverletzter Orbita global und kann Werte zwischen 0 und 6 annehmen.

Dabei stehen RKS-Werte von 0 bis 2 für eine unbefriedigende, RKS-Werte von 3 bis 4 für eine befriedigende und RKS-Werte von 5 und 6 für eine gute Rekonstruktion.

### **2.5.1.1 Symmetrievergleich der Orbitaquerschnitte in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (qualitativ)**

Um Symmetrie und Kongruenz der Orbitaquerschnitte im Seitenvergleich besser qualitativ beurteilen zu können, wurden die repräsentativen Querschnittsebenen in einem Bildbearbeitungsprogramm gespiegelt (Adobe® Photoshop® Elements 6, Adobe Systems Incorporated, San Jose, USA). Der Umriss der Orbita rechts wurde dazu als grau gefüllte Fläche in eine Ebene gelegt (Schritt 1). Der Querschnitt der Orbita links wurde in einer zweiten Ebene horizontal gespiegelt und blau eingefärbt (Schritt 2). Dadurch, dass die Transparenz der zweiten Ebene auf 50 % gesetzt wurde, konnten die Querschnitte beider Orbitae nach Freistellung (Schritt 3) und horizontaler Spiegelung bis zur maximal möglichen Kongruenz überlagert werden (Schritt 4). Mit diesem Verfahren lässt sich die Symmetrie beider Orbitae – unverletzte Seite versus verletzte Seite – direkt qualitativ beurteilen (Prinzip des Verfahrens vgl. Abbildung 26 bis Abbildung 28). Die Überlagerungsfiguren wurden nicht separat bewertet, sondern flossen ergänzend in die Güte-Bewertung der Querschnitts-Rekonstruktionen ein (vgl. Kapitel 2.5.1).

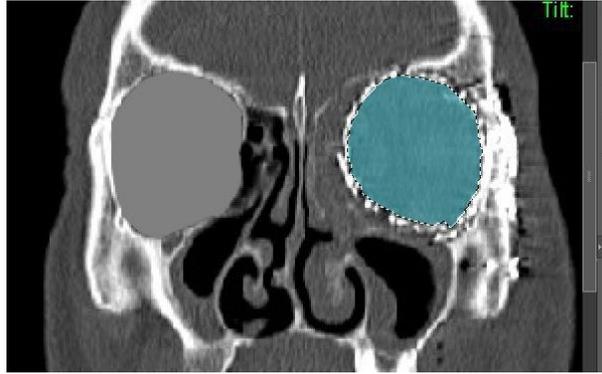


Abbildung 26: Schritt 2 des Bildanalyseverfahrens zur Symmetriebeurteilung. Der Orbitaquerschnitt rechts ist bereits grau gefüllt, die Konturen des Orbitaquerschnitts links nach einer 4-Wand Rekonstruktion sind blau gefüllt und die Transparenz der Ebene zu 50 % durchlässig (Pat. 52 – vgl. Abbildung 23)

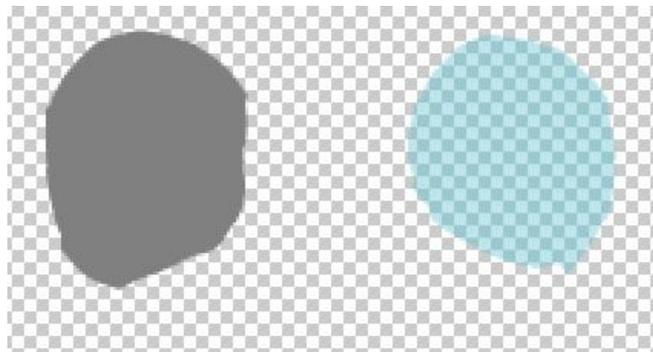


Abbildung 27: Schritt 3 zur Symmetriebeurteilung der Orbitaquerschnitte. Freistellung der Querschnittsflächen nach Ausblendung der Basisebene mit der koronaren CT-Schicht

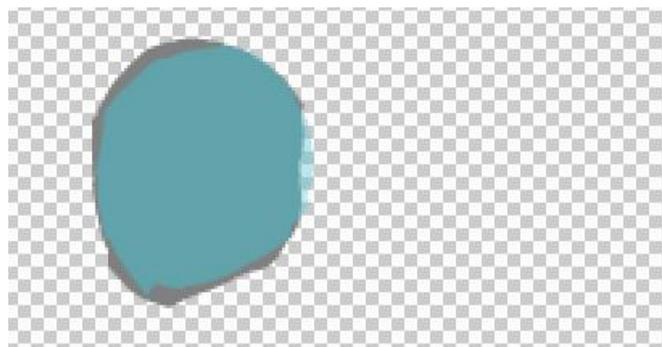


Abbildung 28: Schritt 4 zur Symmetriebeurteilung der Orbitaquerschnitte. Nach horizontaler Spiegelung des blau gefärbten, transparenten Orbitaquerschnitts links, wird eine Überlagerung mit der rechten Seite und eine Kongruenzbeurteilung möglich. Die Kongruenz in diesem Beispiel ist gut, allerdings ist die Pixelsumme der rekonstruierten Seite links etwas kleiner als die gesunde, grau gefärbte Referenzseite rechts

## 2.5.2 Flächendifferenz der Orbitaquerschnitte in drei ausgewählten, koronaren Ebenen (quantitativ)

Wie in der Literatur beschrieben (Ellis und Tan 2003), wurde an drei repräsentativen koronaren Schichten Messungen vorgenommen, um die prozentualen Flächendifferenz von rekonstruiertem und unverletztem Orbitaquerschnitt zu bestimmen. Dies war bei 41 Patienten anhand der entsprechenden postoperativen CT-Scans möglich. Bei 11 Patienten war die Bestimmung der Flächenmaßdifferenz beider Orbitae aus den nachstehend genannten Gründen nicht möglich:

- der postoperative CT-Scan reichte nicht bis in die untere Orbitahälfte (n=2)
- die kontralaterale Orbita wurde in der Vorgeschichte verletzt und schon früher operativ behandelt (n=2)
- beide Orbitae waren verletzt (n=7),  
und beidseits mit Titanmesh rekonstruiert (n=5)  
oder einseitig mit Titanmesh, kontralateral mit anderen alloplastischen Materialien rekonstruiert (n=2)

Mit der Lasso-funktionen des Bildbearbeitungsprogramms Photoshop (Adobe® Photoshop® Elements 6, Adobe Systems Incorporated, San Jose, USA,) wurde die knöchernen Zirkumferenz der koronaren Orbitaquerschnitte umfahren, um die Differenz der Querschnittsflächen zu ermitteln. Die magnetische Lasso-funktion kann in einem definierbaren Radius um den Mauszeiger größere Unterschiede in den Farb- bzw. Grauwerten diskriminieren und entlang der Grenze zwischen diesen automatisch eine Linie ziehen (Abbildung 29). In CT Knochenfenstern liegt diese automatische Grenzlinie üblicherweise exakt zwischen den hell dargestellten Knochenstrukturen und dem benachbarten, dunkelgrau getönten Weichgewebe.

Wo die magnetische Lasso-funktion nicht in der Lage war, die genauen Umrisse zwischen der knöchernen Begrenzung der internen Orbita und Weichgewebeinhalt zu erfassen, wie häufig an den dünnen knöchernen Wandungen von medialer Orbitawand und Orbitaboden anzutreffen, wurde die manuelle Lasso-funktion im Sinne einer Segmentierung zur Korrektur benutzt.

Auf diese Weise ließ sich die Pixelsumme der beiden Orbitaquerschnitte (unverletzte Orbita bzw. rekonstruierte Orbita) über die Histogrammfunktion bestimmen, um die Flächen quantitativ vergleichen und auf Differenzen untersuchen zu können (Ellis und Tan 2003). Die Messungen wurden an jedem einzelnen Orbitaquerschnitt (an allen drei repräsentativen koronaren CT-Schnitten jedes Patienten) dreimal wiederholt, um einen Mittelwert für jeden Orbitaquerschnitt zu errechnen.

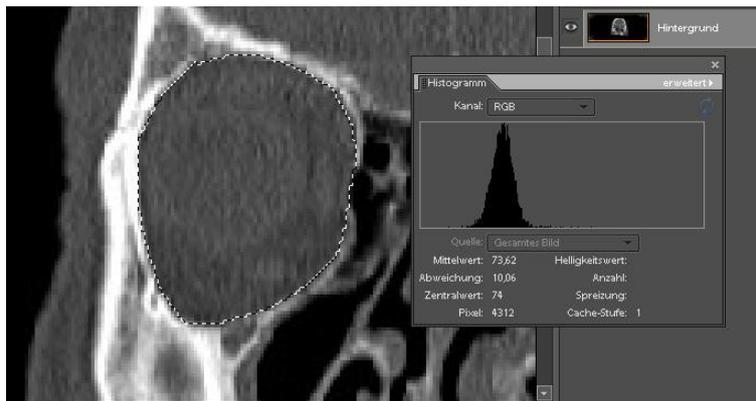


Abbildung 29: Beispiel zur Bestimmung der Flächendifferenzen an koronaren CT-Orbitaquer schnitten. Die gestrichelte weiße Linie zeigt den mit dem Lasso-Tool ermittelten knöchernen Umriss der internen Orbita (rechts) in Abgrenzung zum Weichgewebeinhalt. Aus dem Histogramm der Grauwerte innerhalb der Umrisslinie ergibt sich die Pixelsumme, die hier 4312 beträgt

In Abhängigkeit von den originalen DICOM Datensätzen waren die Bilder unterschiedlich groß, daher ergeben statistische Berechnungen mit den absoluten Werten wenig Sinn.

Die Abweichung der rekonstruierten Orbita zur Größe der gesunden Orbita wurde daher nicht absolut, sondern relativ angegeben. Dafür wurde die Differenz der als Pixelsumme gemessenen Querschnittsfläche (rekonstruierte Orbita – gesunde Orbita) durch die zugehörige Pixelsumme der gesunden Referenzseite geteilt. So kann die Abweichung der Pixelsumme der rekonstruierten Orbita in Prozent der Pixelsumme der gesunden Orbita angegeben werden.

Für jede unilaterale Orbitaverletzung wurde in jeder der drei repräsentativen Schichten nach der nachfolgend genannten Formel eine relative Abweichung der durchschnittlichen Pixelsumme der verletzten Seite bezogen auf die durchschnittliche Pixelsumme der unverletzten Seite bestimmt:

$$D_{rel} = (PS_{mro} - PS_{muo}) / PS_{muo} * 100$$

$D_{rel}$  : relative Differenz der Pixelsummen in Prozent

$PS_{mro}$  : Mittelwert der Pixelsummen der rekonstruierten Orbita

$PS_{muo}$  : Mittelwert der Pixelsummen der unverletzten Orbita

Eine mathematische Berechnung der relativen Differenz der durchschnittlichen Pixelsummen kann auch nach Rekonstruktion beider Orbitae durchgeführt werden. In diesen Fällen gibt es jedoch keine unverletzte Seite, die als Referenz genutzt werden kann. Die klinische Fragestellung, ob die Kontur beider Orbitae anatomiegerecht wieder hergestellt wurde kann hier jedoch nicht definitiv beurteilt werden.

Negative Werte für die relative Differenz ergaben sich, wenn das die Pixelsumme des Querschnitts der alloplastisch rekonstruierten Orbita kleiner war als die Pixelsumme des Querschnitts der Orbita auf der unverletzten Seite. Entsprechend ergaben sich positive Werte für die relative Differenz, wenn die Pixelsumme des Querschnitts der alloplastisch rekonstruierten Orbita größer war als die Pixelsumme des Querschnitts der unverletzten Seite. Die ermittelten prozentualen Abweichungen sind Patienten individuell und mathematisch präzise.

### **Radiologischer Flächendifferenz-Score (RFS)**

Um die Präzision der Rekonstruktion vergleichend darzustellen wurden die prozentualen Abweichungen der Querschnittsflächen, wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, in die drei Kategorien gut, mittelmäßig und ungünstig eingeteilt, so dass die Umsetzung in einen Score möglich wurde. Ausgehend davon, dass in der Literatur intraindividuelle Volumenunterschiede zwischen beiden unverletzten Orbitae von 7-8 % angegeben werden (Forbes et al. 1985, Parsons und Mathog 1988, Jin et al. 2000), wurde eine Flächendifferenz zwischen der verletzten Orbita und der Referenzorbita von weniger als 10 % als gut eingestuft, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4: Bewertung der Qualität der Rekonstruktion des Orbitaquerschnittes in einer der drei repräsentativen koronaren Ebenen anhand der Flächendifferenzen zwischen dem Querschnitt der rekonstruierten und der unverletzten Orbita

<b>Punktwert pro CT-Schicht</b>	<b>Bewertung der Flächendifferenz</b>	<b>Relative Abweichung in %</b>
2	gut	$D_{rel} < 10 \%$
1	mittelmäßig	$10 \% < D_{rel} < 20 \%$
0	ungünstig	$20 \% < D_{rel}$

Nach Zuweisung von Punktwerten (siehe Tabelle 4) entsteht so durch Addieren der Punktwerte aus den drei repräsentativen koronaren Schichten der **radiologische Flächendifferenz-Score, RFS**, Dieser kann Werte zwischen 0 und 6 annehmen, wobei Werte von 0 bis 2 für eine insgesamt unbefriedigende, Werte von 3 bis 4 für eine insgesamt befriedigende und Werte von 5 und 6 für eine gute Übereinstimmung der Flächen der Orbitaquerschnitte von rekonstruierter und verletzter Seite stehen.

### **2.5.3 Radiologischer Outcome-Score (ROS)**

Zur Gesamt Beurteilung der Rekonstruktions-Ergebnisse auf der Basis der postoperativen CT-Bildgebung wurde ein „Radiologischer Outcome-Score“ errechnet.

Da jede rekonstruierte Orbita einen radiologischen Kongruenz-Score, RKS, (siehe Kapitel 2.5.1) und einen radiologischen Flächendifferenz-Score, RFS, (siehe Kapitel 2.5.2) erhält, kann deren Summe synoptisch das outcome bewerten:

***Radiologischer Outcome-Score:  $ROS = RKS + RFS$***

Da die Summanden jeweils Werte von 0 bis 6 erreichen können, kann der radiologische Outcome-score Werte von 0 bis 12 annehmen. Hier sind Werte von 0 bis 6 als unbefriedigendes Ergebnis, Werte von 7 bis 9 als zufriedenstellendes Ergebnis und Werte von 10 bis 12 als gutes Ergebnis einzustufen.

Der ROS kann nur bestimmt werden, wenn sowohl der RKS als auch der RFS bestimmt werden konnte. Der RKS konnte für alle 57 Orbitae bei allen 52 Patienten bestimmt werden. Wie bereits im vorhergehenden Kapitel 2.5.2 beschrieben konnte der RFS nur für 41 unilaterale Orbitae bestimmt werden. Daher kann der ROS auch nur für diese 41 Fälle berechnet werden.

## **2.6 Klinische Nachuntersuchung**

### **2.6.1 Klinisches Nachuntersuchungskollektiv**

Von den 52 Patienten, deren prä- und postoperative CT-Bilddaten analysiert wurden, konnten insgesamt 41 Patienten für eine klinische Nachuntersuchung rekrutiert werden.

3 der übrigen 11 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung ab (Patienten Nr. 8, 36, 43), 2 erschienen nicht zum vereinbarten Termin (Patienten Nr. 9, 11), von weiteren 3 Patienten war weder eine Telefonnummer ausfindig zu machen, noch wurde das Anschreiben beantwortet (Patienten Nr. 25, 29, 37) und 3 Patienten waren auch über die zuständigen Einwohnermeldeämter nicht ausfindig zu machen (Patienten Nr. 2, 3, 23).

Die klinische Nachuntersuchung der 41 Patienten umfasste die Befunderhebung von:

- Asymmetrien des Gesichtsschädels
- Asymmetrien und/oder Funktionseinschränkungen der Augenlider
- Asymmetrien im Bereich des inneren Augenwinkels, bedingt durch Veränderungen der Lidbänder
- Veränderungen der Lage und Motilität des Augensbulbus, einschließlich aus diesen Abweichungen resultierenden Doppelbildern
- Sensibilität im Versorgungsgebiet der Nn. infraorbitales und supraorbitales

40 Patienten waren mit einer Fotodokumentation im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung einverstanden. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf einem standardisierten Untersuchungsblatt festgehalten (s. Kapitel 7.2.5) und in eine Excel-Tabelle übertragen.

### **2.6.2 Asymmetrien des Mittelgesichts**

Die klinische Untersuchung auf Asymmetrien des Gesichtsschädels erfolgte durch Inspektion und Palpation der Knochenstrukturen des Gesichtsschädels im Seitenvergleich, insbesondere der Jochbögen, der Infraorbitalränder, der lateralen Orbitalränder und der Supraorbitalränder und der Cristae zygomaticoalveolares, Bei der Inspektion und Palpation der lateralen Or-

bitaränder wurde berücksichtigt, dass etwaige Deformitäten die Ergebnisse der nachfolgenden Exophthalmometrie nach Hertel verfälschen können.

### **2.6.3 Augenlider und mediale Lidbänder**

Die Augenlider und medialen Lidbänder wurden inspiziert. Beim Oberlid wurde auf pathologische Veränderungen wie Ptosis und Entropium, die als Komplikationen des operativen Zuganges auftreten können und auf Veränderungen wie Schlupflider, Xanthelasma und Ähnliches, die nicht als Komplikationen der Operation anzusehen sind, geachtet. Beim Unterlid wurde auf Hochstand, Tiefstand sowie ein Ektropium und Entropium geachtet.

Ergab die Inspektion der medialen Augenwinkel den Verdacht auf einen Telekanthus, wurde die Intercanthal-Distanz vermessen und die Seitendifferenz der Abstände von der Gesichtsmittellinie zum jeweiligen inneren Lidwinkel bestimmt. Außerdem wurde unter Palpation der Lidband Insertion am medialen Orbitalrand beide Augenlider nach lateral gezogen, um den Fixationsgrad des Lidbands festzustellen („Canthal string test“).

### **2.6.4 Position des Bulbus oculi, Exophthalmometrie nach Hertel**

Die Lage und Motilität des Bulbus wurden durch Inspektion bestimmt. Veränderungen in der sagittalen Position des Bulbus wie Enophthalmus oder Exophthalmus sowie Veränderungen in der vertikalen Position des Bulbus wie Bulbus –Hochstand oder -Tiefstand wurden dabei dokumentiert. Wenn keine knöchernen Deformitäten mit konsekutiver Asymmetrie im Bereich der lateralen Orbitaländer vorlagen, wurde eine Exophthalmometrie nach Hertel durchgeführt, um die sagittale Position des rechten und des linken Bulbus zu bestimmen und etwaige Rechts-Links-Differenzen zu quantifizieren.

### **2.6.5 Die Untersuchung auf Doppelbilder**

Die Untersuchung auf Doppelbilder erfolgte in klinisch grob orientierender Prüfung mit der Fingerperimetrie. Der Kopf des Patienten wurde vom Untersucher mit einer Hand im Parietalbereich in Position gehalten, so dass der Patient dem sich bewegenden Zeigefinger der anderen Hand nur mit den Augen folgen konnte.

Zur Basisdiagnostik wurde das binokuläre Sehen in den 9 Hauptblickrichtungen geprüft, wobei es eine „zentrale“ Hauptblickrichtung (geradeaus) und 8 periphere Hauptblickrichtungen gibt.

Dabei wurde im zentralen Blickfeld – also in Geradeausstellung der bulbi – begonnen, gefolgt von den geraden sagittalen und horizontalen Blickrichtungen (oben, unten, links, rechts) und den kombinierten Blickrichtungen (oben links, oben rechts, unten links, unten rechts).

Das Auftreten von Doppelbildern wurde vom Patient angegeben. Die angegebenen Doppelbilder wurden durch Wiederholung der Untersuchung auf Reproduzierbarkeit geprüft. Die Doppelbilder wurden nach zunehmenden Schweregraden eingeteilt in der Reihenfolge:

- Doppelbilder bei extremen (endgradigen) Blickrichtungen im peripheren Sehfeld in mindestens eine der 8 oben angegebenen Blickrichtungen. Moderate Blickwinkel und zentrales Sehfeld (entspricht 9. Hauptblickrichtung) sind dabei frei von Doppelbildern. Diese Form von Doppelbildern beeinträchtigt die betroffenen Patienten in der Regel kaum, weshalb zur Bewertung der Punktwert 2 vergeben wurde.
- Doppelbilder bei extremen und moderaten Blickwinkeln im peripheren Sehfeld in einer oder mehreren der 8 peripheren Hauptblickrichtungen. Diese Form der Doppelbilder führt zur moderaten Beeinträchtigung der Patienten. Das zentrale Sehfeld bleibt frei von Doppelbildern. In diesen Fällen wurde ein Punktwert von 1 auf der Bewertungsskala dokumentiert.
- Doppelbilder im zentralen Sehfeld beim Blick geradeaus. Die Patienten sind infolgedessen stark eingeschränkt und eine Fahrtüchtigkeit ist nicht mehr gegeben. Daher wurde die Schwere dieses Befunds mit einem Punktwert von 0 belegt.

### **2.6.6 Die Untersuchung am Hess-Schirm**

Prinzipiell handelt es sich bei der Untersuchung nach HESS um eine Untersuchung des beidäugigen Sehens. Daher werden zunächst die hierfür notwendigen, prinzipiellen Grundlagen der Untersuchung des Binokularsehens und dann die Technischen Grundlagen kurz dargestellt. Anschließend erfolgen die Beschreibung der Untersuchung sowie zuletzt die Interpretation der Untersuchungsergebnisse.

### 2.6.6.1 Prinzipielle Grundlagen der Untersuchung des Binokularsehens

Die Untersuchung des Binokularsehens kann in die Untersuchung der Motorik und in die Untersuchung der Sensorik gegliedert werden. Bei der Untersuchung der Motorik sollen Stellungsfehler anhand des Parameters Schielwinkel und Bewegungsfehler wie zum Beispiel Störungen des Bewegungsablaufs und/oder Einschränkungen des Blickfeldes erkannt und vermessen werden. Bei der Untersuchung der Sensorik werden unter anderem die Verschmelzung der Bildeindrücke beider Augen (Fusion) sowie das räumliche Sehen (Stereopsis) geprüft. Auf die Untersuchung der Sensorik wird hier nicht weiter eingegangen.

Bei der Untersuchung von Bewegungsstörungen der Augen oder bei der Schioldiagnostik werden Fehlstellungen des Bulbus oculi gemessen. Diese Fehlstellungen können verursacht sein durch eine pathologische Veränderung in einem oder mehreren Augenmuskeln oder durch eine Läsion in mindestens einem der okulomotorischen Hirnnerven. Aus Praktikabilitätsgründen reduziert man die unendlich vielen Blickrichtungen, die mathematisch möglich sind, auf 9 Hauptblickrichtungen. Neben dem Blick geradeaus sind dies die Blickrichtungen nach links, rechts, oben, unten sowie nach links oben, links unten, rechts oben und rechts unten.

Bei der Koordimetrie werden Schielwinkel veranschaulicht, indem die Abweichung der Blickrichtung beider Augen von den vorgenannten 9 Hauptblickrichtungen in einem Diagramm grafisch erfasst wird. Zunächst muss dafür eine Bildtrennung von rechtem und linkem Auge erfolgen, was durch komplementärfarbige Filtergläser der Untersuchungsbrille, meistens 1 grünes Filterglas und ein rotes Filterglas, und gleichermaßen komplementärfarbige Fixationsobjekte, rote Lampe und grüner Pointer, erreicht wird. Diese Bildtrennung ermöglicht nicht nur die Ermittlung eines Schielwinkels von linkem und rechtem Auge, sondern nimmt dem untersuchten Patienten auch die Möglichkeit der binokulären Fusion. Damit lassen sich die peripheren Schielwinkel bestimmen, ohne dass eine eventuell vorhandene zentrale Adaptation das Untersuchungsergebnis verschleiert. Die Untersuchung am HESS-Schirm detektiert also sowohl zentral kompensierte als auch nicht kompensierte Doppelbilder. Zum Prinzip der Bildtrennung siehe Abbildung 30.

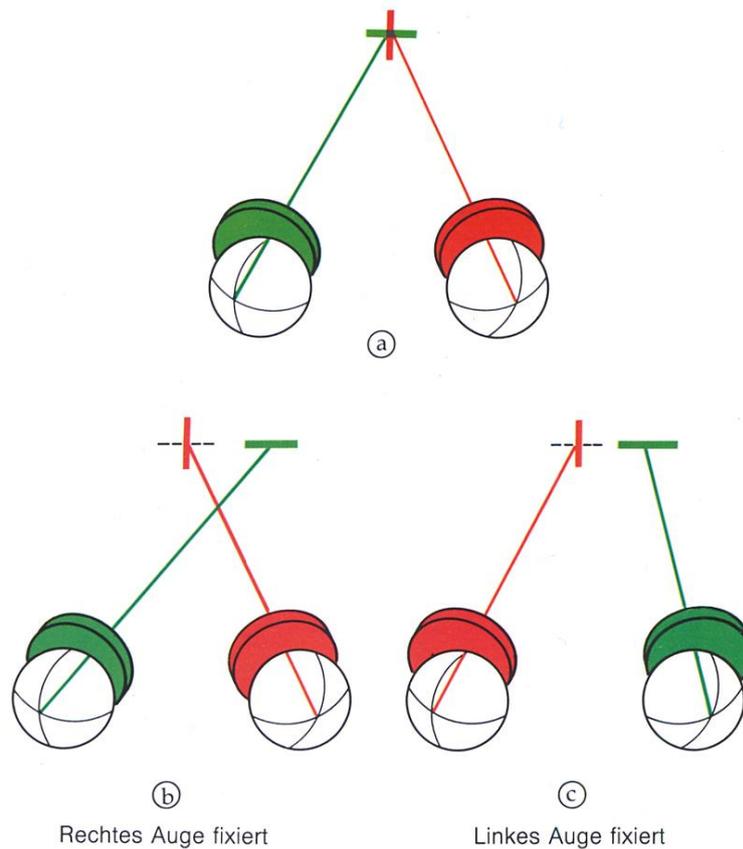


Abbildung 30: Prinzip der Bildtrennung von rechtem und linkem Auge mit Hilfe komplementärfarbiger Filtergläser und Fixationspunkte. Die weißen Kreise stellen die beiden Bulbus oculi, in der Ansicht von dorsal dar. An jedem Bulbus oculi ist ein senkrechter und ein wagerechter Äquator eingezeichnet, deren Schnittpunkt den Bereich der fovea centralis entspricht. Im Bereich der Augennachse liegen ventral vor dem Auge die komplementärfarbigen Filtergläser, hier als grüne und rote Scheiben dargestellt. Die Sehachse jedes Auges ist in der Farbe des jeweiligen Filterglases eingezeichnet.

- a) Die getrennten Bilder des linken Auges (Filterglas und Sehachse grün) und des rechten Auges (Filterglas und Sehachse rot) stimmen überein, d.h. eine periphere Ursache für Doppelbilder liegt nicht vor.
- b) Untersuchung des linken Auges. Das rechte Auge ist durch den Blick durch ein rotes Filterglas auf einen roten Gegenstand (z.b. Lampe) fixiert. Die getrennten Bilder kommen nicht zur Deckung, damit liegt eine periphere Ursache für Doppelbilder vor.

- c) Untersuchung des rechten Auges. Separate Bilder kommen auch hier nicht zur Deckung.

### **2.6.6.2 Technische Grundlagen der Koordimetrie am Hess-Schirm**

Bei der Koordimetrie werden Koordinaten auf den Untersuchungsschirm genutzt, um das Ergebnis zu quantifizieren. Die Hess Koordinaten entstehen durch die Projektion von Oberflächenkoordinaten einer imaginären Kugel auf eine im Abstand befindliche Fläche, die Projektionsfläche. Bei der Untersuchung befindet sich der Kopf des Patienten im Zentrum der Kugel und steht frontoparallel zur Projektionsfläche. So entsteht die so genannte „Tangententafel“. Eine Tangente (von lateinisch *tangere*: berühren) ist in der Geometrie eine Gerade, die eine gegebene Kurve in einem bestimmten Punkt berührt. Dies macht auch die Projektionstangente, die die horizontalen und vertikalen Breitenkreise der Kugel auf die Projektionsfläche wirft. Die Projektion ist abhängig von der Entfernung zwischen den Breitengraden der Kugel und der Projektionsfläche oder, anders formuliert, jede Tangententafel ist immer nur für eine bestimmte Entfernung berechnet.



Abbildung 31: Hess-Schirm: Metallplatte auf der die Hess-Koordinaten aufgebracht sind.

Die Hess-Koordinaten sind für einen Abstand von 50 cm berechnet. Die Breitenkreise einer Kugel mit einem Radius von 50 cm werden auf einen Schirm projiziert, der 50 cm vom Mittelpunkt der Kugel entfernt ist und die Kugel in der Blickrichtung geradeaus berührt. Die projizierten Breitenkreise, sowohl die horizontalen, als auch die vertikalen, entstehen durch eine Abweichung von  $15^\circ$  für den inneren und  $30^\circ$  für den äußeren projizierten Breitenkreis vom Kugeläquator und bilden auf dem Schirm entsprechende  $15^\circ$  und  $30^\circ$  Hyperbeln, die auch im vorgefertigten Diagramm, auf dem die Untersuchung dokumentiert wird, aufgetragen sind. An den Schnittpunkten der horizontalen und vertikalen Hyperbeln befinden sich auf dem Hess-Schirm rote Lampen. Bei der Untersuchung wird jede einzelne der 25 roten Lampen nacheinander angeschaltet um eine Blickrichtung festzulegen.

### 2.6.6.3 Ablauf der Untersuchung am Hess-Schirm

Zunächst wurde das linke Auge untersucht. Dazu wurde die Brille mit den komplementärfarbigem Filtergläsern so aufgesetzt, dass das grüne Filterglas vor dem linken und das rote Filterglas vor dem rechten Auge zu liegen kam. Das rechte Auge konnte durch das rote Filterglas die jeweils leuchtende rote Lampe am Hess-Schirm fixieren und damit die Hauptblickrichtung definieren. Dem Patienten wurde der grüne Pointer in die Hand gegeben. Anschließend sollte der Patient die vom rechten Auge gesehene Lampe mit dem nur durch das grüne Filterglas mit dem linken Auge gesehenen Pointer berühren (vgl. Abbildung 30a und 30b).

Insgesamt gibt es 25 rote Lampen: Eine in der Hauptblickrichtung geradeaus, jeweils eine weitere für eine der 8 anderen Hauptblickrichtungen im zentralen  $15^\circ$  Raster und weitere 16 weitere Lampen im peripheren  $30^\circ$  Raster. Alle 25 rote Lampen werden nacheinander zum Leuchten gebracht und der Patient bringt den grünen Pointer mit der leuchtend roten Lampe in Deckung. Wenn in einer Blickrichtung Doppelbilder vorliegen, sieht der Untersucher, dass grüner Pointer und rote Lampe nicht zur Deckung gebracht werden können und roter Fixpunkt und grüner Pointer separiert sind. Der Abstand von grünem Pointer und roter Lampe wird im Diagramm dokumentiert (vgl. Abbildung 32).

Im Untersuchungsdiagramm liegen die Schemata von zwei orangefarbenen Tangententafeln nach Hess nebeneinander. Das linke Schema ist für die Dokumentation der Untersuchung des linken Auges und viceversa. Die Position des grünen Pointers wird mit einem schwarzen Stift als kleines Kreuz eingezeichnet. Da die gestrichelte Zwischenhyperbel auf der Hess Tafel und im Diagramm einem Winkel von  $5^\circ$  entsprechen, kann der Schielwinkel so quantifiziert werden.

Sind alle 25 Blickrichtungen (also Blickrichtung geradeaus, zentrales und peripheres Raster) des linken Auges vermessen, wird die Brille andersherum aufgesetzt, so dass jetzt das rote Filterglas vor dem linken Auge liegt und alle 25 Blickrichtungen des rechten Auges vermessen werden können (vgl. Abbildung 30c).

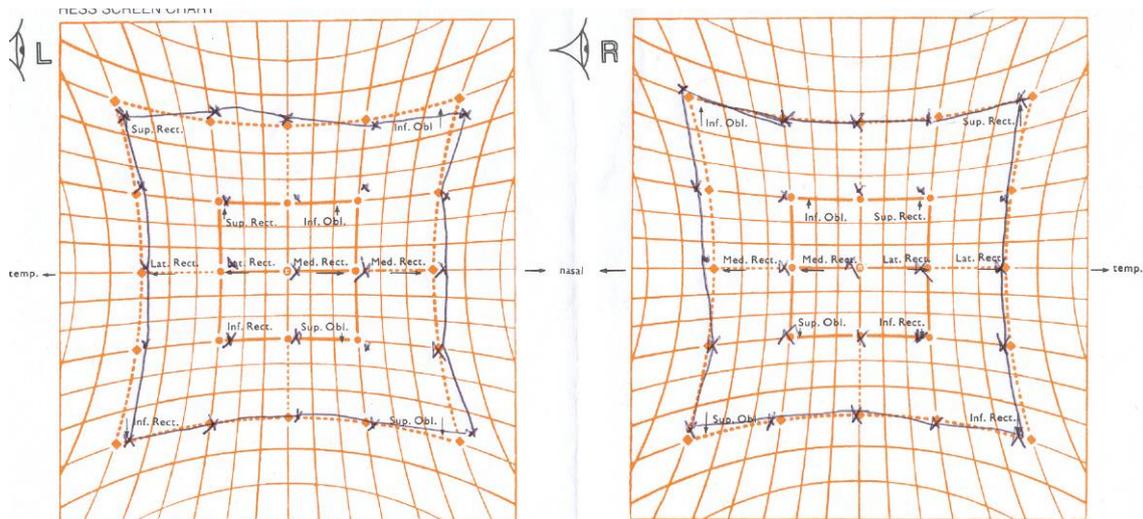


Abbildung 32: Beispiel für ein Ergebnis der Hess-Schirmuntersuchung ohne pathologischen Befund (Patient Nr. 38). Das Schema der linken Tangententafel gibt die Untersuchungsbefunde für das linke Auge, das rechte Schema die Befunde des rechten Auges wieder. Rote Fixpunkte des Schirms sind als orangefarbene Punkte im Diagramm vorgegeben. Wenn keine Doppelbilder vorhanden sind, sind Pointer und Fixpunkt in der Untersuchung und schwarzes Kreuz und der entsprechende oranger Punkt in der Dokumentation kongruent

#### 2.6.6.4 Interpretation der Befunde am Hess-Schirm

Abbildung 33 zeigt ein pathologisches Untersuchungsergebnis. Die Legende zur Abbildung beschreibt die Veränderung des Vielecks und die möglichen Schlussfolgerungen.

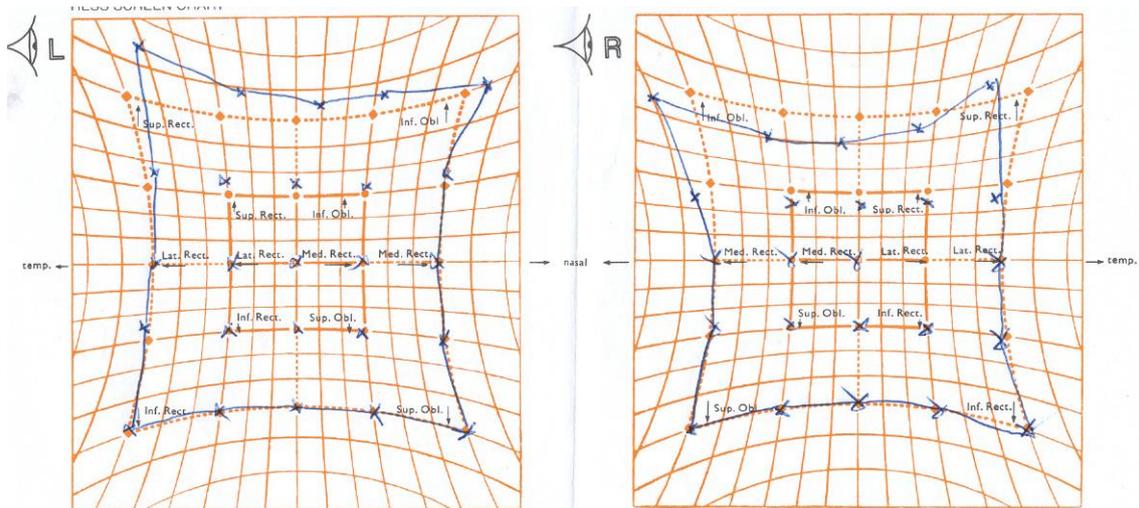


Abbildung 33: Beispiel für ein Ergebnis der Hess-Schirmuntersuchung mit pathologischem Befund (Pat. Nr. 5). Am betroffenen rechten Auge ist der Oberrand des Vielecks geschrumpft. Dies bedeutet ein Bewegungsdefizit im Bereich des M. rectus superior und des M. obliquus inferior. Am gesunden linken Auge kommt es durch den Versuch einer zentralen Adaptation zu einem kontralateralen Innervationsüberschuss mit entsprechend überfunktiven Synergisten

## 2.6.7 Klinischer Outcome-Score (KOS)

Zur einfachen und übersichtlichen Zusammenfassung der klinischen Ergebnisse wurde ein „klinischer Outcome-Score“ benutzt.

Dieser „klinische Outcome-Score“ subsummiert die Befunde aus den Teilschritten der Nachuntersuchung (Lider und mediales Lidband, Bulbusposition, Diplopie und Untersuchungsergebnis am Hess-Schirm), indem die jeweiligen Punktwerte aufaddiert werden.

Die Untersuchung auf knöcherne Asymmetrien im Bereich des Mittelgesichts bzw. der lateralen Orbitalränder fand keine Berücksichtigung. Grund dafür war in erster Linie, dass keine entsprechenden pathologischen Befunde im Untersuchungskollektiv erhoben werden konnten und andererseits solche Asymmetrien in der Regel einer späteren operativen Korrektur zugänglich sind. Die Punktwerte für die einzelnen Schritte des postoperativen Untersuchungsgangs waren, wie folgt:

Für Augenlider und mediales Lidband:

	Punktwert
Lider und mediales Lidband ohne pathologische Veränderung	1
Lider und/oder mediales Lidband mit pathologischer Veränderung	0

Von zentraler Bedeutung für die Wiedereingliederung eines Patienten in den Alltag nach einer Frakturversorgung der internen Orbita ist ein ungestörtes beidäugiges Sehen.

Neben der Bulbusposition wird dem postoperativen Vorhandensein von Doppelbildern besondere Bedeutung zugemessen mit den nachstehenden Punktwerten.

Für die Bulbusposition :

	Punktwert
Keine Abweichung der Bulbusposition	2
Mäßige Abweichung der Bulbusposition in sagittaler Richtung, Hertel $\leq 2$ mm	1
Starke Abweichung der Bulbusposition in sagittaler und/oder vertikaler Richtung, Hertel $> 2$ mm	0

Für Doppelbildsehen:

	Punktwert
Keine Doppelbilder	3
Doppelbilder nur im Randbereich des Sehfeldes	2
Doppelbilder in der Sehfeldperipherie, aber nicht im zentralen Sehfeld	1
Doppelbilder im zentralen Sehfeld oder binokuläres Sehen nicht möglich	0

Für das Untersuchungsergebnis am Hess-Schirm:

	Punktwert
Kein pathologischer Befund in der Untersuchung am Hess-Schirm	1
Pathologischer Befund in der Untersuchung am Hess-Schirm	0

Die erhobenen Befunde in der klinischen Untersuchung auf Doppelbilder korrelierten mit der Untersuchung am Hess-Schirm.

Der ‚klinische Outcome-Score‘ (= Summationsscore) kann einen Gesamtwert zwischen 0 und maximal 7 Punkten annehmen, wobei der minimale Wert von 0 Punkten dem schlechtestmöglichen und der maximal erreichbare Wert von 7 Punkten dem bestmöglichen, klinischen Outcome entspricht.

Je höher der klinische Outcome-Score desto besser das funktionelle Ergebnis.

Die Werte des Klinischen Outcome-Score werden wie folgt in 3 Gruppen eingeteilt:

- 0 bis 3 Punkte entsprechen einem **unbefriedigendem** klinischen Outcome
- 4 bis 5 Punkte entsprechen einem **zufriedenstellenden** klinischen Outcome
- 6 bis 7 Punkte entsprechen einem **guten** klinischen Outcome

## 2.7 Übersicht über die verwendeten Scores

### Orbital Trauma Score (OTS)

Der Orbital Trauma Score quantifiziert den Schweregrad der Verletzung der internen Orbita. Damit lässt sich dieser Score auf die Grundgesamtheit von 57 Orbitae im Patientenkollektiv beziehen. Je nachdem wie viele Orbitawandungen betroffen sind, kann der OTS unterschiedliche Wertebereiche annehmen, so zum Beispiel OTS-Werte zwischen 1 und 3 für 1-Wandfrakturen und OTS-Werte zwischen 4 und 9 für 4-Wandfrakturen (vgl. dazu Kapitel 2.4).

### Radiologischer Kongruenz Score (RKS)

Der radiologische Kongruenz-Score bewertet die Kongruenz von verletzter und unverletzter Orbita unter Nutzung der beschriebenen Parameter (vgl. Kapitel 2.5.1) zusammenfassend. Diese Parameter eignen sich auch, um Fälle mit bilateralen Verletzungen der internen Orbita zu bewerten.

Damit kann dieser Score wiederum auf die Grundgesamtheit von 57 Orbitae bezogen werden.

Der RKS kann Werte zwischen 0 und 6 annehmen. Dabei entsprechen Werte von 0 bis 2 einem unbefriedigenden, RKS-Werte von 3 bis 4 einer zufriedenstellenden und RKS-Werte von 5 und 6 einer guten Rekonstruktion.

### Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS)

Dieser Score vergleicht das Ausmaß der Flächendifferenzen in drei repräsentativen Orbitaquerschnitten. Der radiologische Flächendifferenz Score wurde nur in solchen Fällen erhoben, bei denen eine Orbita unverletzt war und die Orbitaquerschnitte in den postoperativen CT-Scans vollständig dargestellt waren. Diese 2 Bedingungen führten zu einer Grundgesamtheit von 41 Orbitae (vgl. Kapitel 2.5.2).

Der RFS kann Werte zwischen 0 und 6 annehmen. Dabei stehen RFS-Werte von 0 bis 2 für eine unbefriedigende, RFS-Werte von 3 bis 4 für eine befriedigende und RFS-Werte von 5 und 6 für eine gute Übereinstimmung der Flächen der Orbitaquerschnitte von rekonstruierter und verletzter Seite.

## Radiologischer Outcome Score (ROS)

Der radiologische Outcome Score ergibt sich aus der Addition der Werte von radiologischem Kongruenz Score und radiologischem Flächendifferenz Score. Der ROS konnte für 41 Orbitae erhoben werden (vgl. Kapitel 2.5.3).

Der radiologische Outcome Score kann Werte von 0 bis 12 annehmen.

ROS-Werte von 0 bis 6 entsprechen einem unbefriedigenden Ergebnis, ROS-Werte von 7 bis 9 einem zufriedenstellenden und ROS-Werte von 10 bis 12 einem guten Ergebnis.

## Klinischer Outcome Score (KOS)

Der klinische Outcome Score bewertet das Ergebnis der klinischen Nachuntersuchung, indem Punktwerte für die Befunde der durchgeführten Einzeluntersuchungen aufaddiert werden. Der KOS konnte für jeden nachuntersuchten Patienten, also für die Grundgesamtheit des Nachuntersuchungskollektivs, erhoben werden.

Für die Mehrheit der nachuntersuchten Patienten waren alle Einzeluntersuchungen durchführbar, so dass der klinische Outcome Score Werte zwischen 0 und 7 annehmen konnte, wobei ein höherer KOS-Wert ein besseres klinischen Outcome bedeutete.

KOS-Werte von 6 oder 7 entsprachen einem guten klinischen Outcome, KOS-Werte von 4 und 5 einem befriedigenden Outcome und KOS-Werte von 0 bis 3 einem unbefriedigenden klinischen Outcome.

Einige Untersuchungen waren nicht bei allen Patienten durchführbar. War bei einem Patienten beispielsweise aufgrund hirnorganischer Residuen die Untersuchung auf Diplopie (mögliche Punktwerte 0-3) oder die Untersuchung am Hess-Schirm (mögliche Punktwerte 0-1) nicht möglich, so verblieben nur die Punktwerte aus den stattgehabten Einzeluntersuchungen übrig. Der klinische Outcome Score konnte bei diesem Patienten dann nur noch Werte zwischen 0 und 3 annehmen (vgl. Kapitel 2.6.7).

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Patienten-Gesamtkollektiv**

Im Zeitraum von 14.10.2002 bis zum 27.12.2006 wurden in der Abteilung für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Ulm bei 52 Patienten (35 Männer und 17 Frauen) insgesamt 57 interne Orbitae mit Titanmeshes rekonstruiert.

Bei 22 Patienten wurden Wandungen der Orbita rechts, bei 25 Patienten Wandungen der Orbita links und bei 5 Patienten die Wandungen beider Orbitae wiederhergestellt. Insgesamt wurden 59 chirurgische Interventionen durchgeführt, wobei 46 Patienten einmal, 5 Patienten zweimal und 1 Patient dreimal operiert wurden. Das Durchschnittsalter der 52 Patienten zum Zeitpunkt der Operation (bei mehrfach operierten Patienten der Zeitpunkt der ersten Operation) betrug 42 Jahre +/- 17 Jahre. Der älteste Patient war 84 Jahre, der jüngste Patient war 17 Jahre alt. Eine Übersicht des Gesamtkollektivs zeigt Tabelle 5.

Bei 50 der insgesamt 52 Patienten erfolgte die operative Intervention ohne Navigation. Eine primäre Rekonstruktion, das heißt eine Rekonstruktion während der ersten operativen Intervention nach dem Trauma wurde bei 47 Patienten durchgeführt. 3 Patienten, bei denen der Versuch der primären Rekonstruktion anderen Orts durchgeführt worden war, wurden einer Sekundäroperation unterzogen. Bei 6 Patienten (5 nach Primäroperation, 1 nach Sekundäroperation) musste mindestens eine weitere Operation durchgeführt werden. Diese weiteren operativen Interventionen wurden als Mehrfachoperation definiert. Die Revisionsrate liegt damit bei 11,5 % (6 von 52).

Tabelle 5: Gesamtkollektiv- Patienten mit Rekonstruktion der internen Orbita mit Titanmeshes: Übersicht Alters- und Geschlechterverteilung, Seitenbeteiligung, Primär-, Sekundär- und Nachoperationen und intraoperative Navigations-Unterstützung

	Gesamt	Nicht navigiert Primäre OP im Intervall	Nicht navigiert Primäre immediate OP	Nicht navigiert Sekundäre Operation	Navigierte Primäre Operation	Navigierte Sekundäre Operation
Patienten Anzahl	52	45	2	3	1 (Pat-Nr. 51)	1 (Pat-Nr. 48)
Patienten Alter	42 +/- 17	43 +/- 17	46 +/- 18	34 +/- 10	18	27
max	85	85	64	48		
min	17	17	28	26		
Geschlecht						
Männer	35	31	1	2	0	1
Frauen	17	14	1	1	1	0
Seite						
Rechts	22	19	0	2	0	1
Links	25	21	2	1	1	
Beide	5	5	0	0	0	
Anzahl der Nachope- ration						
Keine	46	40	2	2	1	1
= 1	5	4	0	1	0	0
= 2	1	1	0	0	0	0
Zeitintervall zwischen Trauma und PrimärOP	9,0d +/- 11,3d	6,3 d +/- 4,7 d	0 d	44,0d +/- 22,9d	5 d	3 d

Bei 45 Patienten (31 Männer und 14 Frauen) wurde die Primäroperation in einem Intervall von durchschnittlich 6,3 (+/- 4,7) Tagen, Minimum 0 Tage, Maximum 25 Tage, nach dem Trauma durchgeführt (Tabelle 5, Spalte 2).

Das längste Zeitfenster zwischen Trauma und Operation von 25 Tagen war der Tatsache geschuldet, dass die betroffene Patientin zunächst auswärtig behandelt und erst am 21. Tag nach dem Trauma zur Versorgung der Orbitafrakturen verlegt worden war. Bei 21 Patienten dieser Hauptgruppe wurde isoliert die Orbita links, bei 19 Patienten isoliert die Orbita rechts und bei 5 Patienten wurden beide interne Orbitae mit Titanmesh rekonstruiert. Bei zwei Patienten (Pat.

Nr. 16, 30) lagen zwar Verletzungen der Orbitawände beidseits vor, die alloplastische Rekonstruktion mit Titanmesh erfolgte jedoch in beiden Fällen nur rechts.

Von insgesamt 6 Patienten mit Mehrfachoperationen (Tabelle 5, Spalte 1 unten). entfallen 5 auf die Hauptgruppe mit Primärrekonstruktionen, davon wurden 4 Patienten (Pat. Nr. 6, 19, 20, 31) zweimal und 1 Patient (Pat. Nr. 21) dreimal operiert.

In 2 Fällen wurde eine immediate Operation durchgeführt (Tabelle 5, Spalte 3). Beide Patienten (Pat. Nr. 35, 37) erlitten offene Verletzungen der Orbita links durch Motorkettensägen. Präoperative Computertomografien wurden in diesen beiden Fällen aus logistischen Gründen nicht durchgeführt, so dass die Klassifizierung der Frakturen anhand des Operationsberichtes und der postoperativen Bildgebung erfolgte.

Bei 3 Patienten (2 Männer: Patienten Nr.30, 38 und 1 Frau, Patientin Nr. 33) wurde die interne Orbita nach Voroperationen in auswärtigen Einrichtungen rekonstruiert (Tabelle 5, Spalte 4). Das Zeitintervall zwischen der Primärversorgung alio loco und der Sekundäroperation betrug bei diesen Patienten 15,3 +/- 6 Tage. Bei einem Patienten (Pat. Nr. 33) aus dieser Untergruppe mit Sekundäroperation stellte sich die Indikation zu einer Nach- bzw. Mehrfach- Operation. Durch Nachkonturierung des Titanmesh im Bereich des posterior medial bulge wurde dabei das Orbitavolumen in der zweiten Revisions-OP noch weiter verkleinert.

Bei 2 Patienten (Pat. Nr. 48, 51) wurden die Interventionen mit Unterstützung durch ein Navigationssystem durchgeführt (Tabelle 5, Spalten 5 und 6).

Bei einer Patientin (Pat. Nr. 51) wurde die interne Orbita links navigiert primär operiert. Ein Patient (Pat. Nr. 48) wurde an der Orbita rechts navigiert sekundär operiert. Dieser Patient war in der eigenen Klinik primär versorgt worden, allerdings außerhalb des Erfassungszeitraums dieser Studie im Jahr 1998, also über 8 Jahre (3055 Tage) vor der navigations-assistierten Sekundäroperation.

### **3.2 Ätiologie – Verletzungsursachen im Gesamtkollektiv**

In ca. zwei Drittel der Fälle des Gesamtkollektivs waren eine Gewalt-Einwirkung („Impact“) mit Niedrig-Energie (65 %) für die Traumatisierung der internen Orbita verantwortlich, bei ca. einem Drittel (35 %) der Patienten resultierten die Verletzungen aus Unfall-Ereignissen mit Hoch-Energie (Tabelle 6).

Tabelle 6: Patienten mit Orbitawand-Verletzungen aufgrund von Niedrig- oder Hoch-Energie-Einwirkungen im Gesamtkollektiv.

	Niedrig-Energie	Hoch-Energie
Patientenzahl	34	18
Prozentualer Anteil am Gesamtkollektiv	65,4 %	34,6 %

Die Niedrig-Energie Traumen umfassten ein weites Spektrum von Ursachen und wurden zur Übersicht versuchsweise in insgesamt 5 weitere Klassen untergliedert (vgl. Kapitel 2.1). Hoch-Energie Traumen kommen meist im Zusammenhang mit Kraftfahrzeug-Unfällen oder bei Stürzen aus großer Höhe vor und wurden in zwei dementsprechende Klassen aufgeteilt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Klassierung der Verletzungsursachen im Gesamtkollektiv.

'Impact'-Kategorie	Hoch-Energie	Niedrig-Energie	Niedrig-Energie	Niedrig-Energie	Niedrig-Energie	Hoch-Energie	Niedrig-Energie
Ursachen-Klasse	1	2	3	4	5	6	7
	Verkehrsunfälle mit Kfz	Verkehrsunfälle ohne Kfz (Fahradunfälle)	Roheitsdelikte	Freizeitunfälle	Stürze aus Gehhöhe	Stürze aus großer Höhe	Arbeitsunfälle
Patientenzahl	15	7	6	3	11	3	7
Prozentualer Anteil	28,9 %	13,5 %	11,5 %	5,8 %	21,2 %	5,8 %	13,5 %

### 3.2.1 Ursachen Klassen - Patienten-Beispiele

Ursachen der Klasse 1 umfassen Verkehrsunfälle als Insasse eines Kraftfahrzeugs.

15 der 52 Patienten aus dem Gesamtkollektiv hatten derartige Unfälle. Neben Unfällen mit dem Auto wie Auffahrunfällen (Pat. Nr. 19) Serienunfällen auf der Autobahn (Pat. Nr. 30) oder einem Unfall beim Fahren ohne angelegten Sicherheitsgurt (Pat. Nr. 21) kamen auch Unfälle mit dem Traktor (Pat. Nr. 50) oder Unfälle als Fahrer eines Gefahrguttransporters (Pat. Nr. 27) vor.

In die Ursachen Klasse 2 werden alle Verkehrsunfälle als Insasse eines Fahrzeugs, das kein Kraftfahrzeug ist (z. B. Fahrrad) eingeordnet. 7 der 52 Patienten zogen sich die zur Behandlung führenden Verletzungen als Fahrradfahrer zu, davon stürzten 6 Patienten ohne erkennbare Ursache während 1 Patient mit einem anderen Fahrradfahrer kollidierte.

Ursachen der Klasse 3 beinhalten auf Roheitsdelikte zurück zuführende Verletzungen. 6 der 52 Patienten erlitten die Verletzungen im Rahmen von tätlichen Auseinandersetzungen oder Rohheitsdelikten.

Ursachen der Klasse 4 sind durch Freizeitunfälle oder durch sportliche Aktivität entstandene Verletzungen (z. B. Fußball, Handball usw.). In 3 Fällen des Gesamtkollektivs waren Verletzungen durch Freizeitunfälle verursacht. Neben einem Fußballzweikampf (Pat. Nr. 24) und einer Verletzung beim Handball Spielen (Pat. Nr. 51) ist auch die akzidentelle Verletzung einer bei Retinitis pigmentosa fast blinden Patientin zu nennen, die einen Bekannten begleitete, als dieser mit der Motorkettensäge hantierte (Patient Nr. 37).

Ursachen der Klasse 5 entsprechen bei Stürzen aus Gehhöhe entstandenen Verletzungen. 11 der 52 Patienten erlitten Klasse 5 Verletzungen: bei 2 Patienten traten die Stürze als Folge von Schwindelanfällen auf (Pat. Nr. 3, 17), bei 3 Patienten kam es unter Einfluss von Ethylalkohol und/oder Medikamenten zu den Stürzen (Pat. Nr. 9, 29, 40). 1 Patient fiel beim Aussteigen aus der Badewanne (Pat. Nr. 25). 5 Patienten erlitten Stürze auf Gehwegen oder im häuslichen Umfeld (Pat. Nr. 10, 28, 38, 39, 43).

Verletzungen nach Stürzen aus größerer Höhe werden Ursachen der Klasse 6 zugerechnet. 3 Patienten aus dem Gesamtkollektiv erlitten Stürze aus größerer Höhe. Ein Patient war bei Dacharbeiten aus ca. 4 m Höhe gefallen (Pat. Nr. 14). Ein Patient (Pat. Nr. 22) kam aus ca. 8 m Höhe zu Fall beim Versuch, seine in suizidaler Absicht am Balkon kletternde Nachbarin außer Gefahr zu bringen. Ein Patient war als Bauarbeiter ausgerutscht und von einem ca. 1,5 m hohen Gerüst kopfüber gestürzt. Zwar handelt es sich hier auch definitionsgemäß um einen Arbeitsunfall, aber die hinsichtlich der pathogenetischen Unterscheidung von Hoch- und Niedrigenergietrauma relevante Zuordnung ordnet diesen Patienten in Klasse 6 ein.

Ursachen der Klasse 7 umfassen durch Arbeitsunfälle an Maschinen entstandene Verletzungen, die in keiner der vorgenannten Ursachenklasse subsummiert werden können. 7 Patienten aus dem Gesamtkollektiv hatten Arbeitsunfälle: eine Verletzungen mit Armierungseisen (Pat. Nr. 1), eine Motorkettensägenverletzungen bei einem Waldarbeiter (Pat. Nr. 2), ein nicht näher beschriebener Unfall am Arbeitsplatz (Pat. Nr. 6), eine beim Abkippen eines Hängers im bäuerlichen Betrieb ins Gesicht treffende Hängerladeklappe (Pat. Nr. 31), eine Verletzung durch eine zersplitterte Flexscheibe (Pat. Nr. 35), eine durch Anprallen an eine Maschine entstandene Gewalteinwirkung auf das Gesicht (Pat. Nr. 42) und eine Verletzung durch eine umfallende Großbohrmaschine (Pat. Nr. 45).

### **3.3 Frakturmuster im Gesamtkollektiv**

#### **3.3.1 Übersicht über die cranio-fazialen Verletzungsmuster**

Die Verletzungen der internen Orbitawände waren mit folgenden cranio-fazialen Traumen assoziiert:

Mittelgesichts-Frakturen (gesamt n=55, davon: lateral n=32, zentral n=8, zentrolateral n=15) [Tabelle 8]

Frontobasis-Frakturen (gesamt n=18) [Tabelle 9]

Naso-Orbito-Ethmoidal-Frakturen (gesamt n=13) [Tabelle 10]

Orbitawandfrakturen waren am häufigsten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen assoziiert (n=32), weniger häufig mit zentrolateralen Mittelgesichtsfrakturen (n=15), seltener mit zentralen Mittelgesichtsfrakturen (n=8) und gelegentlich mit frontobasalen Frakturen ohne Läsion im Bereich des Mittelgesichts (n=2). Dabei fällt auf, dass 3-Wandfrakturen gehäuft und Orbita-4-Wandfrakturen ausschließlich mit zentrolateralen Mittelgesichtsfrakturen assoziiert waren, während die 1-Wandfrakturen und 2-Wandfrakturen bei lateralen oder zentralen Mittelgesichtsfrakturen auftraten. Isolierte frontobasale Frakturen traten verständlicherweise nur zusammen mit 1-Wandfrakturen auf.

Tabelle 8: Assoziation von Frakturen der internen Orbita (n=57) mit Mittelgesichts Frakturen oder Frontobasalen Frakturen ohne Läsion im Bereich des Mittelgesichts im Gesamtkollektiv

	Laterale Mittelgesichts-Fraktur	Zentrale Mittelgesichts-Fraktur	Zentrolaterale Mittelgesichts-Fraktur	Frontobasale Fraktur ohne Läsion im Bereich des Mittelgesichts	Summe
<b>1-Wandfraktur</b>	<b>10</b> 2 re 8 li	<b>1</b> 0 re 1 li	<b>1</b> 0 re 1 li	<b>2</b> 1 re 1 li	<b>14</b>
<b>2-Wandfraktur</b>	<b>14</b> 11 re 3 li	<b>5</b> 2 re 3 li	<b>0</b> 0 re 0 li	<b>0</b> 0 re 0 li	<b>19</b>
<b>3-Wandfraktur</b>	<b>6</b> 2 re 4 li	<b>2</b> 2 re 0 li	<b>8</b> 5 re 3 li	<b>0</b> 0 re 0 li	<b>16</b>
<b>4-Wandfraktur</b>	<b>2</b> 0 re 2 li	<b>0</b> 0 re 0 li	<b>6</b> 2 re 4 li	<b>0</b> 0 re 0 li	<b>8</b>
<b>Summe</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>57</b>

Eine Beteiligung der Frontobasis trat bei den 2-Wandfrakturen in etwa 10 % der Fälle auf (2 von 19), bei den 3-Wandfrakturen bei 38 % der Fälle (6 von 16) und bei den 4-Wandfrakturen definitionsgemäß in 100 % der Fälle auf (vgl. Tabelle 9)

Tabelle 9: Assoziation der Frakturen der internen Orbita (n=57) mit Frakturen der frontalen Schädelbasis (Isolierte frontobasale Frakturen n=2, frontobasale Frakturen kombiniert mit Mittelgesichtsfrakturen n=16; gesamt n=18)

	Frontobasale Fraktur vorhanden	Frontobasale Fraktur ohne Läsion im Bereich des Mittelgesicht	Frontobasale Fraktur mit Läsion im Bereich des Mittelgesichts	Frakturen der internen Orbita
<b>1-Wandfraktur</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>14</b>
<b>2-Wandfraktur</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>19</b>
<b>3-Wandfraktur</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>16</b>
<b>4-Wandfraktur</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>Summe (Orbitae)</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>57</b>

Tabelle 10: Relation der Frakturen der internen Orbita zu gleichzeitig vorliegenden NOE-Frakturen

	NOE-Fraktur liegt vor	NOE-Fraktur liegt nicht vor	Summe der Frakturen der internen Orbita
1-Wandfraktur	1	13	14
2-Wandfraktur	2	17	19
3-Wandfraktur	7	9	16
4-Wandfraktur	3	5	8
<b>Summe (Orbitae)</b>	<b>13</b>	<b>44</b>	<b>57</b>

Bei 9 von den 52 Patienten des Gesamtkollektivs waren die Orbita-Frakturen (n=13) mit Naso-Orbito-Ethmoidal-Frakturen kombiniert (Tabelle 10). In 5 Fällen lagen unilaterale und in 4 Fällen bilaterale NOE-Frakturen vor, im Einzelnen war die NOE-Region 7-mal rechts und 6-mal links betroffen.

Entsprechend der Einteilung nach Markowitz et al. (1991) können NOE –Frakturmuster einzeln oder in Kombination auftreten. Da in 2 Fällen von unilateralen NOE-Frakturen ein Verletzungsmuster vom Typ I zusammen mit einem Lidbandaussriss, d.h. ipsilateral Typ III, also kombiniert auf der gleichen Seite auftrat, ergeben sich in der Summe 15 vorliegende Frakturtypen bei nur 13 verletzten NOE-Komplexen (Tabelle 11):

- bei 5 Patienten (Pat. Nr. 2, 21, 23, 30, 31) mit *einseitigen* NOE Frakturen:

NOE-Fraktur Markowitz Typ I: n=3 (Pat. Nr. 2, 21, 30)

Kombiniertes NOE-Frakturmuster:

Markowitz Typ I, ipsilateral Typ III : n=2 (Pat. Nr. 23, 31)

- bei 4 Patienten (Pat. Nr. 5, 22, 29, 45) mit *beidseitigen* NOE- Frakturen:

NOE-Fraktur Markowitz Typ I: n=2 (Pat. Nr. 22, 45)

NOE-Fraktur Markowitz Typ II: n=1 (Pat. Nr. 5)

Kombiniertes NOE-Frakturmuster:

Markowitz Typ I, kontralateral Typ III: n=1 (Pat. Nr. 29)

Tabelle 11: Details zu den Naso-Orbito-Ethmoidal-Frakturen bei 9 Patienten aus dem Gesamtkollektiv: Frakturtypen nach Markowitz, uni- und bilaterale Verteilung, Seitenlokalisierung, Gesamtvorkommen der Frakturtypen

	Anzahl Patienten	Anzahl NOE-Fraktur Typ I			Anzahl NOE-Fraktur Typ II			Anzahl NOE-Fraktur Typ III		
		Rechts	Links	Gesamt	Rechts	Links	Gesamt	Rechts	Links	gesamt
<b>Unilaterale Frakturen</b>										
Typ I	3	1	2	3						
Typ I und Typ III *	2	2		2				2		2
<b>Zwischensumme</b>	5	3	2	5				2		2
<b>Bilaterale Frakturen</b>										
Beidseitig Typ I	2	2	2	4						
Beidseitig Typ II	1				1	1	2			
Einseitig Typ I, gegenseitig Typ III	1	1		1					1	1
<b>Zwischensumme</b>	4	3	2	5	1	1	2		1	1
<b>Gesamt Summe Patienten</b>	9									
<b>Gesamt Summe Frakturtypen</b>	15	6	4	10	1	1	2	2	1	3

### 3.3.2 Die Frakturen der internen Orbita

#### 3.3.2.1 Überblick über die Verletzungen der Orbita

Im Gesamtkollektiv (52 Patienten mit 57 Frakturen der internen Orbitae) wurden 132 verletzte Orbitawände jeweils in einer der vier anatomischen Lokalisationen (lateral, superior, inferior, medial) im Rahmen der Versorgung mit Titanmeshes operativ wiederhergestellt. Die häufigste Lokalisation war der Orbitaboden (54 /132 bzw. 40,9 %), gefolgt von der medialen (32 /132 bzw. 24,3 %) und lateralen Orbitawand (30/132 bzw. 22,7 %) sowie vom Orbitadach (16/132 bzw. 12,1 %) (Tabelle 12).

Tabelle 12: Interne Orbita-Frakturen (n=57): Anatomische Lokalisation der betroffenen Orbitawände (n=132) in Bezug zur Anzahl der 1- Wand und Mehr-Wandfrakturen. Die Prozentsätze bezogen auf die Gesamtzahl interner Orbitafrakturen (n=57) betragen für 1- Wandfrakturen 24,6 % (14/57), für 2- Wandfrakturen 33,3 % (19/57), für 3-Wandfrakturen 28,1 % (16/57) und für 4-Wandfrakturen 14 % (8/57)

Fraktur	Frakturlokalisierung				Quersumme der Orbitawände
	Laterale Orbitawand L	Orbitadach R	Orbitaboden F	Mediale Orbitawand M	
1-Wandfrakturen n=14	0	2	12	0	14
2-Wandfrakturen n=19	10	1	18	9	38
3-Wandfrakturen n=16	12	5	16	15	48
4-Wandfrakturen n=8	8	8	8	8	32
<b>Summe</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>32</b>	<b>132</b>

### 3.3.2.2 Frakturen der lateralen Orbitawand

Im Gesamtkollektiv lagen 30 Frakturen der lateralen Orbitawänden vor (rechts n=15, links n=15).

Diese Verletzungen resultierten meist aus Jochbeinfrakturen, bei denen zusätzlich die infero-medialen Orbitawände in wechselndem Ausmaß mitbeteiligt waren.

1- Wandfrakturen der lateralen Orbitawand kamen in diesem Zusammenhang nicht vor, stattdessen wurden immer 2- Wand oder 3- Wandfrakturen angetroffen, bei 4-Wandfrakturen war die Laterale Orbitawand immer involviert (Tabelle 13).

Die Morphologie der lateralen Orbitawand bzw. Jochbeinfraktur (Fragmentierung und Dislokation) hat Einfluss auf das Orbitavolumen. In 16 Fällen war das Orbitavolumen nach der lateralen Wandfraktur unverändert (Typ L1), in 14 Fällen bewirkten die Frakturen eine klinisch relevante Veränderung des Orbitavolumens (Typ L2). Bei diesen 14 Fällen handelt es sich in 10 Fällen um eine Zunahme des Orbitavolumens (Typ L2) und in 4 Fällen um eine Reduktion des Orbitavolumens (Typ L2-vol).

Tabelle 13: Frakturen der lateralen Orbitawände (n=30): Typen- Einteilung in Abhängigkeit von der resultierenden Veränderung des Orbitavolumens (Typ L1 bzw. Typ L2) , Mitbeteiligung im Rahmen von 1- und Mehr-Wandfrakturen

Frakturen der lateralen Orbitawand				
	Gesamt	Typ L1 (Orbitavolumen unverändert)	Typ L2 (Zunahme des Orbitavolumen)	Typ L2-vol (Abnahme des Orbitavolumen)
1-Wandfraktur	0			
2-Wandfraktur	10	5	4	1
3-Wandfraktur	12	9	3	0
4-Wandfraktur	8	2	3	3
<b>Summe</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>4</b>

### 3.3.2.3 Frakturen des Orbitadachs

Im Gesamtkollektiv lagen bei 16 Patienten Frakturen des Orbitadachs bzw. der superioren Orbitawand vor.

Orbitadach Frakturen vom Typ R II, also mit einer Fläche größer als  $2 \text{ cm}^2$  traten nur im Rahmen von 3-Wandfrakturen und 4-Wandfrakturen auf (Tabelle 14).

Tabelle 14: Frakturen des Orbitadachs (n=16): Typen- Einteilung nach Größe der Frakturfläche (Typ R1 bzw. Typ R2) und Mitbeteiligung im Rahmen von 1- und Mehr-Wandfrakturen

Frakturen des Orbitadachs			
	Gesamt	Typ R 1 (Fläche $\leq 2 \text{ cm}^2$ )	Typ R 2 (Fläche $> 2 \text{ cm}^2$ )
1-Wandfraktur	2	2	0
2-Wandfraktur	1	1	0
3-Wandfraktur	5	3	2
4-Wandfraktur	8	1	7
Summe	16	7	9

### 3.3.2.4 Frakturen des Orbitabodens

Der Orbitaboden bzw. die inferiore Orbitawandung war im Gesamtkollektiv am häufigsten betroffen, 54 Orbitae der mit Titanmeshes rekonstruierten Orbitae wiesen dort eine Fraktur auf – entweder isoliert als 1-Wandfraktur (n=12) oder im Rahmen von Mehrwandfrakturen (Tabelle 15).

Da bei Orbitaboden Frakturen vom Typ F1, d. h. bei einer Defektfläche des Orbitabodens  $\leq 2$  cm<sup>2</sup>, die Indikation zur Versorgung mit einem Titan-Gitter prinzipiell nicht gestellt wurde, ist dieser Frakturtyp a priori im Kollektiv dieser Studie nicht vertreten. Die Häufigkeit von Typ F3 Frakturen nahm proportional mit der Zahl der simultan vom Trauma betroffenen Orbitawandungen zu (Tabelle 15).

Tabelle 15: Frakturen des Orbitabodens (gesamt n=54): Typen- Einteilung nach Größe der Frakturfläche (Typ F1 bis Typ F3) und Mitbeteiligung im Rahmen von 1-Wand- und Mehr-Wandfrakturen

Orbitaboden Frakturen / Frakturen der inferioren Orbitawand				
	Gesamt	Typ F1 (Fäche $\leq 2$ cm <sup>2</sup> )	Typ F2 (Fläche $> 2$ cm <sup>2</sup> )	Typ F3 (Fläche $> 2$ cm <sup>2</sup> und Beteiligung der Fiss. Orbit. inferior)
1-Wandfraktur	12	0	7	5
2-Wandfraktur	18	0	6	12
3-Wandfraktur	16	0	4	12
4-Wandfraktur	8	0	0	8
Summe	54	0	17	37

### 3.3.2.5 Frakturen der medialen Orbitawand

Isolierte 1-Wandfrakturen der medialen Orbitawand sind im untersuchten Gesamtkollektiv nicht vorgekommen. Im Rahmen der 2-Wand und 3-Wandfrakturen der internen Orbita traten Frakturen vom Typ M1 doppelt so häufig auf wie der Typ M2. Bei 4-Wandfrakturen überwog der Anteil größerer Defekte vom Typ M2 (Tabelle 16).

Tabelle 16: Frakturen der medialen Orbitawand (gesamt n=32): Typen- Einteilung nach Größe der Frakturfläche (Typ M1 bzw. Typ M2) und Mitbeteiligung im Rahmen von 1- und Mehr-Wandfrakturen

Frakturen der Medialen Orbitawand			
	Gesamt	Typ M1 (Fläche $\leq 2 \text{ cm}^2$ )	Typ M2 (Fläche $> 2 \text{ cm}^2$ )
1-Wandfraktur	0	0	0
2-Wandfraktur	9	6	3
3-Wandfraktur	15	10	5
4-Wandfraktur	8	1	7
Summe	32	17	15

### 3.3.2.6 Frakturlokalisation und Kombination bei Mehrwandfrakturen der internen Orbita

2-Wand und 3-Wandfrakturen lassen sich je nach der Kombination der Frakturen innerhalb der vier Orbitawände (lateral, superior, inferior, medial) weiter differenzieren.

Bei 1-Wand und 4-Wandfrakturen stellt sich die Frage der topographisch–anatomischen Kombinationsmöglichkeiten nicht, es sind entweder eine oder immer alle vier Wandungen involviert.

#### 3.3.2.6.1 Topographische Kombinationen bei 2-Wandfrakturen

Bei 2-Wandfrakturen sind theoretisch 6 mögliche Kombinationen (Permutationen) der topographischen Lokalisation unterscheidbar (Tabelle 17). Das Vorkommen diskontinuierlicher Frakturmuster unter Aussparung der dazwischen liegenden Orbitawand/wände, d. h. die 2er-Kombinationen LM oder FR, ist auf der Basis der üblichen Pathomechanismen wenig wahrscheinlich.

Innerhalb des Gesamtkollektivs haben sich denn auch nur drei der möglichen 2er-Kombinationen realisiert:

Die 2-Wandfraktur der latero-inferioren Orbitawände (LF) (n=10), die 2-Wandfraktur der infero-medialen Orbitawände (FM) (n=8) und die Kombination aus der medialen und der superioren –Orbitawand (MR) (n=1).

Tabelle 17: Orbita 2-Wandfrakturen im Gesamtkollektiv (n=19): Topographische Kombinationsmöglichkeiten und tatsächliches Vorkommen

2 -Wandfrakturen - Lokalisation innerhalb der Augenhöhle		
Permutationen	Beteiligte Orbitawände	Anzahl
LF	Lateral-Inferior	10
FM	Inferior-Medial	8
MR	Medial-Superior	1
RL	Superior-Lateral	0
LM	Lateral (L) und Medial (M)	0
FR	Orbitaboden (F) und Orbitadach (R)	0
Summe		19

### 3.3.2.6.2 Topographische Kombinationen bei 3-Wandfrakturen

Für die topographische Kombination von 3-Wandfrakturen innerhalb der Augenhöhle lassen sich 4 Permutationen bestimmen (Tabelle 18).

Im Gesamtkollektiv kamen allerdings nur drei der möglichen 3er-Kombinationen vor. Dabei war die inferiore Orbitawand immer mitbeteiligt (LFM, FMR und LFR). Eine Frakturkombination innerhalb der medio-supero-lateralen Orbitawände (MRL), wie sie z.B. bei Frontobasisfrakturen vorkommen kann, wurde nicht beobachtet. Am häufigsten waren 3-Wandfrakturen in der Kombination aus den latero-infero-medialen Orbitawänden (LFM) zu verzeichnen.

Tabelle 18: Orbita 3-Wandfrakturen im Gesamtkollektiv (n=16): Topographische Kombinationsmöglichkeiten und tatsächliches Vorkommen

3 -Wandfrakturen - Lokalisation innerhalb der Augenhöhle		
Permutationen	Beteiligte Orbitawände	Anzahl
LFM	Lateral-Inferior-Medial	11
FMR	Inferior-Medial-Superior	4
LFR	Lateral-Inferior-Superior	1
MRL	Medial-Superior-Lateral Orbita	0

### 3.4 Orbital Trauma Score (OTS) - Gesamtkollektiv

Der Orbital Trauma Score ist ein Summenscore, mit dem sich die Schwere der Verletzung nach einer Fraktur der Augenhöhlenwände zum Ausdruck bringen lässt. Der Trauma Score beruht auf der Auswertung der präoperativen Bildgebung und / oder der intraoperativen Befunde.

Die mögliche Höhe des Orbital Trauma Scores ist von der Anzahl der beteiligten Orbitawände abhängig (s. Legende zu Tabelle 19).

Im Gesamtkollektiv (n=52 Patienten) bzw. im Gesamtkontingent der Orbitafrakturen mit späterer Rekonstruktion durch Titanmeshes (n=57) bewegen sich die Trauma Scores am häufigsten auf niedrigem und mittlerem Niveau (Score-Werte 2 bis 5). Höhere Scores (Score-Werte 6 bis 9) werden dagegen vergleichsweise selten erreicht (Tabelle 19, letzte Zeile).

Tabelle 19: Höhe der Orbital Trauma Scores und Häufigkeitsverteilung im Gesamtkollektiv (letzte Zeile) und in der Gruppe der 1-Wand, 2- Wand , 3- Wand- und 4-Wand-Frakturen (Zeilen 2 bis 5)

	Orbital Trauma Score									Summe	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<b>1-Wandfraktur</b>		2	7	5							14
<b>2-Wandfraktur</b>			1	6	6	6					19
<b>3-Wandfraktur</b>				0	3	6	5	2			16
<b>4-Wandfraktur</b>					0	0	0	1	2	5	8
<b>Summe</b>		2	8	11	9	12	5	3	2	5	57

Anmerkung: 1-Wand- und Mehr-Wandfrakturen erreichen jeweils ein unterschiedliches Scoreniveau! Minima und Maxima der OTS liegen bei:

- 1-Wandfrakturen: OTS 1 bis 3
- 2-Wandfrakturen: OTS 2 bis 5
- 3-Wandfrakturen: OTS 3 bis 7
- 4-Wandfrakturen: OTS 4 bis 9

### 3.4.1 Korrelation der Höhe des Orbital Trauma Score zur Anzahl der betroffenen Orbitawände

Betrachtet man die Traumascores der Reihe nach gruppiert für die 1-Wand- und Mehrwandfrakturen der Augenhöhle (Tabelle 19, Zeilen 2 bis 5), ergibt sich eine vom obigen Gesamteindruck abweichende Häufigkeitsverteilung der Schweregrade:

Bei den 1-Wand-(n=14), 2-Wand- (n=19) und 3 Wand-Frakturen (n=16) überwiegen die mittleren und hohe OTS Werte; bei den 4 -Wand-Frakturen (n=8) finden sich ausschließlich Traumascores oberhalb des Mittenbereichs mit einer Häufung beim möglichen Maximalwert.

### 3.4.2 Korrelation zwischen Orbital Trauma Score und Ätiologie

Tabelle 20: Verteilung der Orbital Trauma Scores nach Ätiologie (Trauma-Intensität)

	Orbital Trauma Score									Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Niedrigenergietrauma</b>	2	8	4	3	10	3	2	1	1	<b>34</b>
<b>Hochenergietrauma</b>	0	0	7	6	2	2	1	1	4	<b>23</b>
<b>Summe</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>57</b>

Während Niedrigenergietraumata alle möglichen OTS-Werte erreichen können, aber in 27 von 34 Fällen unter einem Wert von  $\leq 5$  bleiben, treten bei den Hochenergietraumata die beiden niedrigstmöglichen OTS Werte von 1 und 2 nicht auf. Die Trauma Scorewerte der Hochenergietraumata verteilen sich zweigipfelig mit einer Häufung bei den Werten 3 und 4 und einer zweiten Häufung beim Maximalwert.

### 3.5 Operative Zugangswege zur internen Orbita - Gesamtkollektiv

#### 3.5.1 Zugänge zu den Wänden in der unteren Zirkumferenz der Augenhöhle

Zu den knöchernen Wandungen in der unteren Zirkumferenz der internen Orbita (gesamt n=55) wurden folgende operative Zugänge gewählt (Tabelle 21): Unterlidmittenschnitt (n=45), transkonjunktivale Inzision (n=5), Gelegenheitszugang durch Erweiterung von Weichgewebeverletzungen bei offener Fraktur oder vorbestehenden Narben (n=3), subziliäre Inzision (n=1), infraorbitale Inzision (n=1).

In zwei Fällen aus dem Gesamtkontingent war kein Zugang zur unteren Zirkumferenz der orbitalen Knochenkavität notwendig.

Tabelle 21: Operative Zugangswege zur unteren Zirkumferenz der internen Orbita (n=55) gegliedert nach 1- bzw. Mehr-Wandfrakturen und im Gesamtkollektiv.

	Unterlid-mittenschnitt	Transkonjunktival	Präexistente Wunde / Narbe	Subziliär	Infraorbital	Summe
1-Wandfraktur	10	0	2	0	0	12
2-Wandfraktur	16	1	1	1	0	19
3-Wandfraktur	11	4	0	0	1	16
4-Wandfraktur	8	0	0	0	0	8
Summe	45	5	3	1	1	55

Die 5 transkonjunktivalen Zugänge wurden bei 4 Patienten vorgenommen (Pat. Nr. 5 (beidseits), 32, 48, 51). Der Gelegenheitszugang kam bei drei Patienten mit offenen Defektfrakturen zur Anwendung (Pat. Nr. 2, 35, 37). Ein subziliärer Zugang wurde nur bei einem Patienten (Pat. Nr. 1) verwendet.

Der infraorbitale Zugang gehörte nicht zum üblichen chirurgischen Repertoire der MKG Abteilung am BWK-Ulm. Im vorliegenden Fall handelte es sich um eine anderenorts voroperierte Patientin (Pat. Nr. 30), die wegen nicht reponierter Fragmente und nicht akzeptablen Deformitäten im Jochbein/ Mittegesichtsbereich nach Wiedereröffnung der bereits vorhandenen Schnittführung über den Infraorbitalrändern sekundär an beiden Orbitae operiert wurde.

#### 3.5.2 Zugänge zu den Wänden in der oberen Zirkumferenz der Augenhöhle

Die obere Zirkumferenz der internen Orbita (gesamt n=29) wurde über die folgenden drei operative Zugänge erreicht (Tabelle 22): koronare Inzision bzw. Bügelschnitt (n=26), obere Blepharoplastik-Inzision (n=2) und ein Gelegenheitszugang bei einer offenen Fraktur (n=1).

Tabelle 22: Operative Zugangswege zur oberen Zirkumferenz der internen Orbita (n=29) gegliedert nach 1- bzw. Mehr-Wandfrakturen und im Gesamtkollektiv

	Koronare Inzision	Obere Blepharoplastik-Inzision	Präexistente Wunde / Narbe	Summe
1-Wandfraktur	2	0	0	2
2-Wandfraktur	7	1	0	8
3-Wandfraktur	9	1	1	11
4-Wandfraktur	8	0	0	8
Summe	26	2	1	

### 3.6 Postoperative Computertomographie

#### 3.6.1 Radiologischer Kongruenz-Score (RKS)

Bei der Auswertung des radiologischen Kongruenz-Score fällt auf, dass 1-Wandfrakturen und 2-Wandfrakturen nur hohe Scores erreichen und die niedrigsten Scores, 0 und 1, dagegen, von 3-Wandfrakturen eingenommen werden, während die 4-Wandfrakturen keine niedrigen Scores aufweisen und scheinbar mit besseren Resultaten abschneiden. Betrachtet man allerdings die RKS-Mittelwerte so ergibt sich ein anderes Bild. Für die 1-Wand-, 2-Wand und 3-Wandfrakturen liegen die RKS-Mittelwerte nah beieinander, allerdings nehmen die Mittelwerte nicht mit steigender Anzahl betroffener Orbitawandungen kontinuierlich ab. Den besten RKS-Mittelwert von 4,9 erreichen zwei Gruppen gleichermaßen, die 1-Wandfrakturen und die 3-Wandfrakturen. Die Gruppe der 4-Wandfrakturen schneidet mit einem deutlich reduzierten RKS-Mittelwert von 3,8 am schlechtesten ab.

Tabelle 23: Verteilung des radiologischen Kongruenz-Scores (RKS) auf Frakturen nach Anzahl der betroffenen Orbitawandungen (n=57)

Radiologischer Kongruenz-Score	0	1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert +/- Standardabweichung
1-Wandfraktur	0	0	0	3	3	1	7	14	4,9 +/- 1,3
2-Wandfraktur	0	0	0	2	6	6	5	19	4,7 +/- 1,0
3-Wandfraktur	1	1	0	0	1	4	9	16	4,9 +/- 1,8
4-Wandfraktur	0	0	1	3	2	1	1	8	3,8 +/- 1,2
Summe	1	1	1	8	12	12	22	57	

### 3.6.2 Ergebnisse der radiologisch erhobenen Flächendifferenzen

Hier folgt zunächst die Auswertung für die Flächendifferenzen in den drei repräsentativen koronaren Ebenen. Die Auswertung des radiologischen Flächendifferenz-Score (RFS) folgt weiter unten (vgl. Kapitel 3.6.3).

Fälle mit beidseitigen Orbitafrakturen, die bilateral eine Titanmesh-Rekonstruktion erhielten, tauchen in diesen radiologischen Auswertungen nicht mehr auf, da die hier ausgewerteten Veränderungen in Bezug zu einer unverletzten Referenzseite erhoben worden sind.

Für die in Kapitel Material und Methoden unter 2.5.2 näher bezeichneten 41 Orbitae, nehmen die Mittelwerte und Standardabweichungen der Flächendifferenzen (relative Abweichungen der Pixelsummen) folgende Werte an:

- In der anterioren Schicht (vgl. Kapitel 2.5) 0 % +/- 9 %.
- Für die mediasagittale Schicht (=‘Midorbita-Schicht‘) beträgt die relative Abweichung 6 % +/- 14 %.
- Die relative Abweichung in der posterioren Schicht beträgt 8 % +/- 22 %.

Entsprechend dem höheren operativen Schwierigkeitsgrad, die posterioren Abschnitte der Orbita darzustellen und zu rekonstruieren, zeigen die Flächenmaße im Bereich der posterioren Schicht größere Mittelwerte und Standardabweichungen der Flächendifferenzen.

Ebenfalls zunehmend größere Mittelwerte der Flächendifferenzen entsprechend dem anspruchsvolleren operativen Schwierigkeitsgrad bei der Rekonstruktion finden sich in der Abfolge von der 1-Wand- über die 2-Wand- zu den 3-Wandfrakturen.

Die hier ausgewerteten, unilateralen 4-Wandfrakturen, n=4, überraschen wieder mit geringen Abweichungen.

Tabelle 24: Differenz der Orbitaflächen nach unilateraler Titanmesh Rekonstruktion an einer Auswahl von drei koronaren CT Ebenen (jeweils im anterioren, mittleren und posterioren Bereich der Rekonstruktion). Mittelwerte und Standardabweichungen der relativen Abweichung der Flächenmaße zwischen den Orbita-Ebenen mit Rekonstruktion und der intakter Gegenseite für das Untersuchungskollektiv (n=41) und seine Untergruppen (1- Wand und Mehrwandfrakturen). Ein rotes Minuszeichen (zur besseren Erkennbarkeit gelb unterlegt) bedeutet, dass die Fläche der rekonstruierten Orbita kleiner ist, als die der Referenzseite, entsprechend einer Überkonturierung des Titanmesh

Fraktur	Koronare Schicht im anterioren Bereich der Rekonstruktion	Koronare Schicht im mittleren Bereich der Rekonstruktion	Koronare Schicht im posterioren Bereich der Rekonstruktion	Orbitae
1-Wandfraktur	 5% +/- 4%	 4% +/- 6%	 7% +/- 8%	n = 11
2-Wandfraktur	4% +/- 9%	9% +/- 11%	13% +/- 15%	n = 14
3-Wandfraktur	4% +/- 8%	16% +/- 14%	20% +/- 14%	n = 12
4-Wandfraktur	 8% +/- 7%	4% +/- 9%	7% +/- 10%	n = 4
Alle Frakturen	0% +/- 9%	6% +/- 14%	8% +/- 22%	Summe: n = 41

### 3.6.3 Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS)

Bei Betrachtung der Ergebnisse des radiologischen Flächendifferenz-Score (RFS) fällt auf, dass die Mittelwerte eine Korrelation zu der Anzahl der betroffenen Orbitawände aufweisen. Mit Ausnahme der 4-Wandfrakturen, die den zweitbesten Mittelwert haben, verringert sich der Mittelwert des radiologischen Flächendifferenzscore mit zunehmender Anzahl der betroffenen Orbitawände.

Tabelle 25: Verteilung des radiologischen Flächendifferenz Score (RFS) auf die Orbitafrakturen nach der Anzahl der betroffenen Wände

Radiologischer Flächendifferenz-Score	0	1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert +/- Standardabweichung
1-Wandfraktur	0	0	0	0	2	1	8	11	5,6 +/- 0,8
2-Wandfraktur	0	2	0	2	3	4	3	14	4,4 +/- 1,6
3-Wandfraktur	1	1	0	1	2	3	4	12	4,3 +/- 1,9
4-Wandfraktur	0	0	0	1	0	1	2	4	5,0 +/- 1,2
Summe	1	3	0	4	7	9	17	41	

### 3.6.4 Radiologischer Outcome Score (ROS)

Die erhobenen radiologischen Outcome-Scores erreichen Werte zwischen 4 und 12. Die mathematisch möglichen Werte 0 bis 3 werden hier nicht erreicht. Ein unbefriedigender radiologischer Outcome-Score (ROS: 0 bis 6) trat bei den 1-Wandfrakturen nicht auf.

Die 1-Wandfrakturen haben einen durchschnittlichen ROS von 10,6. Die 2-Wandfrakturen haben einen durchschnittlichen ROS von 8,9 und die 3-Wandfrakturen von 8,8. Der ROS Mittelwert der 4-Wandfrakturen liegt mit 9,5 über dem der 2- und 3-Wandfrakturen. Dieser relativ hohe Wert erklärt sich durch den RFS der 4-Wandfrakturen, der bemerkenswert hoch ausfällt (siehe 3.6.2).

Allerdings sind die hier betrachteten, unilateralen 4-Wandfrakturen nur in geringer Zahl aufgetreten (n=4), so dass bei nur 1 unbefriedigendem und drei guten ROS der ermittelte Mittelwert keine große Aussagekraft besitzt (Tabelle 26).

Tabelle 26: ROS im untersuchten Kollektiv von 41 einseitig verletzten internen Orbitae

ROS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert +/- Standardabweichung	Summe
1-Wandfraktur					0	0	0	0	1	2	3	0	5	10,6 +/- 1,4	11
2-Wandfraktur				0	2	0	1	3	0	5	3	0		8,9 +/- 2,0	14
3-Wandfraktur			1	0	3	1	0	0	2	4	1			8,8 +/- 2,6	12
4-Wandfraktur					0	0	1	0	0	0	2	0	1	9,5 +/- 2,2	4
Summe					1	2	4	2	4	2	10	9	7	9,4 +/- 2,3	41

### 3.6.5 Orbital Trauma Score versus Radiologischer Kongruenz Score (OTS/RKS)

Die einfache Formel, je schwerer das Trauma bzw. je höher der Orbital Trauma Score, desto niedriger der RKS kommt hier nicht zum Ausdruck. Diese reziproke Korrelation wird nur für die hohen OTS von 7 bis 9 erreicht, deren RKS-Mittelwerte zwischen 4,0 und 3,4 alle noch im zufriedenstellenden Bereich liegen. Die Anzahl der betroffenen Orbitae mit OTS in der Größenordnung 7 – 9 ist jedoch gering (OTS 7(n=3), OTS 8(n=2), OTS 9 (n=5)).

Für die OTS zwischen 1 und 6 liegen die Mittelwerte der radiologischen Kongruenzscores zwischen 4,6 und 5,3 und sind als gut einzustufen.

Tabelle 27: RKS, aufgetragen gegen den OTS im untersuchten Kollektiv. Hier 57 verletzte internen Orbitae

RKS	Orbital Trauma Score (OTS)									Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3	0	1	2	2	0	0	0	1	2	8
4	1	1	2	1	5	0	0	1	1	12
5	0	1	1	5	4	0	0	0	1	12
6	1	5	6	1	3	4	2	0	0	22
<b>Mittelwert</b>	5	5,3	5	4,6	4,8	5	4	3,5	3,4	
<b>Standardabw.</b>	1	1,1	1,2	1	0,8	2	2,8	0,5	1	
<b>Summe</b>	2	8	11	9	12	5	3	2	5	57

### 3.6.6 Orbital Trauma Score und Radiologischer Flächendifferenz Score (OTS/RFS)

Bedingt durch die wenigen Fälle mit hohen Orbital Trauma Scores, für die der Radiologische Flächendifferenz Score außerordentlich gut ausfällt, wird eine Korrelation zwischen OTS und RFS nicht erkennbar. Den kleinsten RFS-Mittelwert von 2,9 haben Frakturen mit einem OTS von 5. Den zweitkleinsten RFS-Mittelwert von 3,0 haben Frakturen mit einem OTS von 8.

Erstaunlicherweise werden die beiden besten RFS-Mittelwerte, die sehr nahe beieinander liegen, bei Frakturen mit ganz unterschiedlichen OTS-Werten erreicht: Für die Frakturen mit einem OTS von 3 beträgt der RFS-Mittelwert 5,6 und für die Frakturen mit dem höchstmöglichen OTS von 9 liegt der RFS-Mittelwert bei 5,5. Eine Übereinstimmung zwischen zunehmender Schwere des Traumas und einem abnehmenden RFS lässt sich nicht ableiten.

Tabelle 28: RFS versus OTS im untersuchten Kollektiv von 41 einseitig verletzten internen Orbitae

RFS	Orbital Trauma Score (OTS)									Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	2	1	0	0	1	0	4
4	0	3	1	1	1	0	1	0	0	7
5	0	1	2	1	1	3	0	0	1	9
6	0	3	6	3	1	1	2	0	1	17
<b>Mittelwert</b>	-	5	5,6	4,3	2,9	5,3	5,3	3	5,5	
<b>Standardabw.</b>	-	0,9	0,7	1,7	2,1	0,4	0,9	-	0,5	
<b>Summe</b>	0	7	9	8	7	4	3	1	2	41

### 3.6.7 Orbital Trauma Score versus Radiologische Outcome Score (OTS/ROS)

Die Orbitae mit einem niedrigen OTS von 2 oder 3 (n=16) weisen mit ROS-Mittelwerten von 10,6 und 10,4 Ergebnisse im guten Bereich auf. Für die Orbitae aus dem mittleren OTS-Bereich zwischen 4 und 6 (n=19) liegen die ROS-Mittelwerte bei 8,6, bei 7,4 und bei 10 was einem zufriedenstellendem bis gutem Resultat gleichzusetzen ist.

Für die Orbitae mit einem hohen OTS zwischen 7 und 9 (n=6) werden ROS-Mittelwerte zwischen 6 und 10 erreicht, was zwei unbefriedigendem und 4 guten Ergebnissen entspricht.

Hinter dem ROS von 6 beim OTS von 8 aus der „Gruppe“ der schwerverletzten Orbitae verbirgt sich allerdings nur eine Orbita (n=1).

Eine ROS-Mittelwertbildung zusammengefasst in 3 Gruppen führt zu einer übersichtlichen Formulierung der Ergebnisse. Die Gruppe mit einem hohen OTS von 7 bis 9 (n=6) weist danach mit 10,8 den höchsten ROS auf. Die Gruppe der Orbitae mit einem niedrigen OTS von 1 bis 3 (n=16) hat mit 10,5 einen etwas geringeren, aber dennoch guten ROS-Mittelwert. Für die Gruppe mit mittleren OTS von 4 bis 6 (n=19) errechnet sich mit 8,5 der kleinste ROS, der allerdings immer noch als zufriedenstellend zu bewerten ist.

Tabelle 29: ROS versus OTS im untersuchten Kollektiv von 41 einseitig verletzten internen Orbitae. Die letzte Zeile fasst Frakturen mit steigendem OTS zusammen und bildet Mittelwerte für die Gruppe mit einem OTS zwischen 1 und 3, einem OTS zwischen 4 und 6 und einem OTS von 7 bis 9

ROS	Orbital Trauma Score (OTS)									Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
6	0	0	0	1	0	1	1	1	0	4
7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
8	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4
9	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
10	0	3	3	1	2	0	1	0	2	12
11	0	0	2	2	1	2	0	0	0	7
12	0	3	2	0	0	1	1	0	0	7
<b>Mittelwert</b>	-	10,6	10,4	8,6	7,4	10	9,3	6	10	
<b>Standardabw.</b>	-	1,4	1	1,7	2,7	2,4	2,5	-	0	
<b>Summe</b>	0	7	9	8	7	4	3	1	2	41
<b>Mittelwert</b>	10,5			8,5			10,8			

### **3.7 Postoperatives klinisches Follow up – Nachuntersuchungskollektiv**

Insgesamt 41 Patienten konnten klinisch nachuntersucht werden. Das Zeitintervall zwischen der Operation und der Nachuntersuchung betrug im Durchschnitt 2,14 +/-0,91 Jahre mit Extremwerten zwischen 0,71 und 4,22 Jahren.

#### **3.7.1 Symmetrie des Gesichtsschädels**

Die Untersuchung der Symmetrie des Gesichtsschädels ergab bei keinem Patienten aus dem klinischen Nachuntersuchungskollektiv auffällige, pathologische Veränderungen. Insbesondere lagen keine Asymmetrien im Bereich der lateralen Orbitaländer vor. Daher waren bei allen Patienten die Voraussetzungen zur Durchführung der Exophthalmometrie nach Hertel gegeben.

#### **3.7.2 Augenlider und mediales Lidband**

Die Untersuchung der Augenlider ergab bei 4 Patienten einen Tiefstand des Unterlids auf der operierten Seite mit einem daraus resultierenden sichtbaren Sklerastreifen unterhalb der Iris, was im angloamerikanischen Sprachraum als „skleral show“ bezeichnet wird (Pat. Nr. 20, 26, 31, 35). Bei drei dieser Patienten war der operative Zugang über einen Unterlidmittenschnitt erfolgt (Pat. Nr. 20, 26, 31), bei einem Patienten mit offener Defektfraktur über die bestehende Wunde als Gelegenheitszugang (Pat. Nr. 35).

Bei einer Patientin trat ein Hochstand des Unterlids auf der betroffenen Seite auf (Pat. Nr. 51). Bei dieser Patientin war ein transkonjunktivaler Zugang in Kombination mit einer lateralen Kanthotomie verwendet worden.

Ein narbenbedingtes Entropium oder Ektropium des Unterlids war in keinem Fall zu beobachten.

Die Untersuchung der Oberlider ergab bei 4 Patienten eine Dermotochalsis. Neben diesen 4 Befunden, die nicht auf die knöchernen Verletzung der Orbita oder auf die durchgeführte Therapie zurück zu führen waren, trat bei einer Patientin nach knöchernen Verletzungen beider Orbita eine Ptosis rechts auf (Pat. Nr. 45). Diese Ptosis war erst nach Rückbildung der postoperativen Schwellung ersichtlich und konnte daher sowohl Traumafolge als auch eine Komplikation der operativen Therapie sein.

Bei zwei Patienten fanden sich Veränderungen im Bereich der medialen Lidbänder. Bei einer Patientin, die im Naso-Orbito-Ethmoidalbereich eine unilaterale, kombinierte Fraktur Typ Markowitz I/Typ III erlitten hatte, zeigte sich trotz Reposition und Osteosynthese und direkter Kanthopexie mittels Längemann-Naht bei der Nachuntersuchung ein Telekanthus rechts (Pat. Nr. 31). Bei einem Patienten ohne Fraktur im Naso-Orbito-Ethmoidalbereich zeigte sich auf der unverletzten, rechten Seite ein Pseudotelekanthus, der zustande kam, weil auf der operierten linken Seite die Distanz zwischen Mediansagittalebene und innerem Augenwinkel verkleinert war (Pat. Nr. 52).

### 3.7.3 Position des Augenbulbus

Die Bulbusposition konnte bei allen 41 Patienten des Nachuntersuchungskollektivs bestimmt werden. An pathologischen Befunden ergaben sich: Enopthalmus n=9 (21,95 %) Bulbushochstand n=2 (4,88 %), Bulbustiefstand n=1 (2,44 %). Ein Exopthalmus fand sich nicht.

Bei Vorliegen eines klinisch und inspektorisch imponierendem Enopthalmus zeigten sich in 7 von 9 Fällen (Pat. Nr. 6, 19, 30, 32, 46, 49, 52) auch bei der Exophtalmometrie nach Hertel eindeutig pathologische Ergebnisse (d. h. eine Differenz > 2 Millimeter). Bei den übrigen 2 Patienten (Pat. Nr. 33, 35) waren die Hertel-Ergebnisse bei einer Differenz ≤ 2 Millimeter grenzwertig normal. Ein Patient (Pat.Nr. 31) unterzog sich in der Zeit zwischen der letzten Operation im BWK Ulm und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung einer ophthalmologischen Korrekturoperation an anderem Ort.

Tabelle 30: Abweichung der Bulbusposition im untersuchten Kollektiv von 41 nachuntersuchten Patienten

Abweichung	Enopthalmus	Exopthalmus	Bulbus-tiefstand	Bulbus-hochstand
Liegt vor	Insgesamt: 9	0	1	2
	davon:			
	Starke Abweichung Klin. Outcomescore: 0			
	Mäßige Abweichung Klin. Outcomescore: 1			
Liegt nicht vor	32	41	40	39
Summe	41	41	41	41

Zwei Patienten zeigten einen Bulbushochstand (Pat. Nr. 19, 31). Der Patient mit Bulbustiefstand (Pat. Nr. 33) war anderen Orts primär versorgt worden, wobei das frakturierte Jochbein in dorso-kaudaler Fehlstellung fixiert worden war. Die sekundäre Korrektur erfolgte dann 7 Tage nach dem ersten Eingriff. Da nach der sekundären Korrektur aufgrund einer unzureichenden Konturierung des Titanmeshs weiterhin Doppelbilder bestanden wurde 5 Tage später noch einmal das inserierte Titanmesh im Bereich des posterioren Orbitabodens im Rahmen einer dritten Operation nachkonturiert.

### **3.7.4 Diplopie**

Im Nachuntersuchungskollektiv (n=41) konnte die Untersuchung auf Diplopie bei 40 Patienten durchgeführt werden. Bei einem Patienten war die Untersuchung auf Diplopie nicht möglich, da die Verletzungen der Orbita im Rahmen eines Polytraumas aufgetreten waren. Als Residuen dieses Polytraumas verblieben ein hirnorganisches Psychosyndrom und ein Visusabfall links auf 20 % (Pat. Nr. 16). Von den untersuchten 40 Patienten aus dem Nachuntersuchungskollektiv war bei 15 eine Diplopie unterschiedlichen Schweregrads festzustellen (37,5%).

6 Patienten (15 %) hatten Doppelbilder bei endgradigen Blickrichtungen/ im Rand des Sehfeldes, die Sehfeldperipherie bei moderaten Blickwinkeln und das zentrale Sehfeld beim Blick geradeaus war frei von Doppelbildern (Pat. Nr. 14, 21, 35, 38, 51, 52).

5 Patienten (12,5 %) hatten Doppelbilder sowohl bei endgradigen Blickrichtungen als auch bei moderaten Blickrichtungen, das zentrale Sehfeld war frei von Doppelbildern (Pat. Nr. 28, 30, 32, 33, 49).

4 Patienten (10 %) hatten sowohl beim Blick geradeaus im zentralen Sehfeld, als auch in der Sehfeldperipherie und im Bereich des Sehfeldrand Doppelbilder (Pat. Nr. 1, 6, 19, 31). Die Verteilung der Doppelbilder in Abhängigkeit der Zahl der von einer Fraktur betroffenen Orbitawände zeigt Tabelle 31:.

Tabelle 31: Doppelbilder in Abhängigkeit der Zahl der von einer Fraktur betroffenen Orbitawände im Nachuntersuchungskollektiv. Es handelt sich um 42 verletzte interne Orbitae (38 einseitig und 2 bilaterale Traumata) bei 40 nachuntersuchten Patienten, bei denen eine Untersuchung auf Diplopie durchgeführt werden konnte

Anzahl betroffener Orbitawände	Diplopie				Summe	Anteil
	Keine Doppelbilder	Am Rand des Sehfelds	Im peripheren Sehfeld	im zentralen Sehfeld		
1-Wandfraktur	6	1	1	0	8	25,0%
2-Wandfraktur	11	1	1	2	15	26,7%
3-Wandfraktur	6	2	3	2	13	53,8%
4-Wandfraktur	4	2	0	0	6	50,0%
<b>Summe</b>	<b>27</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>42</b>	<b>42</b>

Bei den Orbitae mit 1-Wandfrakturen traten Doppelbilder in 25 % der Fälle auf, bei den 2 Wandfrakturen in 26,7 %. Bei den Orbitae mit 3-Wandfrakturen und 4-Wandfrakturen lag der Anteil der Patienten mit Diplopie mit etwa 50 % doppelt so hoch wie bei den 1- und 2 Wandfrakturen.

### 3.7.5 Ergebnisse der Untersuchung am Hess-Schirm

Im Nachuntersuchungskollektiv (n=41) konnte bei 38 Patienten die Koordimetrie am Hess-Schirm durchgeführt werden. Neben dem Patienten, bei dem bereits die Untersuchung auf Doppelbilder nicht durchführbar war (vgl. Kapitel 3.7.4), war bei einem Patienten (Pat. Nr. 39) durch einen Arbeitsunfall in der Vorgeschichte eine Verätzung der Hornhaut des rechten Auges mit Visusminderung auf 70 % eingetreten und bei einer Patientin (Pat. Nr. 45) war es auf-

grund der Residuen einer frühkindlichen Hypoxie nicht möglich, den Hess Schirm Test durch zu führen.

Bei 3 der 38 untersuchten Patienten wurden die Untersuchungsbefunde am Hess Schirm neben der Titanmesh Rekonstruktion der Orbita durch weitere in ihrer Bedeutung nicht eindeutig abschätzbare Faktoren beeinflusst (alternierende Variable) und daher für die weitergehende Bewertung der Befunde ausgeschlossen: 2 Patientinnen (Pat. Nr. 19, 30) hatten sich nach der letzten Operation am BWK Ulm anderen Orts einer weiteren ophthalmologischen Operation unterzogen. Ein Patient (Pat. Nr. 49) war in seiner Kindheit aufgrund eines angeborenen Strabismus behandelt worden, ohne dass es dadurch zu einer restitutio ad integrum gekommen war.

Von den 35 verbliebenen Patienten fanden sich bei 22 Patienten keine pathologischen Befunde (Tabelle 37: Seite 99). Für die 13 Patienten, bei denen die Untersuchung am Hess-Schirm möglich war und deren pathologische Veränderungen in dieser Untersuchung ausschließlich Folge des Trauma und der Orbitawandrekonstruktion war, ergab die Gegenüberstellung der Befunde aus den klinischen Untersuchungen auf Doppelbilder und der Befunde am Hess Schirm folgendes:

In der Untergruppe ohne Doppelbilder (Tabelle 32, dritte Zeile) (n=25) ließen sich bei 3 Patienten pathologische Koordimetriebefunde feststellen (Pat. Nr. 17, 18, 23). Bei der Untergruppe mit Doppelbildern am Sehfelddrand (Tabelle 32, vierte Zeile) (n=6) traten bei 4 Patienten pathologische Befunde in der Koordimetrie auf (Pat. Nr. 21, 35, 51, 52). In den Untergruppen mit Doppelbildern im peripheren Sehfeld (n=5) und mit Doppelbildern im zentralen Sehfeld (n=4) fand sich bei allen Patienten pathologische Ergebnisse am Hess-Schirm, die jedoch, zumindest teilweise, auch durch alternierende Variablen bedingt gewesen sein können.

Tabelle 32: Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse am Hess Schirm und der klinischen Untersuchung auf Doppelbilder. Im Nachuntersuchungskollektiv (n=41) waren bei einem Patienten beide Untersuchungen nicht möglich (daher hier n=40), in 2 Fällen war nur die Hess Schirm Untersuchung nicht durchführbar

Untersuchung auf Diplopie		Untersuchung am Hess Schirm				Summe
Befund	Anzahl (n)	Ohne Pathologischen Befund	Pathologischer Befund  Ursache: Trauma und Orbitawand-Rekonstruktion	Pathologischer Befund  Ursache: Orbitawand Rekonstruktion und alternierende Variablen	Untersuchung nicht möglich	
Keine Doppelbilder	25	20	3	0	2	25
Doppelbilder nur am Sehfeldrand	6	2	4	0	0	6
Doppelbilder im peripheren Sehfeld	5	0	3	2	0	5
Doppelbilder im zentralen Sehfeld	4	0	3	1	0	4
		22	13	3	2	
Summe	40		35	3	2	40

Den Doppelbild-Befunden lassen sich mit Hilfe der Hess Schirm Untersuchung Funktionsdefizite der äußeren Augenmuskeln zuordnen. In der aus 13 Patienten bestehenden Untergruppe des Nachuntersuchungskollektivs mit pathologischen Befunden in der klinischen Untersuchung auf Diplopie und am Hess Schirm ohne Vorliegen einer alternierenden Variablen waren die nachfolgenden Funktionseinschränkungen der äußeren Augenmuskeln feststellbar (Tabelle 33: Seite 100).

Bei 3 Patienten, die bei der klinischen Untersuchung keine Doppelbilder angaben, trat ein pathologisches Ergebnis am Hess Schirm aufgrund eines geringen Defizits des M. rectus superior auf der Seite mit der Orbitawandrekonstruktion auf.

Bei den 4 Patienten mit Doppelbildern bei extremen Blickrichtungen bzw. am Sehfeldrand lag in 3 Fällen ein Defizit des M. rectus superior (ausgeprägt n=2, gering n=1) und in 1 Fall ein geringes Defizit des M. obliquus inferior vor.

Bei den 3 Patienten mit Doppelbilder bei moderaten Blickrichtungen bzw. in der Sehfeldperipherie wurde in 1 Fall ein ausgeprägtes Defizit des M. rectus superior, in 1 Fall ein geringes Defizit des M. rectus medialis sowie in 1 Fall ein ausgeprägtes Defizit des M. rectus lateralis beobachtet.

Bei den 3 Patienten mit Doppelbildern in allen Blickrichtungen, insbesondere auch im zentralen Sehfeld, ließ sich in 2 Fällen ein ausgeprägtes Defizit des M. rectus medialis und in einem dieser beiden Fälle zusätzlich ein ausgeprägtes Defizit des M. rectus superior belegen. 1 Patient hatte ein kombiniertes Defizit des M. rectus superior, des M. rectus inferior und des M. obliquus superior.

Tabelle 33: Doppelbilder bzw. pathologische Befunde am Hess Schirm und zugrundeliegende Funktionsdefizite der äußeren Augenmuskeln für die insgesamt 13 Patienten aus dem Nachuntersuchungskollektiv, bei denen keine alternierende Variable vorgelegen hat. Graduierung des muskulären Funktionsdefizits: + für gering / ++ für ausgeprägt

Befund	Anzahl (n)	Pat. Nr	m. rect. sup.	m. rect. med.	m. rect. Inf.	m. rect. Lat.	m. obl. Inf.	m. obl. sup.
Keine Doppelbilder	3	17	+					
		18	+					
		23	+					
Doppelbilder nur am Sehfeldrand	4	21	++					
		35	++					
		51					+	
		52	+					
Doppelbilder im peripheren Sehfeld	3	28				++		
		32		+				
		33	++					
Doppelbilder im zentralen Sehfeld	3	1	++		++			++
		6	++	++				
		31		++				

### 3.7.6 Klinischer Outcome Score (KOS) - Nachuntersuchungskollektiv

Der klinische Outcome-Score stellt eine Synopsis der klinischen und funktionellen Ergebnisse jedes Patienten (n=41 mit 43 Orbitae) aus dem Nachuntersuchungskollektiv dar. Die klinischen Ergebnisse im gesamten Nachuntersuchungskollektiv waren in 26% als unbefriedigend, in 26% als zufriedenstellend und in 48% als gut einzuschätzen.

Im untersuchten Kollektiv von 41 Patienten respektive bei 43 verletzten internen Orbitae tritt bei 1-Wandfrakturen kein KOS mit unbefriedigendem Ergebnis auf. Zufriedenstellende KOS sind in 3 von 8 (37,5 %) und gute Outcome Scores in 5 von 8 (67,5 %) 1-Wandfrakturen zu verzeichnen. Die 1-Wandfrakturen zeigen damit den besten KOS-Mittelwert mit geringer Streuung.

Bei den 2-Wandfrakturen nimmt der Anteil der KOS mit gutem Ergebnis auf 9 von 16 (61,3 %) und der Anteil der KOS mit zufriedenstellendem Ergebnis auf 4 von 16 (25,0 %) ab. Der Anteil der KOS mit unbefriedigendem Ergebnis beträgt 3 von 16 (18,7 %). Die 2-Wandfrakturen zeigen damit einen geringeren KOS-Mittelwert bei gleichzeitig stärkerer Streuung.

Für die 3-Wandfrakturen ist der Anteil der als gut und unbefriedigend bewerteten klinischen Outcome Scores mit jeweils 5 von 13 (38,5 %) gleichgroß. KOS mit zufriedenstellender Bewertung machen mit insgesamt 3 von 13 (23,0 %) den kleinsten Anteil aus. Daher ist bei vergleichsweise größter Streuung der Mittelwert der 3-Wandfrakturen am geringsten, liegt aber mit 4,1 insgesamt immer noch im Bereich der zufriedenstellenden KOS.

4-Wandfrakturen sind im Nachuntersuchungskollektiv nur in geringer Anzahl vertreten. Die Anzahl der als gut bewerteten KOS ist mit 2 von 6 (33 %) kleiner als bei den 3-Wandfrakturen, allerdings hat nur 1 von 6 (17 %) der 4-Wandfrakturen einen KOS mit unbefriedigendem Resultat. Der Anteil der KOS mit zufriedenstellender Bewertung ist in dieser Gruppe mit 50 % sehr hoch. Die 4-Wandfrakturen haben mit einem KOS-Mittelwert von 4,3 statistisch ein etwas besseres Ergebnis als die 3-Wandfrakturen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit steigender Anzahl der betroffenen Orbitawände der Anteil der guten KOS Werte abnimmt.

Tabelle 34: KOS und Bewertung in Gegenüberstellung zu den Verletzungsmustern der internen Orbita (n=43 Orbitae, n=41 Patienten) im gesamten Nachuntersuchungskollektiv

Klinischer Outcome Score (KOS)	0	1	2	3	4	5	6	7	Summe	Mittelwert +/- Standardabweichung
Wertung des KOS	unbefriedigend				Zufriedenstellend		gut			
1-Wandfraktur	0	0	0	0	1	2	4	1	8	5,6 +/- 0,9
2-Wandfraktur	0	2	1	2	0	2	4	5	16	4,9 +/- 2,1
3-Wandfraktur	0	2	3	0	2	1	3	2	13	4,1 +/- 2,2
4-Wandfraktur	0	0	1	0	3	0	2	0	6	4,3 +/- 1,4
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>43</b>	
	25,6 %				25,6 %		48,8 %			

### 3.7.7 Orbital Trauma Score (OTS) – Nachuntersuchungskollektiv

Die Verteilung des Orbital Trauma Score (OTS) im Gesamtkollektiv von 57 Orbitae ist bereits in Kapitel 3.4 dargestellt. Eine gleichartige Übersicht des Orbital Trauma Score auf die verschiedenen Wandfrakturen im Nachuntersuchungskollektiv von 43 Orbitae zeigt Tabelle 35:

Die Korrelation des OTS zur Anzahl der betroffenen Orbitawände bringt grundsätzlich die gleichen Ergebnisse wie im Gesamtkollektiv. Insbesondere bei den 4-Wand-Frakturen (n=8) finden sich wieder ausschließlich hohe OTS zwischen 7 und 9.

Tabelle 35: Verteilung des Orbital Trauma Score auf das Verletzungsmuster der internen Orbita im Nachuntersuchungskollektiv

	Orbital Trauma Score (OTS)									Summe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1-Wandfraktur	1	4	3							8
2-Wandfraktur		1	5	6	4					16
3-Wandfraktur			0	2	6	3	2			13
4-Wandfraktur				0	0	0	1	2	3	6
<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>43</b>

### 3.7.8 Radiologischer Kongruenz Score (RKS) - Nachuntersuchungskollektiv

Bei der Auswertung des RKS im Nachuntersuchungskollektiv (n=41 Patienten und 43 Orbitae) fällt wie im Gesamtkollektiv auf, dass 1-Wandfrakturen und 2-Wandfrakturen nur hohe Werte erreichen und die niedrigsten RKS-Werte von 0 und 1 auf die 3-Wandfrakturen entfallen. Die 4-Wandfrakturen erreichen hingegen diese niedrigen Score-Werte nicht und haben scheinbar bessere Ergebnisse. Bei Betrachtung der RKS-Mittelwerte ergibt sich folgendes:

Die Gruppe mit dem besten RKS-Mittelwert von 5,1 bilden die 1-Wandfrakturen. Die Gruppe der 4-Wandfrakturen weist den niedrigsten RKS-Mittelwert von 4,0 auf. Mit steigender Anzahl betroffener Orbitawandungen nehmen die Mittelwerte regelhaft ab, allerdings sind die 3-Wandfrakturen mit einem Mittelwert von 5,1 von dieser Regel ausgenommen. Dabei bleiben die Ergebnisse für das Gesamtkollektiv (siehe Kapitel 3.6.1) und für das Nachuntersuchungskollektiv prinzipiell identisch.

Tabelle 36: Verteilung des Radiologischen Kongruenz Score (RKS) nach Anzahl der betroffenen Orbitawände im Nachuntersuchungskollektiv (n=43)

Radiologischer Kongruenz-Score	0	1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert +/- Standardabweichung
1-Wandfraktur	0	0	0	2	0	1	5	8	5,1 +/- 1,3
2-Wandfraktur	0	0	0	2	4	5	5	16	4,8 +/- 1,0
3-Wandfraktur	1	0	0	0	1	4	7	13	5,1 +/- 1,6
4-Wandfraktur	0	0	1	1	2	1	1	6	4,0 +/- 1,9
<b>Summe</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>43</b>	

### 3.7.9 Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS) – Nachuntersuchungskollektiv

Bei 34 nachuntersuchten Patienten mit 34 Orbitae kann ein RFS bestimmt werden. Bei den verbliebenen 7 nachuntersuchten Patienten ist die Bestimmung der RFS nicht möglich, zum Beispiel weil die Orbitae beider Seiten betroffen sind (vgl. Kapitel 2.5.2).

Die RFS-Mittelwerte im Nachuntersuchungskollektiv zeigen im Gegensatz zu den entsprechenden RFS-Werten im Gesamtkollektiv (vgl. Kapitel 3.6.3) keine Korrelation zur Anzahl der betroffenen Orbitawände. Für die Mehrwandfrakturen ergibt sich hier sogar eine umgekehrte Proportionalität, je höher die Anzahl der beteiligten Orbitawände, desto besser fallen die Mittelwerte und Standardabweichungen aus. Den größten RFS-Mittelwert haben aber mit Abstand die 1-Wandfrakturen.

Tabelle 37: Verteilung des radiologischen Flächendifferenzscore RFS auf die Orbitafrakturen nach der Anzahl der betroffenen Wände (n=34) im Nachuntersuchungskollektiv

Radiologischer Flächendifferenz-Score	0	1	2	3	4	5	6	Summe	Mittelwert +/- Standardabweichung
1-Wandfraktur	0	0	0	0	0	1	5	6	5,8 +/- 0,4
2-Wandfraktur	0	2	0	2	3	4	3	14	4,1 +/- 1,6
3-Wandfraktur	0	1	0	1	2	2	4	10	4,6 +/- 1,6
4-Wandfraktur	0	0	0	1	0	1	2	4	5,0 +/- 1,2
Summe	0	3	0	4	5	8	14	34	

### 3.7.10 Radiologischer Outcome Score (ROS) - Nachuntersuchungskollektiv

Bei 34 nachuntersuchten Patienten mit 34 Orbitae konnte ein ROS bestimmt werden. Es handelt sich hier um die gleichen Patienten wie in 3.7.9. Die Ergebnisse des radiologischen Outcome-Scores für das Gesamtkollektiv wurden bereits in Kapitel 3.6.4 dargestellt. Die radiologischen Outcome-Scores für das Nachuntersuchungskollektiv erreichen Werte von 5 bis 12. Die mathematisch möglichen Werte 0 bis 4 kommen dabei nicht vor.

Tabelle 38: ROS und Bewertung in Gegenüberstellung zur Anzahl der frakturierten Orbitawände im Nachuntersuchungskollektiv (n=34)

ROS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittelwert +/- Standard- abweichung	Summe
Wertung des ROS	unbefriedigend						Zufrieden- stellend			gut					
1-Wandfraktur						0	0	0	0	1	1	0	4	11,2 +/- 1,3	6
2-Wandfraktur						2	0	1	3	0	5	3	0	8,9 +/- 2,1	14
3-Wandfraktur						0	2	1	0	0	2	4	1	9,5 +/- 2,3	10
4-Wandfraktur						0	1	0	0	0	2	0	1	9,5 +/- 2,5	4
Summe						2	3	2	3	1	10	7	6	9,5 +/- 2,2	34

Die 1-Wandfrakturen nehmen den höchsten ROS-Mittelwert von 11,2 ein. Die 2-Wandfrakturen haben den geringsten ROS-Mittelwert, der mit 8,9 immer noch zufriedenstellend ist. Die 2- und 3-Wandfrakturen haben einen ROS von 9,5 und weisen damit einen Bereich auf, in dem die ROS von der Bewertung als gut (ROS = 10-12) in ein zufriedenstellendes Ergebnis (ROS = 7-9) übergehen. Im Nachuntersuchungskollektiv beträgt der ROS-Mittelwert 9,5, was dem ROS-Mittelwert im Gesamtkollektiv (Vergleiche Kapitel 3.6.4) abermals entspricht.

### 3.7.11 Orbital Trauma Score versus Radiologischer Outcome Score (OTS/ROS) - Nachuntersuchungskollektiv

Für den Zusammenhang zwischen OTS und ROS konnten dieselben 34 nachuntersuchten Patienten ausgewertet werden wie in Kapitel 3.7.10. Die Vermutung, dass bei höherer Intensität des Traumas die Güte des OP-Ergebnisses abnimmt - und damit OTS und ROS gleichermaßen sinken - scheint plausibel. Mit Ausreißern für Frakturen mit einem OTS von 6, von 7 und von 9 lässt sich dieser Zusammenhang im Nachuntersuchungskollektiv nachvollziehen (siehe Tabelle 39).

Die ROS-Mittelwerte haben eine Bandbreite von 8 bis 11,3 und sind damit ohne weitere Berücksichtigung der OTS-Höhe als zufriedenstellend bis gut zu bewerten. Ein „Ausreißer“ findet sich mit einer OTS-Höhe von 8 mit einem als unbefriedigend bewertetem ROS von 6, hinter dem tatsächlich nur eine Orbita steht.

Tabelle 39: ROS und Trauma Score im Nachuntersuchungskollektiv (n=34)

ROS	Bewertung des ROS	Orbital Trauma Score (OTS)								Summe
		Bewertung des OTS								
		Leicht		Mittelmäßig			schwer			
2	3	4	5	6	7	8	9			
5	Unbefriedigend	0	0	0	2	0	0	0	0	2
6		0	0	1	0	0	1	1	0	3
7	zufriedenstellend	0	0	1	1	0	0	0	0	2
8		0	0	3	0	0	0	0	0	3
9		0	1	0	0	0	0	0	0	1
10	gut	2	2	1	2	0	1	0	2	10
11		0	2	2	1	2	0	0	0	7
12		2	2	0	0	1	1	0	0	6
<b>Mittelwert</b>		11	10,7	8,6	8	11,3	9,3	6	10	
<b>Standardabweichung</b>		1	1	1,7	2,5	0,5	2,5	-	-	
<b>Summe</b>		4	7	8	6	3	3	1	2	34

### **3.7.12 Zusammenhang Orbital Trauma Score und klinischer Outcome Score (OTS/KOS) - Nachuntersuchungskollektiv**

Der klinische Outcome Score bezieht sich auf die nachuntersuchten Patienten (n=41) und wurde für 43 Orbitae ermittelt (vgl. Kapitel 2.6.7). Ein Patient wurde aus diesem OTS/KOS-Vergleich ausgeschlossen, da weder die Einzeluntersuchung auf Diplopie noch die Untersuchung am Hess Schirm durchführbar gewesen ist (vgl. Kapitel 2.6.8 und 3.7.4), so dass 42 Orbitae in die Bewertung eingehen. Der bestmögliche KOS-Wert von 7 Punkten wird nur bei Frakturen mit niedrigem OTS zwischen 2 und 5 erreicht. Nur in der Gruppe mit einem OTS von 2 wird ein als gut zu bewertender KOS-Mittelwert erreicht. Für die Gruppe der Frakturen mit einem OTS zwischen 3 und 5 sind die KOS-Mittelwerte zufriedenstellend. Ein KOS von 0 tritt im Nachuntersuchungskollektiv nicht auf.

Bei einem OTS von 6 oder 7 sind die KOS-Werte nur als unbefriedigend einzuschätzen. Frakturen mit einem OTS von 8 oder 9 kommen nur in geringer Zahl vor und schneiden mit KOS-Werten von 5 oder von 4,7 mit zufriedenstellenden Ergebnissen ab. Aufgrund der geringen Anzahl von Verletzungen mit einem OTS von 7 sind die schlechten Resultate in dieser Gruppe möglicherweise als Ausreißer anzusehen.

Die mit nur 2 bis 3 Patienten geringen Fallzahlen für bestimmte OTS-Werte erklären die sehr unterschiedlichen KOS-Mittelwerte. Eine Betrachtung nach Untergruppen, entsprechend der beiden niedrigsten OTS-Werte (2,3), der drei mittleren OTS-Werte (4, 5, 6) und der drei höchsten OTS-Werte (7, 8, 9) zeigt, dass der KOS bei steigendem OTS abnimmt (Siehe Tabelle 40, vorletzte Spalte).

Tabelle 40: Orbital Trauma Score (OTS) und Bewertung versus klinischen Outcome Score (KOS) und Bewertung im Nachuntersuchungskollektiv (n=42 Orbitae, n=40 Patienten)

OTS	OTS-Wertung	Klinischer Outcome Score (KOS)							Mittelwert +/- Standardabweichung	Mittelwert +/- Standardabweichung	Summe
		Bewertung des KOS									
		unbefriedigend			zufriedenstellend		gut				
		1	2	3	4	5	6	7			
2	leicht	0	0	0	0	1	2	2	6,2 +/- 0,8	5,4 +/- 1,3	5
3		0	0	2	1	2	2	1			8
4	mittelmäßig	1	1	0	0	1	3	2	5,0 +/- 2,1	4,6 +/- 2,3	8
5		2	2	0	0	0	3	3	4,5 +/- 2,5		10
6		0	1	0	1	1	0	0	3,7 +/- 1,3		3
7	schwer	1	1	0	1	0	0	0	2,3 +/- 1,3	3,9 +/- 1,6	3
8		0	0	0	1	0	1	0	5,0 +/- 1,0		2
9		0	0	0	2	0	1	0	4,7 +/- 0,9		3
<b>Summe</b>		4	5	2	6	5	12	8	4,7 +/- 2,0		42
		26,2 %			26,2 %		47,6 %				100%

### 3.7.13 Zusammenhang Radiologischer Outcome Score zu klinischem Outcome Score (ROS/KOS)-Nachuntersuchungskollektiv

Eine streng lineare Beziehung zwischen dem Radiologischen Outcome Score (ROS) als Surrogat für die anatomisch korrekte Wiederherstellung der Oberflächenmorphologie der Orbita einerseits und dem Klinischem Outcome Score KOS als Surrogat für die funktionelle Wiederherstellung lässt sich nicht ablesen.

Vielmehr gibt es Fälle mit großen Diskrepanzen. So kann man anhand der nachstehenden Tabelle feststellen, dass es einen Fall gibt, in welchem der maximal erreichbare ROS von 12 mit einem KOS von 2 einhergeht. Konträr dazu gibt es einen Fall mit einem maximal möglichen KOS von 7 bei einem ROS von nur 7. Es entsteht der Gesamteindruck, dass mittelhohe ROS zwischen 8 und 10 (d.h. an der Grenze zwischen zufriedenstellend und gut, vgl. Kapitel 2.5.2), mit den höchsten KOS-Mittelwerten assoziiert sind.

Tabelle 41: Radiologischer Outcome-Score (ROS) versus klinischen Outcome Score (KOS) im Nachuntersuchungskollektiv (n=34)

ROS	ROS Wertung	Klinischer Outcome Score							Mittelwert +/- Standardabweichung	Summe
		Wertung Klinischer Outcome Score								
		unbefriedigend			zufriedenstellend		gut			
		1	2	3	4	5	6	7		
5	unbefriedigend	1	0	0	0	0	0	1	4,0 +/- 3,0	2
6		1	1	0	0	0	1	0	3,0 +/- 2,0	3
7	zufriedenstellend	1	0	0	0	0	0	1	4,0 +/- 3,0	2
8		0	0	0	0	1	0	2	6,3 +/- 0,3	3
9		0	0	0	0	0	1	0	6	1
10	gut	0	1	1	2	1	3	2	5,0 +/- 1,6	10
11		1	1	0	0	2	2	1	4,6 +/- 2,1	7
12		0	1	0	2	1	2	0	4,5 +/- 1,4	6
<b>Summe</b>		4	4	1	4	5	9	7	4,7 +/- 2,0	34

### **3.7.14 Beziehung Radiologischer Outcome Score (ROS) und sagittale Bulbusposition - Nachuntersuchungskollektiv**

Der ROS konnte für insgesamt 34 nachuntersuchte Patienten bestimmt werden. In diesem Nachuntersuchungskollektiv trat bei 9 Patienten eine Veränderung der sagittalen Bulbusposition auf (vgl. Kapitel 3.7.3). Für einen von diesen 9 Patienten (Pat. Nr. 30) ist kein RFS und mithin kein ROS bestimmbar (vgl. Kapitel 2.5.2 und Kapitel 2.5.3). Für die Gruppen mit ROS-Werten von 5 (n=2), von 6 (n=3) und von 7 (n=2) treten starke Abweichungen der Bulbusposition in mindestens der Hälfte der Fälle auf. In der Gruppe mit ROS-Werten zwischen 8 und 10 kommt es nicht zu starken Abweichungen der Bulbusposition und für die Gruppen mit ROS-Werten von 11 und 12 sind wieder starke Abweichungen der Bulbusposition zu verzeichnen, jedoch nur in einem von 6 (bzw. von 5) Fällen.

In der Gruppe mit unbefriedigenden ROS-Werten (0 bis 6) treten in 60 % (3 von 5) der Fälle starke Abweichungen auf, während diese in der Gruppe der zufriedenstellenden ROS-Werten (7 bis 9) noch in 16,7 % (1 von 6) der Fälle und in der Gruppe mit guten ROS-Werten (10 bis 12) nur noch in 8,7 % (2 von 23) Fällen vorhanden sind.

In der Gruppe mit unbefriedigenden ROS-Werten (0 bis 6) sind in 20 % (1 von 5) der Fälle mäßige Abweichungen zu verzeichnen. Bei den zufriedenstellenden ROS-Werten (7 bis 9) tritt keine Abweichung (0 von 6) und in der Gruppe mit guten ROS-Werten (10 bis 12) nur noch eine starke Abweichung (4,4 % bzw. 1 von 23) Fällen auf.

Tabelle 42: Radiologischer Outcome-Score und sagittale Bulbusposition im Nachuntersuchungskollektiv (n=34). Unter der Beschreibung der Abweichung der Bulbusposition ist der (\*) Punktwert angegeben, der im KOS für die jeweilige Abweichung hinzu addiert wurde

ROS	Bulbusposition			Summe
	Starke Abweichung *0	Mäßige Abweichung *1	Keine Abweichung *2	
5	1	1	0	2
6	2	0	1	3
7	1	0	1	2
8	0	0	3	3
9	0	0	1	1
10	0	1	9	10
11	1	0	6	7
12	1	0	5	6
<b>Summe</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>34</b>

### 3.7.15 Zusammenhang Radiologischer Outcome Score (ROS) und Diplopie - Nachuntersuchungskollektiv

Für 34 nachuntersuchte Patienten war sowohl die Bestimmung des ROS als auch die Untersuchung auf Doppelbilder möglich. Bei 20 dieser Patienten traten keine und bei 14 Patienten traten Doppelbilder auf. Die 14 Patienten mit Doppelbildern verteilen sich auf 6 Fälle mit Doppelbildern am äußeren Sehfelddrand und auf jeweils 4 Fälle mit Doppelbildern in der Sehfeldperipherie und im zentralen Sehfeld.

In 19 von 26 Fällen mit keinen oder nur geringeren Doppelbildern finden sich hohe ROS-Werte von 10, von 11 oder von 12.

Hingegen sind Doppelbilder in der Sehfeldperipherie oder im zentralen Sehfeld sowohl mit niedrigen als auch mit hohen ROS-Werten vergesellschaftet. Es zeichnet sich ein Trend ab, dass mit dem Ansteigen der ROS-Werte die Anzahl der Doppelbilder, insbesondere im zentralen Sehfeld, abnimmt.

Tabelle 43: Radiologischer Outcome-Score in Relation zu Doppelbildern bei Patienten im Nachuntersuchungskollektiv (n=34)

ROS	Doppelbilder				Summe
	Keine Diplopie	Diplopie in Blickrichtung äußerster Sehfelddrand	Diplopie in Blickrichtung Sehfeldperipherie	Diplopie im Zentralem Sehfeld	
5	1	0	1	0	2
6	1	0	1	1	3
7	1	0	0	1	2
8	3	0	0	0	3
9	1	0	0	0	1
10	6	3	0	1	10
11	5	0	1	1	7
12	2	3	1	0	6
<b>Summe</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>34</b>

## **4 Diskussion**

### **4.1 Patientenkollektive**

Das Ziel einer chirurgischen Rekonstruktion der Orbitawände ist neben der Beseitigung von Einklemmungen der Weichgewebe in erster Linie eine möglichst anatomiegerechte Wiederherstellung von Form und Volumen der Orbita (Lee et al. 2005, Nam et al. 2006, Gosau et al. 2010).

#### **4.1.1 Gesamtkollektiv**

Das Gesamtkollektiv rekrutiert ausschließlich interne Orbitafrakturen, bei denen ein Defekt der Orbitawände mittels Titangittern überbrückt wurde. Dabei wurden einseitige Orbitafrakturen genauso in diese Studie aufgenommen wie Frakturen beider Orbitae, bei denen entweder nur eine oder beide Orbitae mit Titangitterplatten rekonstruiert wurden. Eingeschlossen wurden alle Fälle, unabhängig davon, ob die Rekonstruktion navigiert oder nicht navigiert erfolgte und unabhängig davon, ob es sich um eine Primäroperation an einer nicht voroperierten oder um eine Sekundäroperation an einer bereits voroperierten Orbita handelte. Andere Materialien zum Ersatz bzw. zur Rekonstruktion der Orbitawände als Titanmeshes fanden keine Berücksichtigung.

Im Gegensatz zu vielen anderen Studien (Mackenzie et al. 1999, Oliver 2000, Gear et al. 2002) wurde der durch das Trauma hervorgerufene Orbitawanddefekt detailliert beschrieben und in einem klinisch praktikablen Schema klassifiziert. Dieses Schema beinhaltet eine alphanumerische Beschreibung der vorliegenden Verletzungen, in Analogie zur Beschreibung der Frakturen des Unterkiefers (Spiessl 1989). Durch das Auffalten der vier Orbitawandungen wird zudem eine grafische Darstellung erreicht, aus der die Frakturlinien und die Defektzonen in ihrer exakten Lagebeziehung zu den relevanten anatomischen Landmarken deutlich werden. Wie schon im Trifoilschema (Jaquiéry et al. 2007) wurde darin die Sagittal-Achse der Orbita berücksichtigt, die durch Markierung konzentrischer Kreise jeweils an den Grenzen zum mittleren Orbitadrittel kenntlich ist.

Die Einführung des 4-Wand-Schemas ermöglicht auch eine Darstellung isolierter Orbitadachfrakturen. Vergleiche zu Studien, die das Trifoil-Schema verwenden, sind aufgrund der unterschiedlichen Einteilung der Orbitawandfrakturen allerdings nicht mehr ohne weiteres möglich.

Der auf dieser 4-Wandenteilung basierende Orbital Trauma Score (OTS) gibt den Schweregrad der Verletzung wieder. Eine unverletzte Orbita hat einen OTS von 0. Die einfachsten Verletzungen der Orbitawände haben einen Score von 1. Bei 4-Wandfrakturen werden mindestens OTS-Werte von 4 und einen Maximal-Wert von 9 erreicht. Nach der einfachen Formel, je höher der OTS, desto schwerer die Verletzung der internen Orbita können grob drei Gruppen gebildet werden. Einfache Orbitaverletzungen haben einen OTS zwischen 1 und 3, mittelschwere Verletzungen OTS-Werte zwischen 4 und 6 und schwere Orbitaverletzungen OTS-Werte zwischen 7 und 9.

Unter den insgesamt 57 Frakturen bei 52 Patienten waren die 2- bzw. 3-Wand-Frakturen am häufigsten, bei einem Viertel der Fälle war lediglich eine, und in 8 Fällen waren alle 4 Orbitawände betroffen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (55 von 57) waren die Verletzungen der internen Orbita mit Mittelgesichtsfrakturen kombiniert, in lediglich 2 Fällen fand sich eine isolierte 1-Wandfraktur des Orbitadachs ohne Mittelgesichtsbeteiligung. Bei 13 von 57 Verletzungen der internen Orbita traten Verletzungen des NOE-Bereichs auf, gehäuft bei den 3- und 4-Wandfrakturen.

Typischerweise wurde die Mehrzahl der Patienten aus der vorliegenden Untersuchung relativ kurzfristig (im Durchschnitt weniger als eine Woche) nach dem Trauma operiert, was den aktuellen Empfehlungen für symptomatische Orbitafrakturen entspricht (Burnstine 2002, Chen und Chen 2010).

Die morphologische Wiederherstellung der Orbitae im Gesamtkollektiv wurde nur auf der Basis der routinemäßig angefertigten postoperativen CT-Bildgebung ausgewertet, woraus ein Radiologischer Kongruenz Score (RKS) für 57 Orbitae, ein Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS) und ein Radiologischer Outcome-Score (ROS) jeweils für 41 Orbitae bestimmt wurde.

#### **4.1.2 Nachuntersuchungskollektiv**

Für eine klinische Nachuntersuchung konnten 41 Patienten mit 43 Orbitawandverletzungen rekrutiert werden. Der OTS im Nachuntersuchungskollektiv war repräsentativ für das Gesamtkollektiv. Zur Evaluation der Operationsergebnisse ist außer den morphologischen Residuen nach der Kontur- und Volumenwiederherstellung und den Komplikationen (z. B. Enophthalmus, Hypophthalmus, En- oder Ektropium) durch die chirurgischen Zugangswege auch die funktionelle Restitution eines diplopiefreien Sehvermögens beurteilt worden.

Im Rahmen dieses Follow-ups wurden folgende Einzeluntersuchungen durchgeführt: die klinische Untersuchung des Gesichtsschädels auf Symmetrie (n=41 Patienten), die Untersuchung der Augenlider und des medialen Lidbandes (n=41 Patienten), die Untersuchung der Position des Augenbulbus, klinische und Exophthalmometrie nach Hertel (n=41 Patienten), Untersuchung auf Doppelbilder (n=40 Patienten) und Koordimetrie (Untersuchung am Hess-Schirm) (n=38 Patienten). Die Anzahl in diesen Untergruppen des Nachuntersuchungskollektivs wurden definiert durch Ausschluss derjenigen Patienten, die an einer der vorgenannten Einzeluntersuchungen nicht teilnehmen konnten oder bei denen eine alternierende Variable vorlag. Die Ergebnisse aller Einzeluntersuchungen wurden in einem Klinischen Outcome Score (KOS) (Patienten: n=40, Orbitae: n=42) zusammengefasst.

## **4.2 Ergebnisse**

Das Patientenkollektiv der vorliegenden Untersuchung entspricht bezüglich der Geschlechterverteilung und nach Art der Verletzungsmodi Patientenserien aus dem umfangreichen Schrifttum zum Thema Orbitawandfrakturen (z. B. Hammer 1995, Tong et al. 2001, Haug et al. 2002, Cruz und Eichenberger 2004, Hwang et al. 2009, Chi et al. 2010).

### **4.2.1 Radiologische Ergebnisse im Gesamtkollektiv**

Im Gesamtkollektiv wiesen von 57 Orbitae 34 (59,6%) einen guten RKS-Wert, 20 Orbitae (35,1%) einen zufriedenstellenden und 3 Orbitae (5,3%) einen unbefriedigenden RKS-Wert auf. Wie in Kapitel 2.5.2 und 2.7 beschrieben konnte der RFS-Wert und damit der ROS-Wert nur für eine Grundgesamtheit von 41 Orbitae bestimmt werden, wobei sich für 26 Orbitae (63,4%) ein guter ROS-Wert, für 8 Orbitae (19,5%) ein zufriedenstellender und für 7 Orbitae (17,1%) ein unbefriedigender ROS-Wert ergab.

Mit Ausnahme der Gruppe der 4-Wandfrakturen lagen bei frühpostoperativer CT-Kontrolle die erhobenen RKS im Gesamtkollektiv bei knapp 5 von 6 möglichen Punkten, d. h. in einem als günstig zu bewertenden Bereich. Bei den 4-Wandfrakturen erreichte der RKS im Mittel mit 3,8 etwa einen Punkt weniger und entsprach einem zufriedenstellenden Ergebnis. Die im Vergleich zu 1- bis 3-Wandfrakturen geringere Kongruenz der mit Titanmesh operativ versorgten 4-Wandfrakturen und der unverletzten Gegenseite könnte in der Schwierigkeit begründet sein die korrekte Lage aller verwendeten Titangitter im dorsalen Drittel der hier im Querschnitt dreieckigen Orbita zu kontrollieren. Denn auch bei einer 360°-Dissektion ist im dorsalen Drittel der Orbita keine gleichzeitige Einsicht aller drei Seitenwände möglich. Eine andere Begrün-

dung für fehlende Kongruenz einer 4-Wandfraktur zur unverletzten Gegenseite ergibt sich, wenn eine dorsale Auflage im dorsalen Drittel des Orbitatrichters nicht mehr dargestellt werden kann. In einem solchen Fall fehlt jeglicher anatomische Bezugspunkt und die Formgebung der Titangitterplatten muss arbiträr erfolgen mit klinischer Referenz zur Bulbusposition.

Die mittleren RFS-Werte fallen von den 1-Wandfrakturen über die 2- zu den 3-Wandfrakturen von 5,6 über 4,4 auf 4,3 Punkte ab. Damit hat die Gruppe der 1-Wandfrakturen einen günstigen RFS-Mittelwert, während die Mittelwerte für die 2- und 3-Wandfrakturen in einem zufriedenstellenden Bereich liegen. Der RFS-Wert für die 4-Wandfrakturen liegt mit 5,0 vergleichsweise sehr hoch.

Der ROS war in der Gruppe der 1-Wandfrakturen mit 10,6 als gut zu bewerten. Der mittlere Punktwert lag für die Gruppe der 2- und 3 Wandfrakturen mit 8,9 respektive 8,8 etwa 1,5 Punkte niedriger als in der Gruppe der 1-Wandfrakturen und damit im oberen zufriedenstellenden Bereich. Der ROS nimmt in der Gruppe der 4-Wandfrakturen mit 9,5 den zweithöchsten Wert an und liegt in einem als gut zu bewertendem Bereich.

Vergleicht man die drei radiologischen Scores innerhalb der Gruppe der 4-Wandfrakturen, so erreicht der RKS-Mittelwert mit 3,8 nur einen zufriedenstellenden Wert. Der RFS-Wert im Mittel mit 5,0 befindet sich in einem als gut zu bewertendem Bereich, ebenso wie der ROS mit 9,5. Obwohl der RKS gering ist, kommt die Gruppe der 4-Wandfrakturen mit dem RFS und dem ROS radiologisch zu günstigen Ergebnissen. Das für die Gruppe der 4-Wandfrakturen die Diskrepanz zwischen dem RKS-Wert und dem ROS-Wert so deutlich ausfällt, ist nicht ganz erklärbar. Als mögliche Erklärung lässt sich ins Feld führen, dass die operative Versorgung einer 4-Wandfraktur eine 360° Dissektion der Orbita erfordert (siehe auch Kapitel 4.2.3 auf Seite 119).

## **4.2.2 Radiologische Ergebnisse im Nachuntersuchungskollektiv**

### **4.2.2.1 RKS und ROS im Nachuntersuchungskollektiv**

Die Ergebnisse für den RKS im Nachuntersuchungskollektiv entsprechen prinzipiell denen des Gesamtkollektivs. Die ROS-Mittelwerte im Nachuntersuchungskollektiv liegen zwischen 8 und 11,3 und sind ohne weitere Berücksichtigung der OTS-Höhe als zufriedenstellend bis gut zu bewerten. Ein ROS-„Ausreißer“ weist einen als unbefriedigend zu bewertenden Score von 6 auf und betrifft diejenige Orbita, die alleine die „Gruppe“ mit einem OTS von 8 bildet.

#### **4.2.2.2 Untersuchungsintervall und Validität der röntgenologischen Endpunkte im Nachuntersuchungskollektiv**

Die Nachuntersuchung wurde in einem Intervall von durchschnittlich 2,14 Jahren, entsprechend fast 26 Monaten, durchgeführt. Grundsätzlich ist die Restitution der Bulbusmotilität nach Orbitafrakturen ein zeitabhängiger Prozess, der in gewissem Umfang auch bei nicht operierten Patienten abläuft (Gosse et al. 2010). Es ist davon auszugehen, dass nach der operativen Therapie einer Fraktur der internen Orbita zunächst die Wundheilung und Restitution der orbitalen Weichgewebe abgewartet werden muss. Ebenso - soweit davon bei Überbrückung eines Defektes der knöchernen orbitalen Wände mit einer Titangitterplatte überhaupt gesprochen werden kann – muss eine Restitution der „knöchernen“ Wände erfolgen, bis durch Einscheidung und Kontraktion der von der Periorbita und den Bindegewebssepten ausgehenden Narben ein nicht mehr veränderliches Endstadium vorliegt.

Es stellt sich daher die Frage, ob der Beobachtungszeitraum in der vorliegenden Arbeit für eine abschließende Bewertung des Outcome ausreichend lang war oder ob noch weitergehende Entwicklungen der morphologisch-radiologischen oder funktionellen Ergebnisse mit unterschiedlichen Endpunkten zu erwarten gewesen wären.

Bei physiologischer Narbenbildung soll eine postoperative Veränderung der rekonstruierten orbitalen Wandungen als marginal anzusehen sein (Schubert et al. 2002). Wesentliche Unterschiede zwischen der unmittelbaren postoperativen Situation und nach längeren Konsolidierungsphasen wären dann eher nicht zu erwarten. In anderen Literaturstellen wird darauf hingewiesen, dass Umbauprozesse in der Orbita nach maximal einem Jahr als abgeschlossen betrachtet werden können (Putterman et al. 1974, Burnstine 2002, Gosse et al. 2010).

Anatomische Studien haben gezeigt, dass der Aufbau der Periorbita aus einem komplexen System von aus radiären Bindegewebssepten besteht. Diese Bindegewebssepten formen Taschen oder Lobuli, die mit Fettgewebe ausgefüllt sind, und so als Supportgewebe die Augenmuskeln einerseits in ihrer Lage fixieren und andererseits durch Relativbewegungen der Septen und Fettgewebelobuli eine geordnete Okulomotorik ermöglicht (Koornneef 1977).

Eine Verletzung der Periorbita in der unteren Zirkumferenz der Augenhöhle und der radiären Septen hat akut häufig eine Querschnittsrundung des Musculus rectus inferior oculi zur Folge (Banerjee et al. 2007). Kommt es zur Defektheilung so können sich Hinweise auf die verbliebene Schädigung der Augenmuskeln oder ihrer Supportgewebe in dementsprechenden CT-morphologischen Veränderungen zeigen. Inwieweit derartige morphologische Veränderungen der Periorbita tatsächlich Rückschlüsse auf funktionelle Störungen zulassen, ist im Detail bisher nicht bekannt. Ein Enophtalmus soll vorhergesagt werden können, sobald in postoperativen,

koronaren CT-Schichten (30 Monate postop) eine Rundung des physiologischerweise quereval angeschnittenen musculus rectus inferior zu finden ist (Matic et al. 2007).

Ältere Veröffentlichungen über die Korrelation zwischen Enophthalmus und Orbitavolumen stützen sich auf Computertomografien, die 3 bis 24 Monate (Fan et al. 2002) bzw. 1,5 bis 6 Jahre nach dem Trauma angefertigt wurden (Schuknecht et al. 1996).

Eine Studie der Orbita Anatomie in Hinsicht auf Enophthalmuskorrekturen wertete 1170 volumetrische Determinanten an 130 Orbitae aus und kam zu dem Ergebnis, dass 1 ccm Volumen zur Korrektur eines Millimeter Enophthalmus benötigt wird (Schubert et al. 1990).

Parallel zur Wundheilung und Restitution der Hart- und Weichgewebe finden neben den morphologischen Veränderungen, die mit entsprechender Schichtbildung detektiert werden können, neurofunktionelle Anpassungsleistungen statt. Die Fähigkeit, beispielsweise peripher rezeptierte Doppelbilder durch zentrale Verschmelzung zu kompensieren, hängt von der Plastizität des zentralen Nervensystems ab. Es kann jedoch als wahrscheinlich angenommen werden, dass die funktionellen Anpassungen nicht gleichzeitig mit der morphologischen Restitution abgeschlossen sind.

Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit lag in unserem Nachuntersuchungskollektiv bei 2,14 Jahren, was in etwa 26 Monaten entspricht. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, dass zu diesem Zeitpunkt bei einigen Patienten noch keine morphologische Restitution der Periorbita bzw. der radiären Septierungen erreicht war.

Als Hinweis darauf, daß von anderer Seite (Behandlung in ophthalmologischen Kliniken) aber ein funktionelles Endergebnis als frühzeitig erreicht angesehen wurde, mag man aus den zum Zeitpunkt unserer Nachuntersuchung schon mehrfach durchgeführten Korrekturoperationen entnehmen, die bei wenigen, stark beeinträchtigten Patienten unseres Nachuntersuchungskollektives durchgeführt worden waren.

Zusammenfassend kann man in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass die Nachuntersuchungen 12 Monate und mehr postoperativ aussagekräftige Ergebnisse liefern, die sich spontan, ohne weitere Interventionen, nicht mehr wesentlich geändert hätten.

In anderen Studien über die Wiederherstellung der internen Orbita mit Titangitterplatten betragen die durchschnittlichen Nachbeobachtungszeiträume beispielsweise 4 Monate (Oliver 2000), 9 Monate (Mackenzie et al. 1999) oder 44 Monate (Gear et al. 2002).

### 4.2.3 Klinische Ergebnisse im Nachuntersuchungskollektiv

Der Klinische Outcome Score (KOS) war bei 47,6 % der Patienten als „gut“ (6 oder 7 Punkte), in 26,2 % der Fälle als „zufriedenstellend“ und bei 26,2 % der Patienten als „unbefriedigend“ zu bewerten. Dabei fand sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem klinischen Outcome und der Zahl der frakturierten Orbitawände: der Anteil der Fälle mit einem guten KOS-Wert nahm von 62,5 % (1-Wand-Fraktur) über 56,3 % (2-Wand-Fraktur) und 38,5 % (3-Wand-Fraktur) auf 33,3 % (4-Wand-Fraktur) kontinuierlich ab.

Für Orbitaverletzungen jedweder Schwere, das heißt für niedrige, mittlere und schwere OTS lag in der vorliegenden Untersuchung der durchschnittliche KOS in einem zufriedenstellenden Bereich zwischen 4 und 5. Dabei nahm der durchschnittliche KOS mit zunehmender Schwere der Orbitaverletzungen wie folgt ab: Von einem durchschnittlichen KOS-Wert von 5,4 bei leichten Orbitaverletzungen (OTS zwischen 2 und 3) zu 4,6 bei mittelschweren (OTS zwischen 4 und 6) zu 3,9 bei Verletzungen höchsten Schweregrades (OTS zwischen 7 und 9). Das heißt, je höher der OTS, desto geringer fällt der KOS aus.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung ist die frühzeitige chirurgische Versorgung von Orbitafrakturen mit Titanmesh eine probate Methode mit guten radiologischen und klinischen Endresultaten. Dies darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass diese Frakturarten auch bei sachgemäßer Therapie bleibende Defekte hinterlassen können, deren Häufigkeit und Schwere eindeutige Beziehungen zur Verletzungsschwere, d. h. zur Höhe des Orbital Trauma Score bzw. der Zahl der frakturierten Orbitawände sowie der Begleitverletzungen von Weichgewebe und Bulbus aufweist. Dass die 4-Wand-Frakturen sowohl im ROS als auch bezüglich der Diplopiehäufigkeit sogar günstigere Ergebnisse als einige weniger ausgedehnte Verletzungen haben, mag operationstechnisch begründet sein: Eine 4-Wandfraktur erfordert eine 360° Dissektion der Orbita über einen koronaren Zugang während 3-Wandfrakturen grundsätzlich auch mit einer 270° Dissektion von der latero-infero-medialen Circumferenz aus repariert werden können, was aber mit eingeschränkten Sichtverhältnissen einhergeht. Der operative 360°-Zugang zu allen 4-Wandfrakturen, für die ein KOS erhoben werden konnte (n = 6), war eine Kombination von Unterlidmittenschnitt und koronarem Zugang. Bei den 13 3-Wandfrakturen, wurde in nur 5 Fällen der gleiche Zugang gewählt, wie bei den 4-Wandfrakturen. Bei den verbliebenen 8 3-Wandfrakturen verteilen sich die Zugänge wie folgt: Unterlidmittenschnitt (n = 3), transkonjunktivaler Zugang (n = 2), koronarer Zugang (n = 2) und Kombination von Unterlidmittenschnitt und oberer Blepharoplastikinzision (n=1).

En- oder Ektropien zeigten sich bei der Nachuntersuchung (n=41) in keinem Fall, lediglich bei 4 Patienten fand sich ein Tief- und in einem Fall ein Hochstand des Unterlids. In einem Fall lag eine Ptosis des Oberlids und bei 4 Patienten eine Dermatochalasis vor. Fehlstellungen des Bulbus wurden bei 12 Patienten, entweder im Sinne eines Enophthalmus (n=9, 22,0 %) oder Bul-

bushoch- (n=2, 4,9%) bzw. Bulbustiefstandes (n=1, 2,4%) festgestellt. Eine Diplopie ergab sich insgesamt bei 15 der 40 Patienten (37,5 %), mit folgenden Schweregraden: Diplopie nur bei endgradigen Blickrichtungen (n=6) (9,8 %), Diplopie bei moderaten Blickrichtungen in der Peripherie des Sehfelds (n=5) (12,5 %) und Diplopie bereits beim Blick geradeaus im zentralen Sehfeld (n=4) (10,0 %). Am besten schnitten diesbezüglich neben den Patienten mit 1-Wand-Frakturen (75 % völlig ohne Diplopie) interessanterweise diejenigen mit 4-Wand-Frakturen ab; von letzteren waren 4 der 6 Patienten beschwerdefrei, die übrigen 2 Patienten hatten nur bei endgradigen Blickrichtungen Doppelbilder.

#### **4.2.4 Innovationen in der Therapie der Frakturen der internen Orbita**

Die Wiederherstellung der internen Orbita hat in den letzten Jahren eine technische Weiterentwicklung erfahren. Statt konfektionierter, vom Operateur intraoperativ konturierbarer Titangitterplatten stehen so genannte „präformierte“ Titangitterplatten zur Verfügung. Die intraoperativ konturierbaren Titangitterplatten werden der neuen Generation präformierter Titangitterplatten (=„preoperatively preformed Titanmeshes“) als „Nicht präformierte Titangitterplatten“ („non-preformed Titanmeshes“) gegenübergestellt.

Eine Verwendung der preoperatively preformed Titanmeshes stellt andere Anforderungen an den Operateur. Einerseits können präformierte Titangitterplatten umfangreichere Dissektionen der Periorbita erfordern, andererseits ist dafür keine intraoperativen Konturierung der Titangitterplatte mehr notwendig.

Vorteile der präformierten Titangitterplatten sind die Verkürzung der Operationszeit, eine verbesserte Genauigkeit der Konturgebung verbunden mit größerer technischer Perfektion. Demgegenüber scheinen die mit präformierten Titangitterplatten einhergehenden Nachteile wie höhere Kosten für die kommerziell erhältlichen preformed plates oder der technisch apparative Aufwand zur „Präformierung“ nicht ins Gewicht zu fallen oder Sie werden in Kauf genommen (Metzger et al. 2007b).

Folgende Arten präformierter Titangitterplatten werden klinisch eingesetzt:

- Matrix midface preformed orbital plates (Synthes®) deren Design und Dimensionierung auf Durchschnittsberechnungen an CTs basiert.
- Custom made preformed plates, die auf der Grundlage von individuell angefertigten Rapid Prototyping Stereolithografie Modellen angefertigt werden (Hughes et al. 2003).
- Medartis preformed plates (Medartis®) die auf einem sterilisierbaren Modell einer Durchschnittsorbita intraoperativ aber nicht „in vivo“ konturiert werden.

Nicht unerwähnt bleiben soll, dass zur Sekundärrekonstruktion von Orbitawandfrakturen auch andere Materialien mittels der CAD/CAM Verfahren bearbeitet wurden, beispielsweise keramische Materialien (Hoffmann et al. 1998, Klein und Glatzer 2006). So wurde an einer Patientenserie mit später Rekonstruktion der Orbita die Reosteotomie der in Fehlstellung verheilten Fragmente in CAD/CAM Technik geplant und als virtuelles 3D-Modell der benutzten Navigationssoftware zur Verfügung gestellt. Nach Reosteotomie, Repositionierung und Osteosynthese der Fragmente mit Osteosynthesematerial aus Titan wurden die verbleibenden Defekte der Orbitawände dann mit porösem Polyethylen (Medpore®), welches individuell geformt wurde, überbrückt (Fan et al. 2007).

#### **4.2.5 Outcome im Literaturvergleich**

##### **4.2.5.1 Studien zur Wiederherstellung von Orbitawänden mit nicht-rigiden Ersatzmaterialien und nicht präformierten Titangitterplatten**

Outcome-Vergleiche mit anderen Studien aus dem Schrifttum sind limitiert, weil die Evaluationsmethoden uneinheitlich sind und zudem nicht immer exakt beschrieben werden. Erhebliche Unterschiede können durch die Altersstruktur der Patienten bedingt sein (Chi et al. 2010).

Der in der vorliegenden Untersuchung beobachtete Anteil von Patienten mit einer deutlichen Diplopie beim Geradeausblick von etwa 10 % wird in mehreren publizierten Studien schon nach reinen Orbitabodenplastiken, meist mit „weichen“ Materialien, in einer ganz ähnlichen Größenordnung (Hessling 1991 -10,3%; Hidding 1991 -8,3%; Iizuka 1991 -10%; Friesenecker 1995 -8%; Kinnunen 2000 -10,7%; Villareal 2002 -15,6%) oder sogar höher (Aitasalo 2001 -18%; Kontio -25%) angegeben. In der vorliegenden Untersuchung waren isolierte Orbitabodenfrakturen, deren OTS zwischen 1 und 3 liegen kann, jedoch selten. Selbst in der Versorgung von komplexen Frakturen mit modernen Verfahren gelten Prozentsätze von 8,7% für die Diplopie im zentralen Sehfeld nicht als untypisch (Hessling et al. 1991, Hidding et al. 1991, Iizuka et al. 1991, Friesenecker et al. 1995, Kinnunen et al. 2000, Aitasalo et al. 2001, Kontio et al. 2001, Villarreal et al. 2002, Chi et al. 2010).

Die Angaben zu Revisionen sind im Schrifttum häufig unpräzise. Eine Angabe der Revisionsrate in Prozent findet sich selten. Anstatt einer expliziten Angabe wird in der Literatur häufig die Aussage getroffen, dass verschiedene Komplikationen, wie Blutungen, Infektionen, Bulbusextrusionen, und anderes mehr, nicht auftraten. Fehlende Komplikation mit fehlender Indikation für eine Revision gleichzusetzen ist eine Annahme, die vermutlich häufig, aber nicht immer, zutrifft (Hidding et al. 1991, Iizuka et al. 1991, Friesenecker et al. 1995, Kinnunen et al. 2000, Manolidis et al. 2002). Alternativ werden die Fälle mit Revisionen genannt. So wurden bei

Hessling 6 Revisionen auf 95 Fälle – 6,3 % -, bei Villareal 1 Revision auf 32 Fälle – 3,1 % -, bei Gear 3 Revisionen allerdings alle bei einem Patienten auf 55 Fälle - 5,5 % -, bei Oliver 2 Revisionen auf 43 Fälle – 4,7 % - und bei Mackenzie 2 Revisionen auf 35 Fälle - 5,7 % - durchgeführt. Die in Einzelfällen genannten Revisionen wurden in der Mehrheit aufgrund von Infektionen durchgeführt (Orbitaabszess, Abszessbildung im Bereich der Titangitterplatte) und führten zur Entfernung der Titangitterplatte oder zur irreversiblen Schädigung des Bulbus bzw. zur Entfernung des Auges. Eine andere Indikation zur Revision war das Auftreten eines manifesten Enophthalmus mit 4 mm Differenz (Mackenzie 1999).

Resorbierbare PDS-Folien zur Wiederherstellung der Orbitawände haben zwei Nachteile: Zum einen sind die Materialien elastisch, so dass sich keine rigiden, geometrischen Verhältnisse zur Abstützung von Bulbus und intraorbitalen Weichgeweben etablieren lassen, und zum anderen werden sie narbig ersetzt, woraus ein sekundärer Enophthalmus resultieren kann. Schon bei der Versorgung von Orbitaboden- oder anderen 1-Wand-Frakturen wird die Verwendung dieses Materials kontrovers beurteilt, soll aber noch eine Existenzberechtigung haben (Zide und Jelks 1985, Kontio et al. 2001, Jank et al. 2003, Büchel et al. 2005, Hwang et al. 2009, Gosau et al. 2010, Prowse et al. 2010). So ergab die einzige randomisierte prospektive Vergleichsstudie zur Behandlung isolierter Orbitafrakturen (Dietz et al. 2001) keinen Unterschied zwischen PDS-Folien und Titanmesh. Dieses Ergebnis ist auf die Defektgröße zurück zu führen, die im CT gemessen wurde: Der größte Durchmesser der Orbitabodendefekte betrug 3 bis 20 mm, in der PDS-Foliengruppe im Durchschnitt 12 mm und in der Titangitterplattengruppe 14 mm im Durchschnitt. Um die in der prospektiven Studie von Dietz et al. 2001 angegebenen größten Durchmesser der Orbitabodendefekte mit den Defektflächen aus dem hier vorgestellten Patientenkollektiv vergleichbar zu machen, kann in erster Näherung der vorhandene Defekt als kreisrund angenommen werden. Dann berechnet sich für einen Durchmesser von 12 bzw. 14 mm die Kreisfläche als Produkt aus  $\pi$  und dem Quadrat des Radius wie folgt:  $3,14 \times (0,6 \text{ cm})^2 = 1,13 \text{ cm}^2$  bzw.  $3,14 \times (0,7 \text{ cm})^2 = 1,54 \text{ cm}^2$ . Damit entspricht die überwiegende Mehrzahl der in der prospektiven Studie von Dietz et al. (2001) untersuchten Orbitabodenfrakturen nach der Klassifikation 1-Wandfrakturen des Orbitabodens mit einer Defektfläche von unter  $2 \text{ cm}^2$  mit der Formel: 1W-L0F1M0R0 und einem vergleichsweise niedrigen Orbital Trauma Score (OTS) von 1.

Für ausgedehnte Orbitamehrwandfrakturen, also Frakturen mit einem hohen Orbital Trauma Score, besteht heute weitgehend Konsens, dass dauerhaft rigide Rekonstruktionsverfahren mit Titanmesh, autologem Knochen oder Knochenersatzmaterialien resorbierbaren Ersatzmaterialien vorzuziehen sind (Burm et al. 1999, Klein und Glatzer 2006, Chen und Chen 2010). Autologer Knochen ist zwar biologisch optimal geeignet, erfordert aber eine Entnahme ggf. mit Morbidität im Spenderareal und insgesamt verlängerten Operationszeiten (Nowinski et al.

2010). Nach ersten Berichten sollen Kompositmaterialien, z. B. eingebettetes bzw. in poröses Polyethylen eingeschlossenes Titan, erfolgversprechend sein (Garibaldi et al. 2007, Hanu-Cernat et al. 2009).

Prinzipiell sollten Empfehlungen zur chirurgischen Vorgehensweise zwischen umschriebenen Orbitawandfrakturen und komplexen Frakturmustern der Orbita in Verbindung mit Mittelgesichtsverletzungen differenzieren. Bei umschriebenen Orbitaverletzungen haben endoskopisch assistierte Versorgungsverfahren durchaus das Potential eine komplette Restitution zu erreichen (Chang und Manolidis 2005, Belli et al. 2009), während Mehrwandfrakturen sich für diese Herangehensweise nicht eignen.

Zum Vergleich der eigenen Ergebnisse bieten sich eigentlich nur Studien mit Frakturen der internen Orbita an, in denen Patienten mit vergleichbarer Verletzungsschwere mit nicht präformierten Titanmeshes oder anderen rigiden Materialien versorgt wurden.

Mackenzie et al. (1999) untersuchten 51 Orbitabodenfrakturen bei 43 Patienten, die mit nicht präformierten Titangitterplatten rekonstruiert wurden. Bei 3 Patienten mit beidseitigen Frakturen wurde zusätzlich zur Verbesserung der Symmetrie ein Knochentransplantat eingesetzt. Eine klinische Nachuntersuchung fand an 35 Patienten entsprechend 42 Orbitae statt und wurde nach durchschnittlich 9 Monaten durchgeführt. Ein Patient benötigte eine operative Entropiumkorrektur und ein Patient entwickelte einen Enophthalmus mit 4 mm Unterschied im Herteltest. Da Mackenzie 1-Wandfrakturen des Orbitabodens nachuntersuchte, lassen sich zum Vergleich aus unserer Studie wieder die 1-Wandfrakturen des Orbitabodens (n= 12) mit den 3 Formeln: 1W-L0F1M0R0, 1W-L0F2M0R0 und 1W-L0F3M0R0 und einem Orbital Trauma Score (OTS) von maximal 3 heranziehen. Von diesen 12 Patienten konnten 7 Patienten von uns nachuntersucht werden (Pat.-Nr. 10, 20, 27, 28, 38, 40, 47). Von diesen 7 Patienten hatten 4 einen guten KOS von 6 oder 7 und 3 einen zufriedenstellenden KOS von 4 oder 5. Nur bei einem Patient, der mit 4 den niedrigsten KOS in dieser Untergruppe aufwies (Pat.-Nr. 47), ergab die Nachuntersuchung einen Enophthalmus mit einer Differenz im Hertel-Test von 4 mm. Da Verletzungen der internen Orbita mit einem OTS von maximal 3 einen geringen Schweregrad aufweisen, ist die Anzahl der mit Titangitterplatten versorgten Orbitaverletzungen dieser Schweregrade in der vorliegenden Studie gering, so dass der hier auftretende, höhere Prozentsatz von 14,3% (1 von 7) versus 3% (1 von 35) hinreichend plausibel als Folge des statistischen Ausreißers erklärt werden kann, den Patient Nr. 47 darstellt.

Oliver (2000) berichtete über die Versorgung von 59 Patienten, die bezüglich der Verletzungsschwere und der Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation dem Kollektiv der vorliegenden Untersuchung in etwa entsprachen, mit „nicht-vorgeformtem Titangitterplatten“. Bei der Indikationsstellung fanden 4 präoperative Einschlusskriterien Berücksichtigung: 1. Früher

Enophthalmus, größer als 3mm; 2. Symptomatische Diplopie mit positivem forced duction test und Hinweisen auf eine Einklemmung im CT ohne klinische Besserung innerhalb von 1 bis 2 Wochen; 3. In der Computertomografie dargestellte, große Orbitawanddefekte mit Weichgewebe-Herniation in das benachbarte Nasennebenhöhlensystem, wobei das allmähliche Auftreten eines Enophthalmus zu erwarten war und 4. Wenn in der Computertomografie Hinweise auf eine Volumenzunahme der Orbita hinter der Vertikalachse des Augenbulbus zur Darstellung kamen, auch wenn kein unmittelbar posttraumatischer Enophthalmus vorlag. Zur Ausformung der Gitterplatten wurde hier, zumindest bei multiplen Wanddefekten, als intraoperative, externe Referenz ein mazeriertes, menschliches Schädelskelett verwendet: „...*A facial skeleton proved useful as an intraoperative reference when contouring the mesh for multiple wall defects to achieve correct curvature and shape*“.. Die Konturierung von Titanmeshes an mit sterilen Folien überzogenen Schädelmodellen als externe Referenz wurde in einigen angloamerikanischen Zentren praktiziert und ist als Vorläufermethode für die Herstellung von Medartis preformed plates an einem sterilisierbaren Orbitamodell anzusehen. Da es sich nicht um präformierte Titangitterplatten handelte, wie sie in Kapitel 4.2.4 beschrieben ist und das Schädelmodell nur bei multiplen Wanddefekten genutzt wurde, ist der Vergleich mit der vorliegenden Studie zulässig. Von den 59 Patienten konnten 43 für eine Nachuntersuchung rekrutiert werden, die folgendermaßen eingeteilt wurden: Jochbeinfrakturen (n=33 – 76,7%), Frakturen der internen Orbita („Pure blowout fractures“) (n=6 – 14%) und Frakturen des NOE-Komplexes (n=4 – 9,3%).

Die größte Gruppe stellten in der Studie von Oliver (2000) Orbitafrakturen nach Verletzungen des zygomatico-maxillären Komplexes (33 von 43 nachuntersuchten Orbitae bzw. 76,7%) dar. Bei den Verletzungen des zygomatico-maxillären Komplexes handelt es sich um klinisch häufig einfach als Jochbeinfraktur bezeichnete Verletzungsmuster des lateralen Mittelgesichts, das mit einer Orbitabodenbeteiligung und einer mehr oder weniger ausgeprägten Dislokation der lateralen Orbitawand einhergeht und der Formel 2W: L1-2-F1-3-M0-R0 entsprechen.

Bei 6 Frakturen handelte es sich ausschliesslich um Orbitawandfrakturen „*pure blow-out fracture*“: zwei 1-Wandfrakturen des Orbitabodens (1W: L0-F1-3-M0-R0 mit einem OTS zwischen 1 und 3), drei 1-Wandfrakturen der medialen Wand (1W: L0-F0-M1-2-R0 mit einem OTS zwischen 1 und 2) und eine 2-Wandfraktur mit Beteiligung von Orbitaboden und medialer Wand (2W: L0-F1-3-M1-2-R0). Damit weisen bei Oliver 39 von 43 nachuntersuchten Patienten 2-Wandfrakturen mit einem Orbital Trauma Score zwischen 2 und 5 auf.

Von den 43 Patienten, die von Oliver (2000) nachuntersucht wurden, wiesen 4 Verletzungen im Bereich des NOE-Komplexes auf. Da begleitende Verletzungen des NOE-Komplexes auf eine Verletzung der medialen Orbitawand, ggf. unter Mitbeteiligung von Orbitadach und Orbitaboden hinweisen, ergibt sich für diese 4 Fälle aus der Untersuchung ein Verletzungsmuster von 1-3W: L0-F0-3-M1-2-R0-2 entsprechend einem OTS zwischen 1 und 7.

Das Nachuntersuchungsintervall betrug 1 bis 13 Monate (Durchschnitt: 4 Monate). Bei der Abschlussuntersuchung hatten 10 von 43 Patienten (23,3%) eine Diplopie, die in 3 Fällen hauptsächlich als Operations- und nicht als Unfallfolge bewertet wurde. Eine vergleichbare Gruppe zu der hier vorgelegten Studie sind die Patienten mit 2-Wandfrakturen (n=15), wobei der Prozentsatz der Fälle mit Diplopie 26,7% (4 von 15) betrug und damit geringfügig höher ausfällt. Grundsätzlich liegt die Diplopieinzidenz in der gleichen Größenordnung.

Gear et al. (2002) konnte von 55 Patienten mit 67 Verletzungen der internen Orbita insgesamt 44 Patienten mit 56 Orbitafrakturen klinisch nachuntersuchen. Die letzte klinische Nachuntersuchung fand durchschnittlich 6 Monate nach der Operation statt. Für die Langzeitfolgen wurden Telefoninterviews ausgewertet, die durchschnittlich 44 Monate postoperativ stattfanden. Ziel dieser Studie war es aufzuzeigen, dass sich Titangitterplatten nicht nur zur Wiederherstellung nach kleineren Orbitabodenfrakturen, sondern auch bei ausgedehnten Verletzungsmustern eignen.

Nur für 39 der insgesamt 56 Orbitafrakturen werden explizit Angaben zu Lokalisation und Kombination der betroffenen Orbitawände gemacht. Für die übrigen 17 Frakturen werden cranio-faziale Verletzungsmuster angegeben, aus denen die Beteiligung der verschiedenen Wände, im Gegensatz zur hier vorliegenden Studie (Vergleiche Kapitel 3.3.1), nicht hervorgeht. Die 39 Frakturen der internen Orbita wurden eingeteilt in isolierte Verletzungen des Orbitabodens (n=4) und Frakturen des Orbitabodens in Verbindung mit dem Infraorbitalrand (n=19) entsprechend einem Verletzungsmuster 1W: L0-F1-3-M0-R0 mit einem OTS zwischen 1 und 3, sowie verschiedene 2-Wandfrakturen (n=16) (Vgl. Permutationen LF und FM, Kapitel 3.3.2.6), die einem Verletzungsmuster 2W: L1-2-F1-3-M0-R0 bzw. 2W: L0-F1-3-M1-2-R0 mit einem OTS zwischen 2 und 5 entsprechen. Die Nachuntersuchung konzentrierte auf folgende Komplikationen: Veränderungen der Bulbusposition, insbesondere eines Enophthalmus (Naugle-Exophthalmometer), sowie Deformitäten der Augenlider und Sensibilitätsstörungen des Nervus infraorbitalis. Nur in einem Fall einer extensiven, panfazialen Fraktur, ergab die Untersuchung einen Enophthalmus. Diesem Enophthalmus ging zunächst ein Orbitaödem voraus, das operativ entlastet wurde, gefolgt von einem periorbitalen Abszess, der inzidiert wurde. Der Enophthalmus konnte durch operative Nachkonturierung der Titangitterplatte teilweise behoben werden, allerdings kam es als Folge von Ödem und Abszess zur Amaurose dieses Auges. Doppelbilder ergaben die Nachuntersuchungen bei 7 Patienten (7 von 39 = 17,9%) und Sensibilitätsstörungen des Nervus infraorbitalis bei 6 Patienten. Da nicht alle 56 Orbitafrakturen nach dem 4-Wandschema eingeordnet werden konnten und die Häufigkeit der genannten Komplikationen für die Untergruppe der 39 klassifizierbaren Frakturen der internen Orbita nicht bekannt sind, ist ein Vergleich nicht sinnvoll.

Manolidis et al. (2002) untersuchten die Verletzungsmuster an 111 Orbitae von 92 Patienten mit anschließender Darstellung des chirurgischen Managements bei der Behandlung dieser Verletzungen. Begleitverletzungen des Zygoma-Komplexes wurden bei 50% der Orbitaverletzungen ermittelt, Verletzungen des Naso-orbito-ethmoidal-Bereich lagen bei 32 % und Verletzungen der Frontalregion bei 28% der untersuchten Orbitaverletzungen vor. Die Summe der Begleitverletzungen ergibt 110% woraus gefolgert werden darf, dass Fälle von Orbitaverletzungen nachuntersucht wurden, bei den die Verletzungsmuster im Mittelgesicht (Zygoma, NOE) und/oder der Frontalregion in Kombination auftraten. Der Zygoma-Komplex von Manolidis entspricht dem lateralen Mittelgesicht. In unserer Studie beträgt die Beteiligung des lateralen Mittelgesichts 82 % (47 von 57 bzw. 32 laterale und 15 zentrolaterale Mittelgesichtsfrakturen) und liegt damit wesentlich höher als in der Untersuchung von Manolidis et al. (2002). Der Anteil der Orbitaverletzungen mit Beteiligung des Naso-orbito-ethmoidal-Bereichs hingegen liegt in unserem Gesamtkollektiv mit 23 % (13 von 57) etwas unter den Angaben von Manolidis et al. (2002). Die frontobasalen Frakturen hatten in unserem Patientenkollektiv einen vergleichbarem Anteil von 33 % (18 von 57) (vgl. Kapitel 3.1.1). Bei Manolidis et al. waren 4-Wandfrakturen mit 5 % und 3-Wandfrakturen mit 17 % seltener (14 % vs. 28 %). 2-Wandfrakturen lagen mit 30 % in vergleichbarer Größenordnung wie in unserem Patientenkollektiv (33 %) vor. 1-Wandfrakturen hingegen kamen mit 53 % der Fälle deutlich häufiger vor als in unserer Studie (25 %) (vgl. Kapitel 3.3.2).

Während in unserer Studie nur Patienten eingeschlossen wurden, deren Orbita mit Titangitterplatten wiederhergestellt wurden, lag der Prozentsatz dieses Verfahrens bei Manolidis et al. (2002) bei nur 34 %. Die Studie nennt erstaunlicherweise keine Ergebnisse der Nachuntersuchungen, sondern beabsichtigt einen Klassifikationsvorschlag für Orbitafrakturen mit Zahlenangaben zu untermauern.

Ellis und Tan (2003) verglichen 58 unilaterale Verletzungen der internen Orbita, die in 32 Fällen mit Titangitterplatten und in 26 Fällen mit einem Knochentransplantat wiederhergestellt worden waren. Darunter 38 1-Wandfrakturen des Orbitaboden (Titanmesh n=24, Knochentransplantat n=14), 4 1-Wandfrakturen der medialen Orbitawand (Titanmesh n=1, Knochentransplantat n=3) und 16 2-Wandfrakturen des Orbitabodens und der medialen Orbitawand (Titanmesh n=7, Knochentransplantat n=9). Die Studie zielte darauf ab, die Genauigkeit der Rekonstruktion der Orbitaoberflächenmorphologie zu bewerten, ähnlich wie in unserer Studie, allerdings ohne Summation zu einem Radiologischen Kongruenz Score. Die Schichtbilder wurden von einem Chirurgen bewertet, der die Position der Titangitterplatte bzw. des Knochentransplantates, die Repositionierung des orbitalen Weichgewebes und das Orbitavolumen im Vergleich zur unverletzten Gegenseite beurteilte. Für die Beurteilung des Orbitavolumens wurden die Pixelsummen der entsprechenden koronaren Orbitaschichten von verletzter und

unverletzter Seite verglichen, als auch die Flächendifferenzen der Orbitaquerschnitte, genau wie in unserer Studie (Vgl. Kapitel 2.5.2). Ein Student's t-Test ergab, dass die durchschnittliche Abweichung der Pixelsumme zwischen rekonstruierter und unverletzter Orbita bei Knochentransplantaten größer als bei Titangitterplatten ausgeprägt war. Ellis und Tan (2003) kamen zu dem grundsätzlichen Schluss, dass Titangitterplatten eine akkuratere Wiederherstellung von Orbitawandungen erlauben als Knochentransplantate. Eine klinische Nachuntersuchung fand nicht statt, da es nur um den Aspekt ging den Defekt passgenau zu überbrücken.

Da die relativen Flächendifferenzen für die Untergruppe der mit Titangitter versorgten Orbitae von Ellis und Tan (2003) angegeben wurden, sind die Flächendifferenzen mit der hier vorliegenden Studie für die anterioren, midorbita und posterioren Orbitaquerschnitte (Vgl. Kapitel 3.6.2) direkt vergleichbar. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass Ellis und Tan nur 1- und 2-Wandfrakturen in Ihre Studie einschlossen und hier mit den relativen Flächendifferenzen des Gesamtkollektivs der vorliegenden Studie, die Verletzungen der internen Orbita aller OTS-Werte einschließen, verglichen werden. Wie in Kapitel 2.5.2 beschrieben, wurden zur Umsetzung der Flächendifferenzen der drei Orbitaquerschnitte in den RFS jedem Querschnitt ein Punktwert zwischen 0 und 2 zugeordnet (Siehe Tabelle 4 auf Seite 52). Die relativen Abweichungen betragen für die anteriore Schicht bei Ellis und Tan 2 % +/- 4 % und in unserem Patientenkollektiv 0 % +/- 9%. Für die midorbit Schicht ergibt sich mit -1 % +/- 10% versus 1 % +/- 11 % und für die posteriore Schicht mit 6 % +/- 14% versus 8 % +/- 22% bei Ellis und Tan eine etwas geringere Seitendifferenzen als in der vorgelegten Studie. Da Ellis und Tan (2003) nur unilaterale Orbitaverletzungen untersuchten, enthalten die Untergruppen aus der vorliegenden Arbeit nur die Fälle einseitiger Orbitaverletzungen, in denen RKS und RFS bestimmt werden konnten.

Die entsprechenden Untergruppen aus unserem Kollektiv sind die 1-Wandfrakturen des Orbitabodens (n=11) mit dem Verletzungsmuster W1: L0-F1-3-M0-R0 und einem OTS zwischen 1 und 2 und die 2-Wandfrakturen mit der Beteiligung des Orbitabodens und der medialen Wand mit dem Verletzungsmuster W2: L0-F1-3-M1-2-R0 mit einem OTS zwischen 2 und 5 (n=5). Für die beiden Gruppen der 1- und 2-Wandfrakturen liegen die Mittelwerte des RFS mit 5,6 und 5,0 ebenso wie die des RKS mit 5,0 und 4,6 in der Höhe des als gut zu bewertenden Intervalls (RFS und RKS 5 oder 6). Konträr zu dem Gesamtkollektiv bei Ellis und Tan (2003) waren in unserer Studie keine isolierten 1-Wandfrakturen der medialen Wand enthalten, dafür beinhaltet unsere Gruppe der 1-Wandfrakturen auch isolierte Frakturen des Orbitadachs und unsere Gruppe der 2-Wandfrakturen neben der Permutation FM (Verletzung von Orbitaboden und medialer Orbitawand) auch andere Permutationen. Bei eingeschränkter Vergleichbarkeit durch heterogene Untergruppen darf mit Vorsicht gefolgert werden, dass die Ergebnisse der Wiederherstellung in unserem Patientenkollektiv, wie bei Ellis und Tan (2003), eine hohe Genauigkeit aufweisen. Die geringeren relativen Flächendifferenzen bei Ellis und Tan (2003) erscheinen in Anbetracht der Tatsache plausibel, dass der OTS aufgrund der Ein-

schluss-Kriterien dort nur Werte von 1 bis 5 annehmen konnte. Bei der Berechnung der relativen Flächendifferenzen in der vorliegenden Studie wurden hingegen Durchschnittswerte für die 41 einseitigen Orbitaverletzungen aus dem Gesamtkollektiv bestimmt, in dem die Verletzungen auch OTS Werte von über 5 bis zu maximal 9 erreichten ( n=31 für OTS ≤ 5 und n=10 für OTS zwischen 6 und 9).

#### **4.2.5.2 Studien zur Wiederherstellung von Orbitawänden mit präformierten Titangitterplatten**

Erste Studien, in denen die Orbitawände mit dreidimensional präformierten Titangitterplatten wiederhergestellt wurden (z. B. Metzger et al. 2007c, Kozakiewicz et al. 2009) zeigen gute Ergebnisse.

Für 19 Patienten der Universitätsklinik Freiburg beschrieben Schön et al. (2006) eine erfolgreiche Versorgung von „extensiven Orbitabodenfrakturen mit Beteiligung der medialen Wand“ mit präformierten Titangitterplatten ohne klinisch-funktionelle Residuen in allen Fällen. Die Beschreibung als „extensive Orbitabodenfrakturen mit Beteiligung der medialen Wand“ lässt darauf schließen, dass sich aus unserer Studie die Gruppe der 2-Wandfrakturen mit einem größeren Defektareal im Bereich des Orbitabodens, also Typ F2 oder Typ F3 (vgl. Kapitel 2.3.3) und einem Defektareal im Bereich der medialen Wand Typ M1 oder M2 (vgl. Kapitel 2.3.4) entsprechend einem Verletzungsmuster 2W: L0-F2-3M1-2-R0 zum Vergleich anbietet. Das würde einem OTS von 3 bis 5 entsprechen. Die Beschreibung ohne klinisch-funktionelle Residuen bedeutet, dass der KOS den höchsten möglichen Wert von 7 erreicht.

Bei den 2-Wandfrakturen der hier vorliegenden Studie (n=19) trat die Permutation FM, also die Verletzung des Orbitabodens und der medialen Wand, 8-mal auf (Patient.-Nr. 6, 16, 24, 29, 35, 39, 42, 48 - vgl. Kapitel 3.3.2.6.1). Diese 8 Fälle hatten einen OTS von 3,8. Davon waren 7 Fälle der Nachuntersuchung zugänglich und diese hatten einen mittleren KOS von 4,3, der zwar im befriedigenden Bereich liegt, aber von dem höchsten möglichen Wert von 7 respektive einer restitutio ad integrum ohne klinisch-funktionelle Residuen noch abgesetzt ist. Es darf gefolgert werden, dass in Fällen extensiver infero-medialer Orbitawandverletzungen durch die Anwendung von „preoperatively preformed Titanmeshes“ mehr Benefit für die betroffenen Patienten zu erreichen ist.

In einer prospektiven Studie untersuchte Scolozzi et al. (2009) die Genauigkeit und die Vorhersagbarkeit der Orbitawandrekonstruktion mittels präformierter AO-Titangitterplatte an 10

Patienten mit einer unilateralen, isolierten Blowout-Fraktur. Dabei handelte es sich um 7 isolierte Orbitabodenfrakturen (1W: L0-F1-3-M0-R0), 1 isolierte Fraktur der medialen Wand (1W: L0-F0-M1-2-R0) und 2 Frakturen mit Beteiligung von Orbitaboden und medialer Orbitawand (2W: L0-F1-3-M1-2-R0). Der Nachbeobachtungszeitraum betrug mindestens 6 Monate. Als einzige Komplikation wird eine Diplopie bei einem Patienten beschrieben, so dass die Diplopierate und die Gesamtkomplikationsrate bei 10% lagen.

Isolierte 1-Wandfrakturen der medialen Wand waren in der Patientenserie dieser Studie nicht vertreten. Die entsprechenden Untergruppen der vorliegenden Studie sind demnach die 1-Wandfrakturen des Orbitabodens (W1: L0-F1-3-M0-L0) (n = 8) und die 2-Wandfrakturen mit Beteiligung des Orbitabodens und der medialen Orbitawand (W2: L0-F1-3-M1-2-L0) (n = 7), welche klinisch nachuntersucht werden konnten. Von diesen 15 Fällen muss noch ein Patient ausgeschlossen werden, bei dem aufgrund einer Minderung des Visus auf 20% und gleichzeitig vorliegendem, posttraumatischem, hirnorganischem Psychosyndrom eine Untersuchung auf Diplopie nicht durchführbar war. Unter den verbleibenden 14 Patienten trat eine Diplopie insgesamt 4-mal auf. Dabei lag 1-mal eine Diplopie im zentralen Sehfeld, 1-mal eine Diplopie in der Sehfeldperipherie und zweimal eine Diplopie am Sehfeldrand vor. Dies entspricht einer Diplopierate von 29%. Auch wenn vermutet werden darf, dass die höhere Diplopierate teilweise auf einen größeren Anteil an 2-Wandfrakturen und damit auf einen höheren OTS-Wert zurück zu führen ist, so ist ein weiterer möglicher Grund für die vergleichsweise niedrige Diplopierate bei Scolozzi (2009) die Nutzung präformierter Titangitterplatten. Auch hier kann gefolgert werden, dass in Fällen weniger stark ausgeprägter Verletzungen des Orbitabodens bzw. des Orbitabodens und der medialen Orbitawand durch die Anwendung von „preoperatively preformed Titanmeshes“ mehr Benefit für die betroffenen Patienten zu erreichen ist.

Ein Jahr später veröffentlichte Scolozzi et al. (2010) in einer ebenfalls prospektiven Studie den Vergleich der Wiederherstellung des Orbitavolumens nach unilateralen Blowout-Frakturen zwischen einer Gruppe, die mit nichtpräformierten Titangitterplatten und einer Gruppe, die mit präformierten Titangitterplatten versorgt wurde. In der Gruppe (n=10), in der nicht präformierten Titangitterplatten eingesetzt wurden, traten 6 isolierte Frakturen des Orbitabodens (1W: L0-F1-3-M0-R0), 3 isolierte Frakturen der medialen Orbitawand (1W: L0-F0-M1-2-R0) und 1 kombinierte Fraktur des Orbitabodens und der medialen Orbitawand (2W: L0-F1-3-M1-2-R0) auf. In der Gruppe, in der präformierte Titangitterplatten eingesetzt wurden (n=10), fanden sich 7 isolierte Frakturen des Orbitabodens (1W: L0-F1-3-M0-R0) und 3 2-Wandfrakturen mit Beteiligung des Orbitabodens und der medialen Wand (2W: L0-F1-3-M1-2-R0). Das klinische Nachbeobachtungsintervall betrug 6 bis 13 Monate, eine augenärztliche Untersuchung fand 3 Monate postoperativ statt. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass unabhängig von der Art der

verwendeten Titangitterplatte keine signifikante Differenz des restaurierten Orbitavolumens besteht.

Da in der hier vorliegenden Studie nicht das Orbitavolumen bestimmt wurde, sondern die Kongruenz und die Flächendifferenz an drei ausgewählten Orbitaquerschnitten bewertet und zu einem Score zusammengefasst wurden, kann ein Vergleich mit den Ergebnisse unserer Studie nicht stattfinden. Andere Faktoren, wie die Ergebnisse der klinischen und insbesondere der augenärztlichen Nachuntersuchung, werden von Scolozzi (2010) nicht detailliert beschrieben. Aufgrund der geringen Fallzahl und der Fokussierung auf das Orbitavolumen lässt sich lediglich feststellen, dass für weniger stark traumatische Verletzungen des Orbitabodens sowohl präformierte als auch nicht-präformierte Titangitterplatten das Volumen der Orbita adäquat wieder herstellen können.

Insgesamt zeichnet sich die Tendenz ab, dass bei stärkeren Traumata bzw. ausgedehnteren Verletzungen der Orbita mit „preoperatively preformed Titanmeshes“ hinsichtlich des klinischen Outcome mehr Benefit zu erreichen ist.

### **4.3 Methodenkritik**

Als retrospektive Studie unterliegt die hier präsentierte Untersuchung naturgemäß einigen Kritikpunkten. Die Primärdaten wurden anhand von Krankenhausakten und Computertomografien erhoben. Die Krankenhausakten variierten je nach Zeitpunkt des stationären Aufenthaltes und je nach behandelnden und dokumentierenden Ärzten in ihrer Ausführlichkeit. Die vorhandenen Computertomografien waren je nach klinischer Situation und durchführendem Radiologen unterschiedlich gut in ihrer Einstellung, in der gewählten Schichtdicke und in der Auflösung der betrachteten Schichten.

Für eine Nachuntersuchung standen, wie immer bei solchen Studien, meist nicht alle Patienten zur Verfügung, und die Intervalle zwischen Operation und Nachuntersuchung waren variabel.

Diese „Schwachpunkte“ sind auch dem weit überwiegenden Teil der vorliegenden Literatur zu eigen: insgesamt gibt es nur sehr wenige prospektive Studien zur Rekonstruktion der internen Orbita die zudem auf ein bestimmtes Material fokussieren wie Polidioxanon (PDS) (Kontio et al. 2001) , Silikon (Mwanza et al. 2001) oder poröse Polyethylenfolien (Medpore) (Folkestad und Granström 2003) oder aber auf die Entwicklung hin zu präformierten Titangitterplatten, wie Sie in Kapitel 4.2.4 beschrieben ist, abzielen (Fan et al. 2007, Scolozzi et al. 2009, Scolozzi et al. 2010). Es gibt nur eine einzige randomisierte Vergleichsstudie, die den direkten Vergleich mehrerer Operationsverfahren erlaubt (Dietz et al. 2001). Eine prospektive Studie an

nur 6 Patienten (Mwanza et al. 2001) dürfte vermutlich kaum aussagefähiger sein als eine retrospektive Untersuchung an der zehnfachen Patientenzahl.

Der potentielle Schwachpunkt retrospektiver Untersuchungen „geringe Patientenzahl“ kommt in der vorliegenden Arbeit nur wenig zum Tragen: Der Anteil der klinisch nachuntersuchten Patienten lag bei fast 80 %.

Bei der Auswertung der Dokumentationen (Krankenakten, OP-Berichte etc.) in retrospektiven Studien werden fehlende Angaben häufig zum Ausschlusskriterium. Sowohl das diagnostische als auch das chirurgische Procedere war in der Beobachtungsperiode relativ hoch standardisiert, was im geringen Anteil fehlender Angaben zum Ausdruck kommt. Allerdings war das radiologische Datenmaterial heterogen. Das Fehlen von präoperativen Computertomographien in 4 Fällen führte dazu, dass das Verletzungsmuster anhand der postoperativen Kontrollbilder und der OP-Berichte indirekt bestimmt werden musste (siehe Kap 2.2). Das Fehlen von DICOM-Datensätzen für die ältesten Fälle, bei denen im PACS lediglich Scanbilder der Hardcopies hinterlegt waren, führte zu einer Uneinheitlichkeit in dem zur Verfügung stehenden Datenpool.

Die verschiedenen unterschiedlichen Einstellungen der vorliegenden Computertomografien, zum Beispiel in Schichtdicke und Darstellungsgröße im Viewer, führten, wie in der Methodik beschrieben, zu sehr unterschiedlichen Größen der in Pixel gemessenen Flächen, so dass die Abweichungen der Querschnitte relativ berechnet werden mussten. Da es Ziel war, eine Patientenserie sowohl in ihrem radiologischen, als auch in ihrem klinischen Outcome darzustellen, wurden diese Uneinheitlichkeiten in Kauf genommen.

Die Versorgung mit Titangitterplatten erfolgte in der Klinik im Beobachtungszeitraum nicht routinemäßig, sondern war Patienten mit schweren und/oder ausgedehnten Defekten vorbehalten. Auch, wenn sich dies in formalen Mess- und Diagnoseparametern nicht in vollem Umfang niederschlägt, ist damit von einer gewissen prognostischen Selektion als schwierig eingeschätzter Fälle auszugehen (negatives Bias), was bei Betrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss.

Mit dem Orbital Trauma Score (OTS) wurde ein Bewertungsinstrument eingeführt, das die Komplexität der Verletzung der internen Orbita graduiert. Informationen wie viele und welche Orbitawände wie stark betroffen sind, können jedoch aus dem OTS allein nicht mehr abgelesen werden (Vgl. Kapitel 2.4).

Weiterhin ist zu hinterfragen, ob die im klinischen Follow-up durchgeführten Einzeluntersuchungen nicht zu detailreich waren und eher der Diskrimination akzentuierter ophthalmologischer Fragestellungen dienten, anstelle klinisch Routinetauglich zu sein.

Das verwendete Exophthalmometer nach Hertel ist für den Patienten wenig komfortabel und kann bei knöchernen Dislokationen der Orbitaländer zu Fehlmessungen führen. Solche Dislokationen des lateralen Orbitalandes wurden in der Nachuntersuchung durch klinische Inspektion und Palpation ausgeschlossen. Das Naugle Exophthalmometer, wird auf dem superioren und inferioren Orbitalrand aufgesetzt und soll neben einem größeren Komfort für den Patienten auch eine größere Reproduzierbarkeit der Ergebnisse liefern. (Cole et al. 1997). Das Naugle Exophthalmometer wird eher selten verwendet und stand uns für diese Untersuchungsreihe nicht zur Verfügung.

Ein Kritikpunkt an dem hier verwendeten Klinischem Outcome Score (KOS) ist die Reduktion der maximal möglichen Punktzahl, wenn Einzeluntersuchungen nicht durchgeführt werden können. Sind die Untersuchungen auf Diplopie und am Hess-Schirm nicht möglich, liegt der maximal zu erreichende klinische Outcome-Score bei 3 und damit in einem als unbefriedigend definierten Intervall (vgl. Kapitel 2.7). Ein relativer klinischer Score, der den Prozentwert vom maximal erreichbaren klinischen Outcome Score angibt, wäre aufgrund der notwendigen Berechnungen klinisch wieder unpraktikabel, gäbe aber für diejenigen Patienten, bei denen nicht alle Einzeluntersuchungen durchführbar sind, eine zutreffendere Bewertung ab.

Ein allgemeines Manko der Mitteilungen im Schrifttum ist, dass die Datenlage zu den Behandlungsergebnissen nach internen Orbitafrakturen überwiegend auf retrospektiven Studien an konsekutiven Patientenkollektiven beruht, die in ihren Auswertungskriterien heterogen sind. Problematisch ist, das über relevante postoperative Komplikationen und Residuen nach Orbitafrakturen nicht einfach mit „ja“ oder „nein“ zu entscheiden ist und oft prätraumatische Vergleichswerte fehlen. Weist ein Patient nach Operation einer Orbitafraktur also beispielsweise einen diskreten Enophthalmus im Seitenvergleich oder eine Diplopie bei einer endgradigen Blickrichtung auf, so ist dies nicht mit Sicherheit als Unfallfolge anzusehen.

Ein diskreter Enophthalmus kann bedingt sein durch die natürliche, geringe Asymetrie, die an Augen-gesunden Populationen ermittelt wurde und andererseits überlagert sein von altersbedingten oder Untersucherabhängigen Variablen (Ahmadi et al. 2007, Lam et al. 2009). Vergleiche der Prozentsätze von Residuen oder Komplikationen aus verschiedenen Untersuchungen sind insgesamt nur unter großen Vorbehalten statthaft (Biesman et al. 1996, Hosal und Beatty 2002, Chang et al. 2009).

Auch wenn in dieser Untersuchung die 4-Wandfrakturen durch den ROS nach dem radiologischen Outcome besser bewertet werden als die 3-Wandfrakturen, verschafft ein niedrigerer durchschnittlicher KOS bei der Gruppe der 4-Wandfrakturen der klinischen Realität hinsichtlich der Lebensqualität der Patienten möglicherweise mehr Ausdruck.

#### 4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Als Fazit aus der vorliegenden Studie und den Angaben im Schrifttum (Andrades et al. 2009) bleibt festzuhalten, dass die postoperativen klinischen Befunde und die postoperativen Bildgebungsbefunde nach Wiederherstellung der Orbita nicht in enger gesetzmäßiger Korrelation stehen. Im Gegenteil, der Zusammenhang ist eher lose, wofür grundsätzlich mehrere Ursachen in Frage kommen:

1. die Messung der radiologischen Outcome Parameter (RFS, RKS, ROS) ist technisch ungenau bzw. fehlerbehaftet;
2. bereits vor der Verletzung bestehen Seitendifferenzen der Orbitae in Volumen und Oberflächenkonturen, so dass die Ansprüche an die Genauigkeit der Rekonstruktion über- oder unterschätzt werden;
3. das funktionelle Ergebnis bzw. der Behandlungsendpunkt hängen nicht nur von der möglichst exakten Wiederherstellung geometrischer Verhältnisse, sondern von der Restitution der intraorbitalen Weichgewebe ab

Zu der Frage, ob ein intraindividueller Unterschied zwischen der Form und dem Volumen der rechten und der linken Orbita besteht, finden sich in der Literatur divergierende Angaben. Während Deveci et al. (2000) zu dem Ergebnis kommen, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Volumina der beiden Orbitae besteht und somit bei unilateralen Verletzungen die unverletzte Seite als Referenz zur Wiederherstellung der Kontur und des Volumens herangezogen werden kann, konnten andere Autoren (Forbes et al. 1985, Parsons und Mathog 1988, Jin et al. 2000) einen signifikanten Unterschied in Größenordnungen von 7-8 % feststellen.

Angesichts dieser Verhältnisse ist dem subjektiv-funktionellem Ergebnis wohl der höhere Rang vor technischen Messgrößen einzuräumen, da die Lebensqualität eines Patienten letztlich entscheidend ist. Ausschließlich das Orbitavolumen bzw. die Wiederherstellung der Orbitakontur als Erfolgskriterium zu verwenden (Scolozzi et al. 2010) erscheint problematisch. Ein Klinischer Outcome Score (KOS), wie in der vorliegenden Studie, muss als der probate Ansatz gelten, um das klinische Ergebnis zu bewerten.

Mit den heute verfügbaren Methoden kann in den meisten Fällen auch nach schweren Frakturen der internen Orbita eine mindestens akzeptable strukturelle und funktionelle Wiederherstellung erzielt werden. Außer der Frühoperation haben auch Sekundärkorrekturen Aussicht auf

Erfolg (Fan et al. 2007), sind allerdings operationstechnisch deutlich anspruchsvoller (Ng et al. 2001).

Die Evidenzlage zu den Ergebnissen der verschiedenen Behandlungsverfahren ist verhältnismäßig wenig untermauert, da fast ausschließlich retrospektive Beobachtungsstudien mit niedrigen Evidenzleveln vorliegen. Derzeit kann kein Goldstandard definiert werden.

Die Wahl eines Operationsverfahrens (chirurgischer Zugang, periorbitale Dissektion, Rekonstruktionsmaterial) hängt daher nach wie vor von der Ausbildung, dem individuellen Erfahrungen und, nicht zuletzt, dem Geschick („Manual Skill“) des Operateurs ab. Die Wiederherstellung der Orbitawände mit intraoperativ konturierten „non preformed Titanmeshes“ ist heute eine verbreitete, praktikable und wenig Ressourcen-intensive Methode, die bei Frakturen sämtlicher Schweregrade der internen Orbita, wie die vorliegende Studie zeigt, in der Mehrzahl der Fälle zumindest zufriedenstellende oder sogar gute radiologische (vgl. Kapitel 3.6.6) und klinische Ergebnisse liefern kann (vgl. 3.7.6).

Es kann allerdings kaum ein Zweifel daran bestehen, dass rigide vorgeformte alloplastische Implantate, die auf der Basis moderner dreidimensionaler Bildgebungsverfahren und stereolithographischer Modelle angefertigt werden, die Präzision einer anatomiegerechten Rekonstruktion der Orbita weiter verbessern (Tiedemann 1993, Klein und Glatzer 2006, Andrades et al. 2009, Chen und Chen 2010). Mit diesen weiter fortgeschrittenen Techniken erscheinen auch schwere Orbitafrakturen heute zuverlässig und vorhersagbar gut versorgbar zu sein.

Einschränkend ist zu sagen, dass die anatomischen Verhältnisse in einer schwer verletzten Orbita sehr komplex und auch bei formal gleichem Verletzungstyp ganz unterschiedlich aussehen können. Verallgemeinernde Aussagen zur Realisierbarkeit einer exakten Wiederherstellung von Oberflächenkontur und Volumen sollten nur mit größter Zurückhaltung getroffen werden.

Erst während der Exposition der Fraktur intra operationem genauer identifizierbare Problemsituationen können durchaus Kompromisse gegenüber der präoperativen Planung des Eingriffs erfordern. Ein typisches Beispiel sind lamelläre Frakturen, die weit nach dorsal bis in den Apex orbitae reichen, was ein Abhalten der orbitalen Weichgewebe und die Sichtverhältnisse immer schwieriger werden lässt, so dass eine zuverlässige Beurteilung der posterior ledge kaum noch zu bewerkstelligen ist.

Auch durch massive ödematöse Schwellungen und intraorbitale Hämatome zum Zeitpunkt der Operation oder wenn bei der Dissektion der Augenhöhlenwandungen die Periorbita-Hülle einreißt und es zu Fettgewebsherniationen kommt, können Sichtbehinderungen resultieren, die eine exakte Darstellung der Anatomie und eine präzise Wiederherstellung erschweren.

Sobald keine festen anatomischen Landmarken innerhalb der Orbita mehr vorhanden sind, wie es sowohl bei unilateralen als auch besonders bei bilateralen Orbitafrakturen im Rahmen von ausgedehnten Mittelgesichtsfrakturen immer wieder der Fall ist, steigt der Schwierigkeitsgrad für die Rekonstruktion und die Outcome-Prognose wird tendenziell ungünstiger, wie es in der vorliegenden Arbeit klar zum Ausdruck kommt. Für die Untergruppe der hier betrachteten Frakturen mit den drei höchsten Orbital Traumascore-Werten zwischen 7 und 9 ist der durchschnittliche Klinische Outcome Score (KOS) mit 3,9 am niedrigsten (vgl. Kapitel 3.7.12).

Für die Zukunft sind in zweierlei Hinsicht Fortschritte zu erwarten. Einerseits durch technische Weiterentwicklungen im Bereich der Navigation und intraoperativen Bildgebung sowie andererseits bei der Weiterentwicklung der computergesteuerten Fertigung von alloplastischen Implantaten. Die nach individuellen CT-Daten erstellten „preformed Titanmeshes“ bieten gerade für solche Fälle Perspektiven, wo anatomische Landmarken einschließlich der posterior ledge fehlen. (vgl. Kapitel 4.3.4).

Für bilaterale Frakturen ohne Referenz, z.B. durch Spiegelung von der Gegenseite, ist ein sogenannter „puzzle up“ Konturaufbau in Arbeit. Virtuell wird an noch vorhandenen unverletzten Arealen und aus in Bibliotheken bzw. virtuellen Atlanten hinterlegten Durchschnittswerten unter Berücksichtigung von Parametern, die mit der Kontur der internen Orbita korrelieren, ein „best-fitting“ Exemplar ermittelt und zur Grundlage der Rekonstruktion verwendet. Als Parameter werden unter anderem Körpergröße, Ethnie, Alter, Geschlecht und Bezaehlung genutzt, oder beispielsweise die Größe und der Umfang des additus ad orbitae.

Neben diesen technischen Weiterentwicklungen wird weiterhin großer Wert auf „Detailarbeit“ zu legen sein, sowie auf konkretisierte Leitlinien zur Methodenwahl und Vorgehensweise für die einzelnen Verletzungsmuster in Abhängigkeit eines verbindlichen Orbital Trauma Score. Die Grundlage dieser Detailarbeit wäre eine Verbesserung der Evaluations- und Vergleichsmöglichkeiten bei der Ergebnisanalyse in den Studien aus unterschiedlichen Zentren. Neben exakten Vorgaben zur Diagnose der wesentlichen Folgekomplikationen – Lidanomalien, Fehlstellungen des Bulbus und Beeinträchtigungen seiner Motilität – wäre für die Zukunft eine Konsensfindung bezüglich eines klinischen Outcome-Index wünschenswert, der unbedingt Angaben zur Lebensqualität beinhalten sollte (Hesse et al. 25.-29. Mai 2010).

## 5 Zusammenfassung

### *Problemstellung:*

Eine konsekutive Patientenserie aus den Jahren 2002 bis 2006 im Bundeswehrkrankenhaus Ulm, bei denen Verletzungen der internen Orbitawände mit Titangitterplatten wiederhergestellt worden waren, wurde unter folgender Zielsetzung ausgewertet:

- Beschreibung der unterschiedlichen Verletzungsmuster für isolierte oder multiple, in Kombination auftretende Orbitawandfrakturen in einer einfachen und klinisch praktikablen Klassifikation zugleich mit der Erfassung des Schweregrads.
- Radiologische und klinische Nachuntersuchung und Quantifizierung der Ergebnisse in Scores zur Überprüfung der Qualität der operativen Behandlung in Abhängigkeit vom Schweregrad der Verletzung.
- Mögliche Unterschiede in der Ergebnisbewertung nach radiologischen und klinischen Gesichtspunkten.

### *Material und Methoden:*

An einem Gesamtkollektiv von 52 Patienten mit 57 Frakturen der internen Orbita wurde die prä- und postoperative Bildgebung ausgewertet. Zur Beschreibung der Verletzungsmuster wurde ein modifiziertes Trifoil-Schema verwendet mit einer Basis-Einteilung in 1-Wand-, 2-Wand-, 3-Wand- und 4-Wand-Frakturen. Zusätzlich wurde der Schweregrad der Verletzung bewertet und durch Summation der betroffenen Orbitawände ein sogenannter Orbital Trauma Score (OTS) errechnet. Die Qualität der morphologischen Wiederherstellung der Orbitakonturen und des Volumens wurde anhand eines Radiologischen Outcome Score, bestimmt, in dem die Kongruenz der zur Rekonstruktion verwendeten Titangitterplatten mit der intakten kontralateralen Orbita bzw. die Flächendifferenz aus drei in sagittaler Richtung durch das Titanmesh bestimmten Orbitaquerschnitten von der rekonstruierten und der intakten Referenzseite eingingen.

Eine klinische Nachuntersuchung wurde an einem Subkollektiv der Patienten (n=41) durchgeführt und bezog sich u. a. auf die Bulbusposition, eine Exophthalmometrie nach Hertel und Doppelbilder bei orientierender Untersuchung sowie am Hess-Schirm. Daraus wurde ein klini-

scher Outcome Score (KOS) entwickelt, der Werte zwischen 0 und 7 annehmen kann wobei höhere Werte einem besserem klinischen Outcome entsprechen.

#### *Ergebnisse:*

**Gesamtkollektiv:** An den 57 internen Orbitae (52 Patienten) lagen insgesamt 132 verletzte Orbitawandungen vor. Am häufigsten betroffen war der Orbitaboden (40,9 %), gefolgt von medialer und lateraler Orbitawand (24,3 % bzw. 22,7 %) sowie vom Orbitadach (12,1 %). Die laterale Orbitawand (22,7 %) war nur bei Mehrwandfrakturen betroffen. 1-Wandfrakturen fanden sich in 24,6%, 2-Wandfrakturen in 33,3%, 3-Wandfrakturen in 28,1% und 4-Wandfrakturen in 14,0%.

Die Korrelation des Orbital Trauma Score (OTS) zur Anzahl der betroffenen Orbitawände ergab im Gesamtkollektiv das gleiche Ergebnis wie im Nachuntersuchungskollektiv. Bei den 1-Wand- bis 3 Wand-Frakturen überwogen die mittleren und hohen OTS-Werte; bei den 4 -Wand-Frakturen fanden sich ausschließlich OTS-Werte oberhalb des Mittenbereichs mit einer Häufung beim möglichen Maximalwert.

Die RKS Mittelwerte für die 1-Wand-, 2-Wand- und 3-Wand-Frakturen lagen mit 4,7 bis 4,9 auf einem etwa gleichen, günstig zu bewertendem Niveau. Der RKS Mittelwert der 4-Wand-Frakturen war mit 3,8 reduziert auf ein immer noch zufriedenstellendes Niveau. Die Mittelwerte des RFS und des ROS nahmen mit zunehmender Zahl der beteiligten Orbitawände von einem günstigen Niveau bei den 1-Wandfrakturen zu einem befriedigenden Niveau bei den 2-Wand- und 3-Wandfrakturen ab. Ausgenommen von diesem Trend waren die 4-Wandfrakturen, die günstige RFS und ROS Mittelwerte erreichen.

Die Mittelwerte der Flächendifferenzen nahmen einerseits in der sagittalen Schichtabfolge von anterior über die Midorbita nach posterior und andererseits mit der Zahl der von der Fraktur betroffenen Orbitawände von den 1-Wandfrakturen bis zu den 3-Wandfrakturen zu. Die Mittelwerte der Flächendifferenzen bei 4-Wandfrakturen bewegen sich wieder auf einem den 1-Wandfrakturen vergleichbarem Level.

Für leichte und mittelschwere Orbitaverletzungen mit einem OTS von 1 bis 6 lagen die RKS Mittelwerte zwischen 4,6 und 5,3 was als gut einzustufen ist. Für die schweren Verletzungen mit einem OTS von 7 bis 9 fanden sich RKS Mittelwerte von 3,4 bis 4,0 und zeigten damit ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die RFS Mittelwerte zeigten zwar keine Korrelation mit der Höhe des OTS, erreichten aber für alle OTS ein gutes oder zumindest zufriedenstellendes Ergebnis. Die OTS Werte der leichten (1 bis 3) und schweren Orbitaverletzungen (7 bis 9) er-

reichten mit 10,5 und 10,8 gute ROS-Werte, während die mittelschweren Orbitaverletzungen (OTS 4 bis 6) mit 8,5 im zufriedenstellenden Bereich lagen.

Zwischen der Anzahl der verletzten Orbitawände bzw. den OTS-Werten und dem postoperativen Ergebnis auf der Basis des radiologischen Scores (RKS, RFS, ROS) besteht keine eindeutige Korrelation.

**Nachuntersuchungskollektiv:** Ein Zusammenhang zwischen dem OTS und dem KOS besteht. Die Untergruppe, die die beiden niedrigsten OTS-Werte (2 und 3) beinhaltet hat einen durchschnittlichen KOS von 5,4, die Untergruppe mit den drei mittleren OTS-Werten (4,5,6) dann einen mittleren KOS von 4,6 und die Gruppe mit den höchsten OTS-Werten (7,8,9) einen KOS von 3,9. Die Rate operativer Revisionen zur Erzielung akzeptabler klinisch-radiologischer Ergebnisse lag bei ca. 12%.

#### *Schlussfolgerung und Ausblick:*

Die Verletzungen der internen Orbita können anhand von CT-Daten mit der hier vorgestellten, modifizierten Klassifikation einfach und praktikabel eingeteilt und der Schweregrad anhand des OTS quantifiziert werden. Die Ergebnisse der operativen Wiederherstellung der Orbitawände können sowohl radiologisch als auch klinisch durch entsprechende Scores erfasst werden.

Auch bei komplexen Verletzungen mit hohen OTS kommt es nach Wiederherstellung der Orbitawände mit nicht präformierten Titangitterplatten in der Mehrheit der Fälle zu einem guten oder zufriedenstellenden klinischen Outcome. Die Anwendung präformierter Titangitterplatten kann die Präzision der Wiederherstellung einer verletzten internen Orbita wahrscheinlich weiter verbessern. In Zukunft wünschenswert wäre ein klinischer Outcome-Index, der auf Lebensqualitätitems aufbaut und damit die Vergleichbarkeit verschiedener Studien verbessert.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Ahmadi H, Shams P, Davies N, Joshi N, Kelly M. Age-related changes in the normal sagittal relationship between globe and orbit. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery* 2007;60:5.
2. Aitasalo K, Kinnunen I, Palmgren J, Varpula M. Repair of orbital floor fractures with bioactive glass implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:1390-1395; discussion 1395-1396.
3. Andrades P, Hernandez D, Falguera MI, Millan JM, Heredero S, Gutierrez R, Sánchez-Aniceto G. Degrees of tolerance in post-traumatic orbital volume correction: the role of prefabricated mesh. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2404-2411.
4. Anonymus. Leads from the MMWR. Rapidly progressive dementia in a patient who received a cadaveric dura mater graft. *JAMA* 1987;257:1036-1037.
5. Antonyshyn O, Gruss JS, Galbraith DJ, Hurwitz JJ. Complex orbital fractures: a critical analysis of immediate bone graft reconstruction. *Ann Plast Surg* 1989a;22:220-233; discussion 234-225.
6. Antonyshyn O, Gruss JS, Kassel EE. Blow-in fractures of the orbit. *Plast Reconstr Surg* 1989b;84:10-20.
7. Austermann KH. Frakturen des Gesichtsschädels. In: Schwenzler N, Ehrenfeld M eds, *Spezielle Chirurgie*. Stuttgart, New York: Thieme-Verlag; 2002:339ff
8. Banerjee A, Moore CC, Tse R, Matic D. Rounding of the inferior rectus muscle as an indication of orbital floor fracture with periorbital disruption. *J Otolaryngol* 2007;36:175-180.
9. Belli E, Matteini C, Mazzone N. Evolution in diagnosis and repairing of orbital medial wall fractures. *J Craniofac Surg* 2009;20:191-193.
10. Bergsma JE, de Bruijn WC, Rozema FR, Bos RR, Boering G. Late degradation tissue response to poly(L-lactide) bone plates and screws. *Biomaterials* 1995;16:25-31.
11. Biesman BS, Hornblass A, Lisman R, Kazlas M. Diplopia after surgical repair of orbital floor fractures. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 1996;12:9-16; discussion 17.
12. Browning CW. Alloplast materials in orbital repair. *Am J Ophthalmol* 1967;63:955-962.
13. Büchel P, Rahal A, Seto I, Iizuka T. Reconstruction of orbital floor fracture with polyglactin 910/polydioxanon patch (ethisorb): a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:646-650.

14. Burm JS, Chung CH, Oh SJ. Pure orbital blowout fracture: new concepts and importance of medial orbital blowout fracture. *Plast Reconstr Surg* 1999;103:1839-1849.
15. Burnstine MA. Clinical recommendations for repair of isolated orbital floor fractures: an evidence-based analysis. *Ophthalmology* 2002;109:1207-1210; discussion 1210-1201; quiz 1212-1203.
16. Chang EW, Manolidis S. Orbital floor fracture management. *Facial Plast Surg* 2005;21:207-213.
17. Chang SH, Custer PL, Mohadjer Y, Scott E. Use of Lorenz titanium implants in orbital fracture repair. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 2009;25:119-122.
18. Chen CT, Chen YR. Update on orbital reconstruction. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;18:311-316.
19. Chen JM, Zingg M, Laedrach K, Raveh J. Early surgical intervention for orbital floor fractures: a clinical evaluation of lyophilized dura and cartilage reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50:935-941.
20. Chi MJ, Ku M, Shin KH, Baek S. An analysis of 733 surgically treated blowout fractures. *Ophthalmologica* 2010;224:167-175.
21. Cole HP, 3rd, Couvillion JT, Fink AJ, Haik BG, Kastl PR. Exophthalmometry: a comparative study of the Naugle and Hertel instruments. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 1997;13:189-194.
22. Converse JM, Smith B, Obear MF, Wood-Smith D. Orbital blowout fractures: a ten-year survey. *Plast Reconstr Surg* 1967;39:20-36.
23. Cordewener FW, Bos RR, Rozema FR, Houtman WA. Poly(L-lactide) implants for repair of human orbital floor defects: clinical and magnetic resonance imaging evaluation of long-term results. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:9-13; discussion 13-14.
24. Cruz AA, Eichenberger GC. Epidemiology and management of orbital fractures. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15:416-421.
25. Denecke HJ, Denecke MU, Draf W, Ey W. Die Operationen an den Nasennebenhöhlen und der angrenzenden Schädelbasis. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1992:79-81.
26. Deveci M, Ozturk S, Sengezer M, Pabuscu Y. Measurement of orbital volume by a 3-dimensional software program: an experimental study. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:645-648.
27. Dietz A, Ziegler CM, Dacho A, Althof F, Conradt C, Kolling G, von Boehmer H, Steffen H. Effectiveness of a new perforated 0.15 mm poly-p-dioxanon-foil versus

- titanium-dynamic mesh in reconstruction of the orbital floor. *J Craniomaxillofac Surg* 2001;29:82-88.
28. Dingman RO, Natvig P. *Surgery of the facial fractures*. Philadelphia London: Saunders; 1964
  29. Ellis E, 3rd, el-Attar A, Moos KF. An analysis of 2,067 cases of zygomatico-orbital fracture. *J Oral Maxillofac Surg* 1985;43:417-428.
  30. Ellis E, 3rd, Messo E. Use of nonresorbable alloplastic implants for internal orbital reconstruction. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:873-881.
  31. Ellis E, 3rd, Sinn DP. Use of homologous bone in maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:1181-1193.
  32. Ellis E, 3rd, Tan Y. Assessment of internal orbital reconstructions for pure blowout fractures: cranial bone grafts versus titanium mesh. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:442-453.
  33. Enislidis G, Pichorner S, Kainberger F, Ewers R. Lactosorb panel and screws for repair of large orbital floor defects. *J Craniomaxillofac Surg* 1997;25:316-321.
  34. Fan X, Shen Q, Li H, Wei M, Zhang D. Orbital volume measurement of enophthalmos of orbital blowout fractures. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2002;38:39-41.
  35. Fan X, Zhou H, Lin M, Fu Y, Li J. Late reconstruction of the complex orbital fractures with computer-aided design and computer-aided manufacturing technique. *J Craniofac Surg* 2007;18:665-673.
  36. Folkestad L, Granström G. A prospective study of orbital fracture sequelae after change of surgical routines. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:1038-1044.
  37. Forbes G, Gehring DG, Gorman CA, Brennan MD, Jackson IT. Volume measurements of normal orbital structures by computed tomographic analysis. *AJR Am J Roentgenol* 1985;145:149-154.
  38. Friesenecker J, Dammer R, Moritz M, Niederdellmann H. Long-term results after primary restoration of the orbital floor. *J Craniomaxillofac Surg* 1995;23:31-33.
  39. Garibaldi DC, Iliff NT, Grant MP, Merbs SL. Use of porous polyethylene with embedded titanium in orbital reconstruction: a review of 106 patients. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 2007;23:439-444.
  40. Gear AJ, Lokeh A, Aldridge JH, Migliori MR, Benjamin CI, Schubert W. Safety of titanium mesh for orbital reconstruction. *Ann Plast Surg* 2002;48:1-7; discussion 7-9.
  41. Gellrich NC, Schramm A, Hammer B, Rojas S, Cufi D, Lagrèze W, Schmelzeisen R. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:1417-1429.

42. Gonty AA, Marciani RD, Adornato DC. Management of frontal sinus fractures: a review of 33 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:372-379; discussion 380-371.
43. Gosau M, Schöneich M, Draenert FG, Ettl T, Driemel O, Reichert TE. Retrospective analysis of orbital floor fractures-complications, outcome, and review of literature. *Clin Oral Investig* 2010;[Epub ahead of print]
44. Gosse EM, Ferguson AW, Lymburn EG, Gilmour C, MacEwen CJ. Blow-out fractures: patterns of ocular motility and effect of surgical repair. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2010;48:40-43.
45. Hammer B. *Orbital fractures: diagnosis, operative treatment, secondary corrections.* Seattle, Toronto, Bern, Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers; 1995
46. Hanu-Cernat LM, James G, Barnard NA. Perforated, custom-shaped, porous, polyethylene-coated titanium mesh implants in the treatment of large defects of the orbital wall. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47:220-221.
47. Haug RH, Van Sickels JE, Jenkins WS. Demographics and treatment options for orbital roof fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93:238-246.
48. Hender BH, Gataeno J, Smith BM. Use of auricular cartilage in the repair of orbital floor defects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:719-722.
49. Hesse R, Probst F, Schiel S, Augustin J, C.-P. C. konturierbare versus konfektionierte Titanmeshes zur Rekonstruktion nach Orbitawanfrakturen, Vergleich einer retrospektiven und prospektiven Anwendungsstudie. In, 60 Kongress der deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. München; 25.-29. Mai 2010
50. Hessling KH, Eckardt A, Schmelzeisen R, Mayer H. Indikation, Technik und Ergebnisse der Rekonstruktion von traumatischen Defekten des knöchernen Orbitabodens. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1991;36:207-209.
51. Hidding J, Deitmer T, Hemprich A, Ahrberg W. Primärkorrektur der Orbitabodenfraktur mit einer PDS-Folie. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1991;36:195-196.
52. Hoffmann J, Cornelius CP, Groten M, Probst L, Pfannenbergs C, Schwenzer N. Orbital reconstruction with individually copy-milled ceramic implants. *Plast Reconstr Surg* 1998;101:604-612.
53. Hofmann T, Friedrich RE, Wedl JS, Schmelzle R. Pneumatisation des Jochbogens auf Panoramaschichtaufnahmen. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2001;5:173-179.
54. Hosal BM, Beatty RL. Diplopia and enophthalmos after surgical repair of blowout fracture. *Orbit* 2002;21:27-33.

55. Hughes CW, Page K, Bibb R, Taylor J, Revington P. The custom-made titanium orbital floor prosthesis in reconstruction for orbital floor fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003;41:50-53.
56. Hwang K, You SH, Sohn IA. Analysis of orbital bone fractures: a 12-year study of 391 patients. *J Craniofac Surg* 2009;20:1218-1223.
57. Iizuka T, Mikkonen P, Paukku P, Lindqvist C. Reconstruction of orbital floor with polydioxanone plate. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991;20:83-87.
58. Jackson IT. Classification and treatment of orbitozygomatic and orbitoethmoid fractures. The place of bone grafting and plate fixation. *Clin Plast Surg* 1989;16:77-91.
59. Jank S, Emshoff R, Schuchter B, Strobl H, Brandlmaier I, Norer B. Orbital floor reconstruction with flexible Ethisorb patches: a retrospective long-term follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:16-22.
60. Jaquiéry C, Aeppli C, Cornelius P, Palmowsky A, Kunz C, Hammer B. Reconstruction of orbital wall defects: critical review of 72 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36:193-199.
61. Jin HR, Shin SO, Choo MJ, Choi YS. Relationship between the extent of fracture and the degree of enophthalmos in isolated blowout fractures of the medial orbital wall. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:617-620; discussion 620-611.
62. Kinnunen I, Aitasalo K, Pöllönen M, Varpula M. Reconstruction of orbital floor fractures using bioactive glass. *J Craniomaxillofac Surg* 2000;28:229-234.
63. Klein M, Glatzer C. Individual CAD/CAM fabricated glass-bioceramic implants in reconstructive surgery of the bony orbital floor. *Plast Reconstr Surg* 2006;117:565-570.
64. Knight JS, North JF. The classification of malar fractures: an analysis of displacement as a guide to treatment. *Br J Plast Surg* 1961;13:325-339.
65. Kontio R, Suuronen R, Salonen O, Paukku P, Konttinen YT, Lindqvist C. Effectiveness of operative treatment of internal orbital wall fracture with polydioxanone implant. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001;30:278-285.
66. Koornneef L. New insights in the human orbital connective tissue. Result of a new anatomical approach. *Arch Ophthalmol* 1977;95:1269-1273.
67. Kozakiewicz M, Elgalal M, Loba P, Komuński P, Arkuszewski P, Broniarczyk-Loba A, Stefańczyk L. Clinical application of 3D pre-bent titanium implants for orbital floor fractures. *J Craniomaxillofac Surg* 2009;37:229-234.
68. Lai A, Gliklich RE, Rubin PA. Repair of orbital blow-out fractures with nasoseptal cartilage. *Laryngoscope* 1998;108:645-650.

69. Lam A, Lam C, Leung W, Hung P. Intra-observer and inter-observer variation of Hertel exophthalmometry. *Ophthalmic & physiological optics: the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)* 2009;29:5.
70. Larsen OD, Thomsen M. Zygomatic fracture. I. A simplified classification for practical use. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1978;12:55-58.
71. Lee S, Maronian N, Most SP, Whipple ME, McCulloch TM, Stanley RB, Farwell DG. Porous high-density polyethylene for orbital reconstruction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;131:446-450.
72. Li KK. Repair of traumatic orbital wall defects with nasal septal cartilage: report of five cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:1098-1102.
73. Mackenzie DJ, Arora B, Hansen J. Orbital floor repair with titanium mesh screen. *J Craniomaxillofac Trauma* 1999;5:9-16; discussion 17-18.
74. Madhusudan G, Sharma RK, Khandelwal N, Tewari MK. Nomenclature of frontobasal trauma: a new clinicoradiographic classification. *Plast Reconstr Surg* 2006;117:2382-2388.
75. Manolidis S, Weeks BH, Kirby M, Scarlett M, Hollier L. Classification and surgical management of orbital fractures: experience with 111 orbital reconstructions. *J Craniofac Surg* 2002;13:726-737; discussion 738.
76. Markowitz BL, Manson PN, Sargent L, Vander Kolk CA, Yaremchuk M, Glassman D, Crawley WA. Management of the medial canthal tendon in nasoethmoid orbital fractures: the importance of the central fragment in classification and treatment. *Plast Reconstr Surg* 1991;87:843-853.
77. Matic DB, Tse R, Banerjee A, Moore CC. Rounding of the inferior rectus muscle as a predictor of enophthalmos in orbital floor fractures. *J Craniofac Surg* 2007;18:127-132.
78. Mauriello JA, Jr., Wasserman B, Kraut R. Use of Vicryl (polyglactin-910) mesh implant for repair of orbital floor fracture causing diplopia: a study of 28 patients over 5 years. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 1993;9:191-195.
79. Messinger A, Radkowski MA, Greenwald MJ, Pensler JM. Orbital roof fractures in the pediatric population. *Plast Reconstr Surg* 1989;84:213-216; discussion 217-218.
80. Metzger MC, Hohlweg-Majert B, Schön R, Teschner M, Gellrich NC, Schmelzeisen R, Gutwald R. Verification of clinical precision after computer-aided reconstruction in craniomaxillofacial surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007a;104:e1-10.
81. Metzger MC, Schon R, Schmelzeisen R. Preformed titanium meshes: a new standard? *Skull Base* 2007b;17:269-272.

82. Metzger MC, Schön R, Zizelmann C, Weyer N, Gutwald R, Schmelzeisen R. Semiautomatic procedure for individual preforming of titanium meshes for orbital fractures. *Plast Reconstr Surg* 2007c;119:969-976.
83. Montgomery RL. Orbital region. In: Montgomery RL ed, *Head and neck anatomy with clinical correlations*. New York: Mc Graw-Hill; 1981:258-277
84. Mwanza JC, Ngoy DK, Kayembe DL. Reconstruction of orbital floor blow-out fractures with silicone implant. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 2001:57-61.
85. Nam SB, Bae YC, Moon JS, Kang YS. Analysis of the postoperative outcome in 405 cases of orbital fracture using 2 synthetic orbital implants. *Ann Plast Surg* 2006;56:263-267.
86. Ng SG, Madill SA, Inkster CF, Maloof AJ, Leatherbarrow B. Medpor porous polyethylene implants in orbital blowout fracture repair. *Eye (Lond)* 2001;15:578-582.
87. Nowinski D, Messo E, Hedlund A. Treatment of orbital fractures: evaluation of surgical techniques and materials for reconstruction. *J Craniofac Surg* 2010;21:1033-1037.
88. Oliver AJ. The use of titanium mesh in the management of orbital trauma--a retrospective study. *Ann R Australas Coll Dent Surg* 2000;15:193-198.
89. Ono I, Gunji H, Suda K, Kaneko F, Yago K. Orbital reconstruction with hydroxyapatite ceramic implants. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1994;28:193-198.
90. Parsons GS, Mathog RH. Orbital wall and volume relationships. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1988;114:743-747.
91. Pfeiffer RL. Traumatic enophthalmos. *Arch Ophthalmol* 1943;30:718-726.
92. Potter JK, Ellis E. Biomaterials for reconstruction of the internal orbit. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:1280-1297.
93. Prowse SJ, Hold PM, Gilmour RF, Pratap U, Mah E, Kimble FW. Orbital floor reconstruction: a case for silicone. A 12 year experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63:1105-1109.
94. Putterman AM, Stevens T, Urist MJ. Nonsurgical management of blow-out fractures of the orbital floor. *Am J Ophthalmol* 1974;77:232-239.
95. Rhoton AL. *Cranial anatomy and surgical approaches*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2003
96. Rohner D, Tay A, Meng CS, Hutmacher DW, Hammer B. The sphenozygomatic suture as a key site for osteosynthesis of the orbitozygomatic complex in panfacial

- fractures: a biomechanical study in human cadavers based on clinical practice. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:1463-1471; discussion 1472-1465.
97. Rootman J, Stewart B, Goldberg RA. *Orbital surgery - a conceptual approach*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 1995
  98. Rozema FR, Bos RR, Pennings AJ, Jansen HW. Poly(L-lactide) implants in repair of defects of the orbital floor: an animal study. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48:1305-1309; discussion 1310.
  99. Rücker M, Laschke MW, Junker D, Carvalho C, Tavassol F, Mülhaupt R, Gellrich NC, Menger MD. Vascularization and biocompatibility of scaffolds consisting of different calcium phosphate compounds. *J Biomed Mater Res A* 2008;86:1002-1011.
  100. Schmelzeisen R, Gellrich NC, Schoen R, Gutwald R, Zizelmann C, Schramm A. Navigation-aided reconstruction of medial orbital wall and floor contour in cranio-maxillofacial reconstruction. *Injury* 2004;35:955-962.
  101. Schön R, Metzger MC, Zizelmann C, Weyer N, Schmelzeisen R. Individually preformed titanium mesh implants for a true-to-original repair of orbital fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:990-995.
  102. Schubert W, Gear AJ, Lee C, Hilger PA, Haus E, Migliori MR, Mann DA, Benjamin CI. Incorporation of titanium mesh in orbital and midface reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2002;110:1022-1030; discussion 1031-1022.
  103. Schubert W, Quillopa N, Shons A. A study of orbital anatomy and volume for the correction of enophthalmos. *Surg Forum* 1990;41:597-599.
  104. Schuknecht B, Carls F, Valavanis A, Sailer HF. CT assessment of orbital volume in late post-traumatic enophthalmos. *Neuroradiology* 1996;38:470-475.
  105. Scolozzi P, Momjian A, Heuberger J. Computer-aided volumetric comparison of reconstructed orbits for blow-out fractures with nonpreformed versus 3-dimensionally preformed titanium mesh plates: a preliminary study. *J Comput Assist Tomogr* 2010;34:98-104.
  106. Scolozzi P, Momjian A, Heuberger J, Andersen E, Broome M, Terzic A, Jaques B. Accuracy and predictability in use of AO three-dimensionally preformed titanium mesh plates for posttraumatic orbital reconstruction: a pilot study. *J Craniofac Surg* 2009;20:1108-1113.
  107. Smith B, Regan W. Blow-out fracture of the orbit, mechanism and correction of internal orbital fracture. *Am J Ophthalmol* 1957;44:733-739.
  108. Stanley RB, Jr. Fractures of the frontal sinus. *Clin Plast Surg* 1989;16:115-123.
  109. Sugar AW, Kuriakose M, Walshaw ND. Titanium mesh in orbital wall reconstruction. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1992;21:140-144.

110. Tessier P, Rougier J, Mervouet F, Woillez M, Lekieffre M, Derome B. Plastic surgery of the orbit and eyelids. New York: Masson; 1981
111. Tiedemann K. Anatomy of the head and neck - a multiplanar atlas for radiologists and surgeons. Weinheim, Basel, New York: VCH Verlagsgesellschaft; 1993
112. Tong L, Bauer RJ, Buchman SR. A current 10-year retrospective survey of 199 surgically treated orbital floor fractures in a nonurban tertiary care center. *Plast Reconstr Surg* 2001;108:612-621.
113. Tyndall DA, Matteson SR. The zygomatic air cell defect (ZACD) on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1987;64:373-376.
114. van der Meulen JC, Gruss JS. Color atlas of ocular plastic surgery. Oxford, UK: Elsevier LTD; 1995:227ff.
115. Villarreal PM, Monje F, Morillo AJ, Junquera LM, González C, Barbón JJ. Porous polyethylene implants in orbital floor reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:877-885; discussion 886-877.
116. von Lanz T, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie*, 1. Band, 1. Teil, Teil A. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1979a:205-212.
117. von Lanz T, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie*, 1. Band, 1. Teil, Teil B, Gehirn- und Augenschädel. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag; 1979b:432-482.
118. Yaremchuk M, Manson P. Reconstruction of the internal orbit using rigid fixation technic. In: Yaremchuk M, Gruss JS, Manson P eds, *Rigid fixation of the craniomaxillofacial skeleton*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 1992:317-323
119. Zide BM, Jelks GW. *Surgical anatomy of the orbit*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1985
120. Zingg M, Laedrach K, Chen J, Chowdhury K, Vuillemin T, Sutter F, Raveh J. Classification and treatment of zygomatic fractures: a review of 1,025 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 1992;50:778-790.
121. Zizelmann C, Gellrich NC, Metzger MC, Schoen R, Schmelzeisen R, Schramm A. Computer-assisted reconstruction of orbital floor based on cone beam tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:79-80.

## 7 Anhang

### 7.1 Tabellarische Übersicht über das Patientenkollektiv

In der folgenden Tabelle sind die erhobenen Daten und Scores des Patientenkollektivs aufgeführt. Steht im jeweiligen Tabellenfeld ein Leermengenzeichen „Ø“, so konnte der jeweilige Score nicht erhoben werden. Patienten, die nicht für die klinische Nachuntersuchung rekrutiert werden konnten, haben in der Spalte M (klinischer Outcome Score) den Eintrag „Ø“.

Spalte A: Fortlaufende Patientenummer

Spalte B: Initialen des Patienten

Spalte C: Geburtsdatum

Spalte D: Datum der Operation

Spalte E: Zeitintervall zwischen Trauma und OP in Tagen

Spalte F: Seitenlokalisierung des Traumas: L = links, R = rechts, B = beidseits, hinter dem Trennungsstrich steht, welche Seiten mit Titangitterplatten rekonstruiert wurden.

Spalte G: Formel des Verletzungsmuster

Spalte H: Anzahl betroffener Wände

Spalte I: Orbital Trauma Score (OTS)

Spalte J: Radiologischer Kongruenz Score (RKS)

Spalte K: Radiologischer Flächendifferenz Score (RFS)

Spalte L: Radiologischer Outcome Score (ROS)

Spalte M: Klinischer Outcome Score (KOS)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fortlauf. Nummer	Initialen	Geboren am	OP-Datum	Zeitintervall Trauma - OP	Seitenlokalisierung Trauma - Seitenlokalisierung Meshinsertion	Verletzungsmuster	Anzahl betroffener Wände	OTS	RKS	RFS	ROS	KOS
1	R. J.	22.02.46	14.10.02	4	L	2W L2-R0-F3-M0	2	5	5	5	10	2
2	L. K.	21.02.63	22.09.06	0	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	4	4	8	Ø
3	W. I.	28.04.18	24.02.03	7	L	3W L2-R0-F3-M1	3	6	1	5	6	Ø
4	S. V.	10.01.41	16.06.03	9	R	2W L1-R0-F2-M0	2	3	6	5	11	7
5	B. T.	03.12.75	07.07.06	6	B-B	Re: 3W L1-R0-F3-M1 Li: 3W L1-R0-F3-M1	Re:3 Li: 3	5	5	Ø	Ø	6
6	H. S.	05.11.75	02.07.03	8	L	2W L0-R0-F3-M1	2	4	3	4	7	1
7	B. B.	06.10.58	07.07.03	13	L	3W L1-R0-F3-M1	3	5	6	4	10	7
8	Sch. M.	17.07.85	02.07.03	16	B-B	Re: 4W L2-R2-F3-M2 Li: 4W L2-R2-F3-M2	Re:4 Li: 4	9	3	Ø	Ø	Ø
9	K. K.	14.11.70	21.12.03	7	R	2W L2-R0-F3-M0	2	5	4	0	4	Ø
10	M. M.	22.10.35	30.12.03	9	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	3	Ø	Ø	7
11	A. St.	01.08.78	22.01.04	1	R	1W L0-R0-F2-M0	1	2	6	6	12	Ø
12	K. M.	23.03.68	05.10.06	13	R	2W L1-R0-F3-M0	2	4	6	4	10	7
13	F. D.	26.06.86	25.04.04	0	L	4W L2-R2-F3-M2	4	9	4	6	10	6
14	Sch. L.	19.07.72	21.05.04	13	L	3W L1-R0-F3-M2	3	6	6	6	12	4
15	G. A.	01.06.42	13.07.04	11	L	4W L1-R2-F3-M2	4	8	3	3	6	6
16	G. K.	10.09.50	11.10.04	3	B-R	Re: 2W L0-R0-F2-M1	Re:2	3	9	Ø	Ø	3
17	F. G.	04.11.49	12.11.04	4	R	2W L1-R0-F3-M0	2	4	3	5	8	5
18	F. R.	21.07.58	22.11.04	3	R	3W L0-R2-F2-M2	3	6	6	5	11	5

Fortlauf. Nummer	Initialen	Geboren am	OP-Datum	Zeitintervall Trauma - OP	Seitenlokalisierung Trauma – Seitenlokalisierung Meshinsertion	Verletzungsmuster	Anzahl betroffener Wände	OTS	RKS	RFS	ROS	KOS
19	M. M.	26.04.48	29.11.04	25	R	3W L2-R0-F3-M2	3	7	0	6	6	1
20	E. M.	10.12.80	13.12.04	3	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	5	5	10	5
21	R. T.	20.02.86	15.09.04	6	L	4W L2-R2-F3-M2	4	9	5	5	10	4
22	E. I.	15.02.70	28.03.05	5	B - B	Re: 3W L0-R1-F2-M1 Li: 2W L0-R1-F0-M2	Re:3 Li:2	4 3	6 5	∅	∅	∅
23	H. W.	08.08.46	21.04.05	2	R	3W L0-R1-F2-M1	3	4	5	6	11	6
24	Sch. G.	09.09.72	22.04.05	4	L	2W L0-R0-F3-M2	2	5	5	∅	∅	6
25	K. I.	10.11.51	27.04.05	8	L	1W L0-R0-F3-M0	1	3	4	6	10	∅
26	F. E.	31.03.56	21.06.05	8	R	2W L1-R0-F3-M0	2	4	5	6	11	6
27	G. A.	22.04.85	19.07.04	8	R	1W L0-R0-F3-M0	1	3	3	6	9	6
28	H. S.	19.12.68	18.07.05	4	L	1W L0-R0-F3-M0	1	3	6	6	12	4
29	H. W.	14.04.62	13.09.05	8	B - B	Re: 2W L0-R0-F3-M2 Li: 3W L1-R0-F3-M2	Re:2 Li:3	5 6	4 6	∅	∅	∅
30	M. E.	15.07.78	19.09.05	24	B - R	Re: 3W L1-R0-F3-M1	3	5	6	∅	∅	2
31	E. A.	06.10.65	06.10.05	10	R	3W L0-R1-F3-M1	3	5	5	6	11	1
32	T. C.	22.05.50	08.12.05	10	L	3W L1-R0-F2-M1	3	4	5	1	6	2
33	T. M.	05.12.57	09.12.05	76	R	2W L2-R0-F3-M0	2	5	4	1	5	1
34	M. J.	03.11.86	06.07.06	4	R	1W L0-R1-F0-M0	1	1	6	∅	∅	6
35	S. V.	06.06.78	15.12.05	0	L	2W L0-R0-F2-M1	2	3	4	6	10	3
36	B. T.	02.04.79	12.09.06	3	L	1W L0-R1-F0-M0	1	1	4	∅	∅	∅
37	M. E.	13.01.42	18.01.06	0	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	6	4	10	∅
38	K. C.	15.11.79	24.01.06	32	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	6	6	12	6

Fortlauf. Nummer	Initialen	Geboren am	OP-Datum	Zeitintervall Trauma - OP	Seitenlokalisierung Trauma - Seitenlokalisierung Meshinsertion	Verletzungsmuster	Anzahl betroffener Wände	OTS	RKS	RFS	ROS	KOS
39	J. G.	04.10.55	06.02.06	9	R	2W L0-R0-F2-M1	2	3	6	5	11	5
40	N. S.	05.08.60	13.02.06	8	L	1W L0-R0-F2-M0	1	2	6	6	12	6
41	Sch. M.	27.02.89	14.02.06	2	R	2W L2-R0-F2-M0	2	4	5	3	8	7
42	K. M.	18.03.73	20.02.06	7	R	2W L0-R0-F2-M1	2	3	6	4	10	6
43	M. H.	23.03.42	22.02.06	4	L	1W L0-R0-F3-M0	1	3	3	6	9	Ø
44	B. U.	07.01.60	28.03.06	11	R	2W L1-R0-F3-M0	2	4	5	3	8	4
45	D. A.	29.03.60	06.04.06	6	B - B	Re: 4W L2-R2-F3-M2 Li: 4W L1-R2-F3-M2	Re:4 Li: 4	9 8	2 4	Ø	Ø	4 4
46	V. W.	04.09.87	27.04.06	12	L	2W L2-R0-F3-M0	2	5	4	1	5	7
47	J. R.	04.11.54	27.12.06	7	L	1W L0-R0-F3-M0	1	3	6	6	12	5
48	S. M.	31.05.97	13.06.06	3	R	2W L0-R0-F3-M1	2	4	4	6	10	6
49	H. R.	20.05.75	16.06.06	2	L	3W L1-R2-F3-M0	3	6	6	5	11	2
50	K. J.	24.06.30	22.06.06	10	R	3W L1-R0-F3-M1	3	5	4	3	7	7
51	E. S.	12.01.88	30.06.06	5	R	3W L2-R0-F3-M2	3	7	6	4	10	4
52	F. M.	24.11.38	18.07.06	13	L	4W L2-R1-F3-M1	4	7	6	6	12	2

## 7.2 Datenerhebungsbogen:

### 7.2.1 Datenerhebung: Personaldaten, Unfallchronologie, Verlauf

Nr. :	Bemerkung:
Name :	
Vorname :	
Geb.-Datum :	

Ätiologie: <input type="checkbox"/> Sonstige Ursache <input type="checkbox"/> Trauma	Unfallhergang:
Unfalltag:	
Unfallzeit:	
Unfallort:	

Präklinische Versorgung:	

Klinische Erstversorgung:	
<input type="checkbox"/> Anderen Orts	
<input type="checkbox"/> BWK Ulm (weiter unten)	

Erstvorstellung BwK Ulm:	

## 7.2.2 Datenerhebung: Versorgungswege

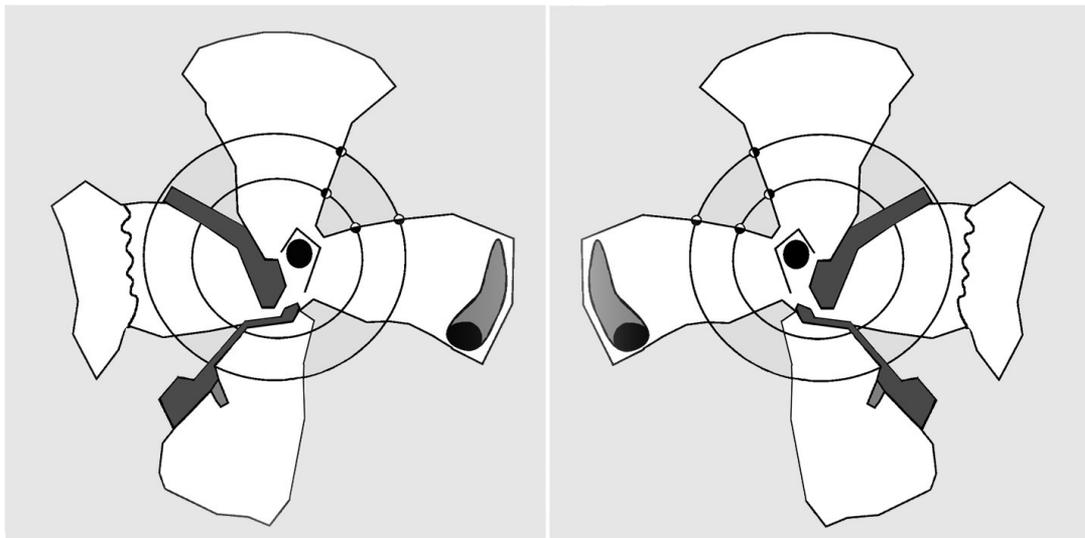
Nr :		Name, Vorname		Tel:	
Initialen :		wohnhaft		Geb:	

<b>1.) Notarzt involviert?</b> Nein <input type="checkbox"/> weiter bei 2. Ja <input type="checkbox"/> weiter bei 3.)		
<b>2.) Vorstellungen?:</b>	<b>3.) Polytrauma?</b> Nein... <input type="checkbox"/> weiter bei 4.) Ja... <input type="checkbox"/> weiter bei 10.)	
1. ~	<b>4.) Transport zur Klinik?</b> sofort Nein <input type="checkbox"/> weiter bei 2.) Ja... <input type="checkbox"/> weiter bei 5.)	<b>10.) Transport zur Klinik? – weiter bei 11.)</b> <input type="checkbox"/> .bodengebunden <input type="checkbox"/> .luftgebunden (Rettungshubschrauber)
2. ~	<b>5.) Art der Klinik</b> <input type="checkbox"/> .peripheres Haus weiter bei 6.) <input type="checkbox"/> BwK weiter bei 12.)	<b>11.) Art der Klinik</b> <input type="checkbox"/> .peripheres Haus weiter bei 6.) <input type="checkbox"/> BwK weiter bei 12.)
3. ~	<b>6.) Procedere des peripheren Hauses?</b> OP im MKG Bereich? Ja. <input type="checkbox"/> weiter bei 7.) <input type="checkbox"/> .Zuweisung MKG BwK, weiter bei 9.) <input type="checkbox"/> .Zuweisung andere Klinik,weiter bei 8.) <input type="checkbox"/> .Entlassung, weiter bei 2.)	<b>12.) Procedere im BwK? –weiter bei 13.)</b> Schockraummanagement? Ja <input type="checkbox"/> Nein. <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/> .Keine Sofort-OP <input type="checkbox"/> .Not-OP bei vitaler Indikation? <input type="checkbox"/> .Versorgung Weichgewebeverletzung? Art der OP:  Ort: Zentral-OP. <input type="checkbox"/> . NFA-Räume <input type="checkbox"/> Narkoseart: ITN <input type="checkbox"/> LA <input type="checkbox"/>
4. ~	<b>7.) Art der OP?</b>	<b>13. Aufnahme auf Abteilung / Station?</b>
	<b>8.) Welche andere Klinik:</b>  OP im MKG Bereich? Ja. <input type="checkbox"/> weiter bei 7.) <input type="checkbox"/> .Zuweisung MKG BwK, weiter bei 9.) <input type="checkbox"/> .Entlassung, weiter bei 2.)	<b>14. Art des Trauma?</b> <input type="checkbox"/> .Verkehrsunfall mit Kfz (Pkw,Lkw...) <input type="checkbox"/> . Verkehrsunfall mit Nicht-Kfz (Fahrrad...) <input type="checkbox"/> . Roheitsdelikt <input type="checkbox"/> .Freizeitunfall (Fußball, Handball...) <input type="checkbox"/> .Sturz  normale Höhe (Bodenniveau) größere Höhe (Gerüst etc.) <input type="checkbox"/> .Arbeitsunfall an Maschine (Kettensäge, Großmaschine) Genauere Beschreibung:
	<b>9. Erste Vorstellung MKG BwK?</b> Erfolgte _____ Tage nach Trauma. <input type="checkbox"/> .konsiliarische Vorstellung CT. <input type="checkbox"/> .konsiliarische Vorstellung des anderenorts noch stationären Patienten. <input type="checkbox"/> .Zuverlegung des Patienten auf _____ Station. <input type="checkbox"/> .AMB(SV) Vorstellung in FU-Stelle nach Entlassung anderenorts.	

### 7.2.3 Datenerhebung: Diagnosen, Frakturmuster der Orbitae

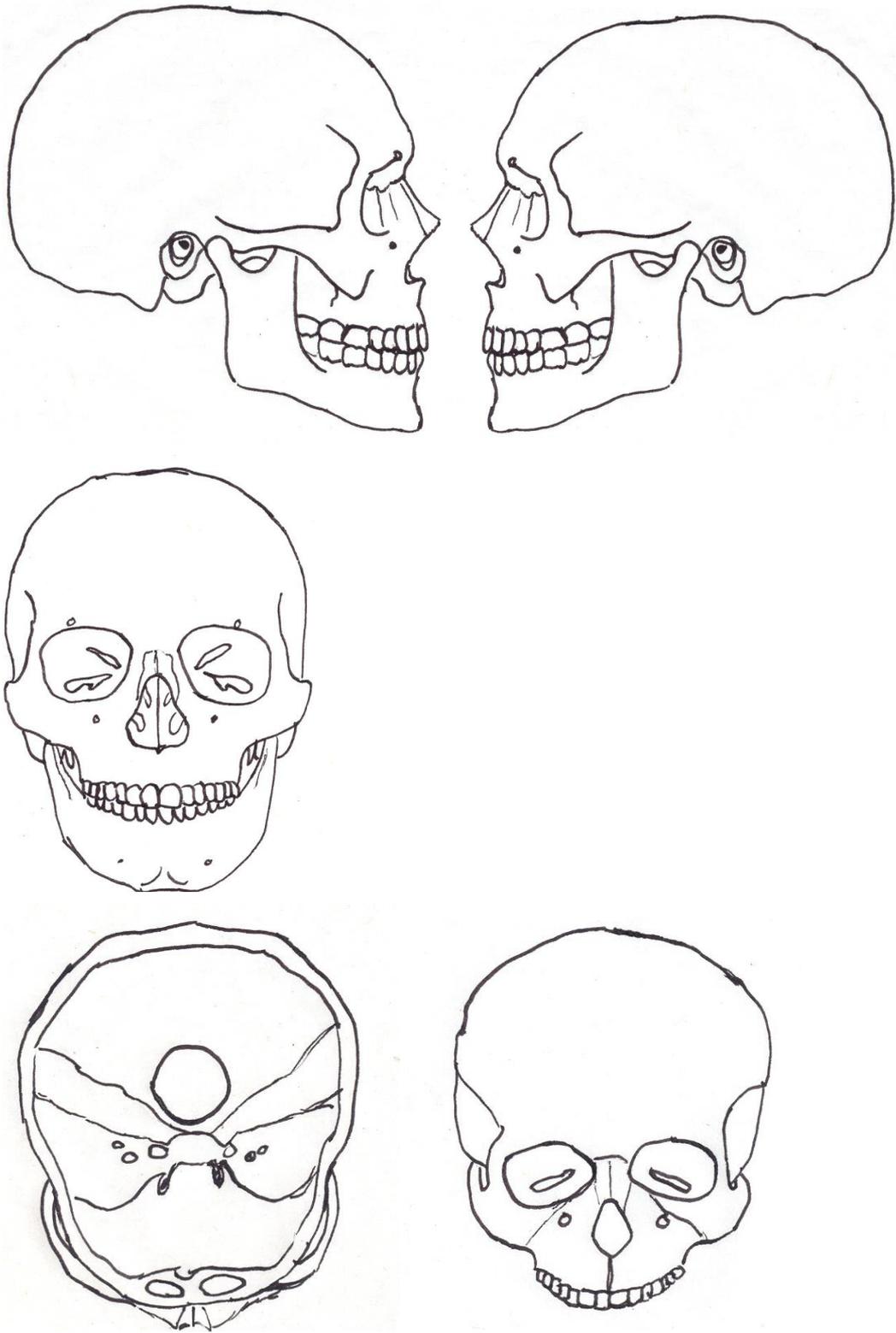
Diagnosen:	Nebendiagnosen:

Schema der Orbitae:



Kategorisierung der Verletzung der Knöchernen Orbita:

7.2.4 Datenerhebung: Frakturlinienverlauf, Frakturmuster Mittelgesichtes



## 7.2.5 Datenerhebung: Nachuntersuchungskollektiv

### Blatt 1

Pat-Nr		Bemerkung/Weitere Untersuchungen(z.B. Gutachten ...)
Initialen		
Geb.		
Datum der Untersuchung		

Subjektive Beschwerden des Patienten in der Reihenfolge absteigender Stärke

Perkussion	Schädelkalotte		Stirnhöhlen-Vorderwand		Kieferhöhlen-vorderwand	
Klopfschmerz	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja

Palpation	NAP N. supraorbitalis		NAP N. infraorbitalis		NAP N. mentalis	
Druckdolenz	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Rechts <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Links <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja

Asymetrie	Rechts	Links
Jochbogen		
Malar prominence		
Supra-orbitalrand		
Latero-orbitalrand		
Infra-orbitalrand		

## Nachuntersuchungskollektiv – Blatt 2

	Rechtes Auge	Linkes Auge
Oberlid	Ptosis: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:	Ptosis: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:
Unterland	Ektropium: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Entropium: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:	Ektropium: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Entropium: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:
MCT	Telekanthus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja	Telekanthus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja
Bulbus	Exophtalmus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Enophtalmus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Bulbustiefstand: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:	Exophtalmus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Enophtalmus: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Bulbustiefstand: <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja Sonstiges:
Herdtel-Test: Pathologische Veränderung des Lateroorbitalrandes (Aufsatzpunkt für Exophtalmometer): <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Ja		

Binokularsehen (orientierend, mit Finger) – Diplopie beim ...		
... Blick geradeaus (zentrales Sehfeld)	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
... Blick nach oben	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach oben links	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach links	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach unten links	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach unten	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach unten rechts	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach rechts	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung
... Blick nach oben rechts	<input type="radio"/> peripheres Sehfeld	<input type="radio"/> endgradige/ extreme Blickrichtung

## Nachuntersuchungskollektiv – Blatt 3

**Facialisfunktion:**

**Fotodokumentation :**

**Hess-Schirm-Untersuchung :**

Datum Unterschrift

### 7.3 Verzeichnis der Abbildungen

ABBILDUNG 1: KNÖCHERNES OBERFLÄCHENRELIEF, FISSUREN UND KANÄLE IM BEREICH DER INTERNEN ORBITA (SAMMLUNG CORNELIUS).....	8
ABBILDUNG 2: GESPRENGTES SCHÄDELMODELL: ARRANGEMENT ZUR DARSTELLUNG DER VIER ORBITAWÄNDE UND IHRER KOMPONENTEN LINKS (SAMMLUNG CORNELIUS).....	9
ABBILDUNG 3: EINTEILUNG DER INTERNEN ORBITA IN EIN VORDERES, MITTLERES („MIDORBITA“) UND HINTERES DRITTEL (AUS (ROOTMAN ET AL. 1995).....	10
ABBILDUNG 4: CT-BILD EINER KORONAREN SCHICHT IM VORDEREN ORBITADRITTEL. AM HIER VIERSEITIGEN QUERSCHNITT DER ORBITA SIND DIE 4 ORBITAWÄNDE GUT ZU ERKENNEN, IM BEREICH DES ORBITABODENS IST DER CANALIS INFRAORBITALIS, KAUDAL DER SINUS MAXILLARIS DARGESTELLT (TIEDEMANN 1993) .....	11
ABBILDUNG 5: CT-BILD EINER KORONAREN SCHICHT IM DORSALEN ORBITADRITTEL. IM VERGLEICH ZUM VIERSEITIGEN QUERSCHNITT IN ABBILDUNG 4 IST DER HIER DREISEITIGE QUERSCHNITT IM APEX DER AUGENHÖHLE ERKENNBAR (AUS (TIEDEMANN 1993) .....	12
ABBILDUNG 6: DIE INTERNE ORBITA WIRD IM KONUS BEREICH, D. H. DORSAL DER FISSURA ORBITALIS INFERIOR DREISEITIG (SCHRAFFIERTER BEREICH). EINE PERIORBITALE DISSEKTION SOLLTE NICHT WEITER IN DIE TIEFE VORDRINGEN (MODIFIZIERT AUS (ZIDE UND JELKS 1985) .....	12
ABBILDUNG 7: ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘ UND ‚LAZY-S‘ KONFIGURATION IM SAGITTALEN QUERSCHNITT AM ANATOMISCHEN PRÄPARAT (PRÄPARAT: ANATOMISCHES INSTITUT DER LMU MÜNCHEN) .....	13
ABBILDUNG 8: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER BULBUS OCULI POSITION IM SAGITTAL SCHNITT DER ORBITA. DIE KONVEXITÄT IM POSTERIOREN MEDIALEN DRITTEL LIEFERT DEN SUPPORT FÜR DEN BULBUS (ABBILDUNG AUS VAN DER MEULEN UND GRUSS 1995). ..	13
ABBILDUNG 9: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER BULBUS OCULI POSITION IN PHYSIOLOGISCHER UND IN TRAUMABEDINGTER FEHLPOSITION IM SAGITTALSCHNITT DER ORBITA. DIE PHYSIOLOGISCHE SITUATION MIT INTAKTEM SUPPORT DES BULBUS IST DURCH GESTRICHELTE ROTE LINIEN BZW. EIN FADENKREUZ DARGESTELLT. NACH TRAUMATISCHEM VERLUST DES ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘ KOMMT ES ZU EINER VOLUMENVERGRÖßERUNG DER KNÖCHERNEN KAVITÄT (SCHWARZE LINIEN). DIE ORBITALEN WEICHGEWEBE EINSCHLIEßLICH DES BULBUS FOLGEN DER SCHWERKRAFT UND SINKEN NACH DORSAL UND KAUDAL. FOLGLICH KOMMT ES ZUM ENOPHTALMUS UND BULBUSTIEFSTAND (ABBILDUNG AUS VAN DER MEULEN UND GRUSS 1995) .....	14

ABBILDUNG 10: PLASTINIERTES ANATOMISCHES PRÄPARAT MIT DARSTELLUNG DER KNÖCHERNEN KONVEXITÄT IN DER MIDORBITA – VON DER KIEFERHÖHLE GESEHEN. DER ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘ BEFINDET SICH IM ÜBERGANG VON ORBITABODEN UND DER UNTEREN PARTIE DER MEDIALEN ORBITAWAND (PRÄPARAT: ANATOMISCHES INSTITUT DER LMU MÜNCHEN) .....	15
ABBILDUNG 11: POSTERIOR MEDIAL BULGE AM ANATOMISCHEN PRÄPARAT VON KAUDAL. DER KNÖCHERNE ORBITABODEN BZW. DAS KIEFERHÖHLENDACH LINKS IST ABGETRAGEN. DIE GRÜNEN MARKIERUNGSDREIECKE ZEIGEN DEN ÜBERGANG ZUR MEDIALEN ORBITAWAND AUF. DIE KONVEXITÄT IST INFOLGE DER FORMALINFIXIERUNG DER WEICHGEWEBE ERHALTEN (PRÄPARAT: SAMMLUNG CORNELIUS) .....	15
ABBILDUNG 12: AUFFALTEN DER BEIDEN AUGENHÖHLEN IN ANALOGIE ZU BANANENSCHALEN (‚BANANA PEELING‘): DREI-DIMENSIONALE AUSGANGSSITUATION (SAMMLUNG CORNELIUS)	18
ABBILDUNG 13: ZWEI DIMENSIONALE PROJEKTION ALS GRUNDLAGE DES GRAFISCHEN SCHEMAS IN KAPITEL 2, MATERIAL UND METHODEN ABB. 19 (SAMMLUNG CORNELIUS).	19
ABBILDUNG 14: TITANMESH IN DER MEDIO-INFERO-LATERALEN CIRCUMFERENZ DES VORDEREN UND MITTLEREN ORBITADRIITTELS. EIN RELATIV AUSGEDEHNTER DEFENKT IN ORBITABODEN UND DER UNTEREN PARTIE DER MEDIALEN ORBITAWAND IST VOM MESH ABGEDECKT. DIE KONTURGEBUNG IM BEREICH DER ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘ IST ERKENNBAR (ANATOMISCHES PRÄPARAT SAMMLUNG CORNELIUS).....	23
ABBILDUNG 15: AUFSICHT AUF DAS TITANMESH AUS DER ABBILDUNG 14 MIT KONVEXER KONTURGEBUNG ZUR WIEDERHERSTELLUNG DER ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘. EINE DER ‚LAZY S‘ KONFIGURATION ENTSPRECHENDE SILHOUETTE IM SAGITTALVERLAUF DER TITANGITTERPLATTE IST MIT ROTEN PUNKTEN GEKENNZEICHNET (SAMMLUNG CORNELIUS)	23
ABBILDUNG 16: 3 D CT NACH REKONSTRUKTION EINER AUSGEDEHNTE ZENTROLATERALEN MITTELGESICHTSFRAKTUR. DIE INTERNE ORBITA LINKS IST IM MEDIO-INFERO-LATERALEN BEREICH DES ANTERIOREN UND MITTLEREN ORBITADRIITTELS MIT 2 TITANMESHES AUFGEBAUT (SAMMLUNG CORNELIUS).....	25
ABBILDUNG 17: DETAIL AUS ABBILDUNG 16 ZUR VERDEUTLICHUNG DER WIEDERHERGESTELLTEN KONTUR IM BEREICH DER ‚POSTERIOR MEDIAL BULGE‘. DIE ROTEN PUNKTE KENNZEICHNEN DIE ‚LAZY- S KONFIGURATION‘ IN DER SAGITTALEBENE (SAMMLUNG CORNELIUS).....	25
ABBILDUNG 18: TRI-FOIL SCHEMA (SAMMLUNG AUGUSTIN) .....	32
ABBILDUNG 19: KLEEBLATT-SCHEMA BEIDER ORBITAWÄNDE NEBENEINANDER (MODIFIZIERTES TRI-FOIL SCHEMA):.....	34

ABBILDUNG 20: ILLUSTRATION ZUR KLASSIFIKATION VON FRAKTUREN DES ORBITADACHS  
 BEISPIEL ORBITA RECHTS: TYP R 1 FRAKTUR BEISPIEL ORBITA LINKS: TYP R 2 FRAKTUR  
 37

ABBILDUNG 21: TYPENEINTEILUNG DER ORBITABODENFRAKTUREN IN SCHEMATISCHER  
 GEGENÜBERSTELLUNG (JEWEILS ORBITA RECHTS). BILD LINKS: TYP F1 FRAKTUR, BILD  
 MITTE: TYP F2 FRAKTUR, BILD RECHTS: TYP F3 FRAKTUR. DIE IN TYP F1 UND TYP F2  
 FRAKTUREN INTAKTE MEDIALBEGRENZUNG DER FISSURA ORBITALIS INFERIOR KANN BEI DER  
 OPERATIVEN VERSORGUNG ALS AUFLAGE FÜR DEFEKTÜBERBRÜCKENDE MATERIALIEN  
 DIENEN. BEI EINER TYP F3 FRAKTUREN WIRD EINE OBLITERATION DER FISSURA ORBITA  
 INFERIOR NOTWENDIG, UM DIE ORIGINALHÖHE IM BEREICH DES LATERALEN ORBITABODENS  
 WIEDERHERZUSTELLEN.....38

ABBILDUNG 22: SCHEMA MIT TYPEN-EINTEILUNG VON FRAKTUREN DER MEDIALEN  
 ORBITAWAND, .....39

ABBILDUNG 23: BEISPIEL FÜR EINE IDEALE WIEDERHERSTELLUNG (DES ORBITAQUERSCHNITTS)  
 BEI EINER ORBITA 4-WAND FRAKTUR IN EINER KORONAREN CT-SCHICHT AUS DEM  
 ANTERIOREN REKONSTRUKTIONSBEREICH (PAT. NR. 52).....45

ABBILDUNG 24: BEISPIEL FÜR EINEN ZUFRIEDENSTELLEND WIEDERHERGESTELLTEN  
 ORBITAQUERSCHNITT BEI EINER 2-WAND FRAKTUR IN EINER KORONAREN CT-SCHICHT AUS  
 DEM ANTERIOREN REKONSTRUKTIONSBEREICH (PAT. NR. 50). IM BEREICH DES LATERALEN  
 ORBITABODENS IST DAS TITANMESH NICHT EXAKT AUF DER KNÖCHERNEN UNTERLAGE  
 ADAPTIERT. DIES RESULTIERT MÖGLICHERWEISE DARAUS, DASS DIE WEITER DORSAL  
 GELEGENE FISSURA ORBITALIS INFERIOR DURCH ABDECKUNG MIT DEM TITANMESH  
 OBLITERIERT WURDE UND DAS GITTER NACH ANTERIOR NICHT AUSREICHEND AN DAS DORT  
 KONKAVE AREAL IM VORDEREN ORBITABODEN ANGEPASST WURDE. DER  
 ORBITAQUERSCHNITT ZEIGT DENNOCH WEITGEHENDE KONGRUENZ MIT DEM  
 KONTRALATERALEN ‚SPIEGELBILD‘ .....46

ABBILDUNG 25: BEISPIEL FÜR EINEN NICHT ZUFRIEDENSTELLEND WIEDERHERGESTELLTEN  
 ORBITAQUERSCHNITT NACH EINER 2- WAND FRAKTUR IN EINER KORONAREN SCHICHT AUS  
 DEM ANTERIOREN REKONSTRUKTIONSBEREICH (PAT. NR. 35). IN DIE ORBITA LINKS SIND 2  
 TITANMESHES ZUR REPARATUR DER MEDIALEN ORBITAWAND BZW. DES ORBITABODENS  
 EINGEBRACHT WORDEN. DAS GITTER ÜBER DER MEDIALEN ORBITAWAND IST STARK  
 UNTERKONTURIERT MIT EINER KONKAVEN EINDELLUNG IN DIE SIEBBEINZELLEN. DER  
 UNTERRAND DIESER GITTERS RAGT GLEICHZEITIG IN DIE ORBITA HINEIN. DAS MESH ÜBER  
 DEM ORBITABODEN IST LATERAL UNZUREICHEND ADAPTIERT UND STEHT VON DER AUFLAGE  
 AB 47

ABBILDUNG 26: SCHRITT 2 DES BILDANALYSEVERFAHRENS ZUR SYMMETRIEBEURTEILUNG. DER ORBITAQUERSCHNITT RECHTS IST BEREITS GRAU GEFÜLLT, DIE KONTUREN DES ORBITAQUERSCHNITTS LINKS NACH EINER 4-WAND REKONSTRUKTION SIND BLAU GEFÜLLT UND DIE TRANSPARENZ DER EBENE ZU 50 % DURCHLÄSSIG (PAT. 52 – VGL. ABBILDUNG 23)

49

ABBILDUNG 27: SCHRITT 3 ZUR SYMMETRIEBEURTEILUNG DER ORBITAQUERSCHNITTE. FREISTELLUNG DER QUERSCHNITTSFLÄCHEN NACH AUSBLENDUNG DER BASISEBENE MIT DER KORONAREN CT-SCHICHT .....49

ABBILDUNG 28: SCHRITT 4 ZUR SYMMETRIEBEURTEILUNG DER ORBITAQUERSCHNITTE. NACH HORIZONTALER SPIEGELUNG DES BLAU GEFÄRBTEN, TRANSPARENTEN ORBITAQUERSCHNITTS LINKS, WIRD EINE ÜBERLAGERUNG MIT DER RECHTEN SEITE UND EINE KONGRUENZBEURTEILUNG MÖGLICH. DIE KONGRUENZ IN DIESEM BEISPIEL IST GUT, ALLERDINGS IST DIE PIXELSUMME DER REKONSTRUIERTEN SEITE LINKS ETWAS KLEINER ALS DIE GESUNDE, GRAU GEFÄRBT E REFERENZSEITE RECHTS.....49

ABBILDUNG 29: BEISPIEL ZUR BESTIMMUNG DER FLÄCHENDIFFERENZEN AN KORONAREN CT-ORBITAQUERSCHNITTEN. DIE GESTRICHELTE WEIßE LINIE ZEIGT DEN MIT DEM LASSO-TOOL ERMITTELTEN KNÖCHERNEN UMRISSE DER INTERNEN ORBITA (RECHTS) IN ABGRENZUNG ZUM WEICHGEWEBEINHALT. AUS DEM HISTOGRAMM DER GRAUWERTE INNERHALB DER UMRISSELINE ERGIBT SICH DIE PIXELSUMME, DIE HIER 4312 BETRÄGT .....51

ABBILDUNG 30: PRINZIP DER BILDTRENNUNG VON RECHTEM UND LINKEM AUGE MIT HILFE KOMPLEMENTÄRFARBIGER FILTERGLÄSER UND FIXATIONSPUNKTE. DIE WEIßEN KREISE STELLEN DIE BEIDEN BULBUS OCULI, IN DER ANSICHT VON DORSAL DAR. AN JEDEM BULBUS OCULI IST EIN SENKRECHTER UND EIN WAGERECHTER ÄQUATOR EINGEZEICHNET, DEREN SCHNITTPUNKT DEN BEREICH DER FOVEA CENTRALIS ENTSpricht. IM BEREICH DER AUGENACHSE LIEGEN VENTRAL VOR DEM AUGE DIE KOMPLEMENTÄRFARBIGEN FILTERGLÄSER, HIER ALS GRÜNE UND ROTE SCHEIBEN DARGESTELLT. DIE SEHACHSE JEDES AUGES IST IN DER FARBE DES JEWEILIGEN FILTERGLASES EINGEZEICHNET. ....58

ABBILDUNG 31: HESS-SCHIRM: METALLPATTE AUF DER DIE HESS-KOORDINATEN AUFGEBRACHT SIND. 60

ABBILDUNG 32: BEISPIEL FÜR EIN ERGEBNIS DER HESS-SCHIRMUNTERSUCHUNG OHNE PATHOLOGISCHEN BEFUND (PATIENT NR. 38). DAS SCHEMA DER LINKEN TANGENTENTAFEL GIBT DIE UNTERSUCHUNGSBEFUNDE FÜR DAS LINKE AUGE, DAS RECHTE SCHEMA DIE BEFUNDE DES RECHTEN AUGES WIEDER. ROTE FIXPUNKTE DES SCHIRMS SIND ALS ORANGEFARBENE PUNKTE IM DIAGRAMM VORGEgeben. WENN KEINE DOPPELBILDER VORHANDEN SIND, SIND POINTER UND FIXPUNKT IN DER UNTERSUCHUNG UND SCHWARZES

KREUZ UND DER ENTSPRECHENDE ORANGER PUNKT IN DER DOKUMENTATION KONGRUENT

62

ABBILDUNG 33: BEISPIEL FÜR EIN ERGEBNIS DER HESS-SCHIRMUNTERSUCHUNG MIT PATHOLOGISCHEM BEFUND (PAT. NR. 5). AM BETROFFENEN RECHTEN AUGE IST DER OBERRAND DES VIELECKS GESCHRUMPFT. DIES BEDEUTET EIN BEWEGUNGSDEFIZIT IM BEREICH DES M. RECTUS SUPERIOR UND DES M. OBLIQUUS INFERIOR. AM GESUNDEN LINKEN AUGE KOMMT ES DURCH DEN VERSUCH EINER ZENTRALEN ADAPTATION ZU EINEM KONTRALATERALEN INNERVATIONSÜBERSCHUSS MIT ENTSPRECHEND ÜBERFUNKTIVEN SYNERGISTEN .....63

## 7.4 Verzeichnis der Tabellen

TABELLE 1:	ANFORDERUNGEN AN ERSATZ- UND BIOMATERIALIEN ZUR REKONSTRUKTION DER ORBITAWÄNDE (ELLIS UND MESSO 2004, POTTER UND ELLIS 2004) .....	20
TABELLE 2:	KLASSIFIKATION DER ORBITAFRAKTUREN MIT TYPEN- EINTEILUNG ZUR ERFASSUNG DES SCHWEREGRADS ALS BASIS FÜR EINEN ‚ORBITAL TRAUMA SCORE‘ 41	
TABELLE 3:	BEWERTUNG DER QUALITÄT DER REKONSTRUKTION AN ORBITAQUERSCHNITTEN IN DREI KORONAREN EBENEN .....	44
TABELLE 4:	BEWERTUNG DER QUALITÄT DER REKONSTRUKTION DES ORBITAQUERSCHNITTES IN EINER DER DREI REPRÄSENTATIVEN KORONAREN EBENEN ANHAND DER FLÄCHENDIFFERENZEN ZWISCHEN DEM QUERSCHNITT DER REKONSTRUIERTEN UND DER UNVERLETZTEN ORBITA .....	52
TABELLE 5:	GESAMTKOLLEKTIV- PATIENTEN MIT REKONSTRUKTION DER INTERNEN ORBITA MIT TITANMESHES: ÜBERSICHT ALTERS- UND GESCHLECHTERVERTEILUNG, SEITENBETEILIGUNG, PRIMÄR-, SEKUNDÄR- UND NACHOPERATIONEN UND INTRAOPERATIVE NAVIGATIONS- UNTERSTÜTZUNG .....	69
TABELLE 6:	PATIENTEN MIT ORBITAWAND-VERLETZUNGEN AUFGRUND VON NIEDRIG- ODER HOCH-ENERGIE-EINWIRKUNGEN IM GESAMTKOLLEKTIV. ....	71
TABELLE 7:	KLASSIERUNG DER VERLETZUNGSURSACHEN IM GESAMTKOLLEKTIV. ....	71
TABELLE 8:	ASSOZIATION VON FRAKTUREN DER INTERNEN ORBITA (N=57) MIT MITTELGESICHTS FRAKTUREN ODER FRONTOBASALEN FRAKTUREN OHNE LÄSION IM BEREICH DES MITTEL-GESICHTES IM GESAMTKOLLEKTIV .....	74
TABELLE 9:	ASSOZIATION DER FRAKTUREN DER INTERNEN ORBITA (N=57) MIT FRAKTUREN DER FRON-TALEN SCHÄDELBASIS (ISOLIERTE FRONTOBASALE FRAKTUREN N=2, FRONTOBASALE FRAKTUREN KOMBINIERT MIT MITTELGESICHTSFRAKTUREN N=16; GESAMT N=18).....	74
TABELLE 10:	RELATION DER FRAKTUREN DER INTERNEN ORBITA ZU GLEICHZEITIG VORLIEGENDEN NOE-FRAKTUREN .....	75
TABELLE 11:	DETAILS ZU DEN NASO-ORBITO-ETHMOIDAL-FRAKTUREN BEI 9 PATIENTEN AUS DEM GESAMTKOLLEKTIV: FRAKTURTYPEN NACH MARKOWITZ, UNI- UND BILATERALE VERTEILUNG, SEITENLOKALISATION, GESAMTVORKOMMEN DER FRAKTURTYPEN .....	76
TABELLE 12:	INTERNE ORBITA-FRAKTUREN (N=57): ANATOMISCHE LOKALISATION DER BETROFFENEN ORBITAWÄNDE (N=132) IN BEZUG ZUR ANZAHL DER 1- WAND UND MEHR- WANDFRAKTUREN. DIE PROZENTSÄTZE BEZOGEN AUF DIE GESAMTZAHL INTERNER ORBITAFRAKTUREN (N=57) BETRAGEN FÜR 1- WANDFRAKTUREN 24,6 % (14/57), FÜR 2-	

WANDFRAKTUREN 33,3 % (19/57), FÜR 3-WANDFRAKTUREN 28,1 % (16/57) UND FÜR 4-WANDFRAKTUREN 14 % (8/57) .....	77
TABELLE 13: FRAKTUREN DER LATERALEN ORBITAWÄNDE (N=30): TYPEN- EINTEILUNG IN ABHÄNGIGKEIT VON DER RESULTIERENDEN VERÄNDERUNG DES ORBITAVOLUMENS (TYP L1 BZW. TYP L2) , MITBETEILIGUNG IM RAHMEN VON 1- UND MEHR-WANDFRAKTUREN....	78
TABELLE 14: FRAKTUREN DES ORBITADACHS (N=16): TYPEN- EINTEILUNG NACH GRÖÖÖE DER FRAKTURFLÄCHE (TYP R1 BZW. TYP R2) UND MITBETEILIGUNG IM RAHMEN VON 1- UND MEHR-WANDFRAKTUREN .....	79
TABELLE 15: FRAKTUREN DES ORBITABODENS (GESAMT N=54): TYPEN- EINTEILUNG NACH GRÖÖÖE DER FRAKTURFLÄCHE (TYP F1 BIS TYP F3) UND MITBETEILIGUNG IM RAHMEN VON 1-WAND- UND MEHR-WANDFRAKTUREN .....	80
TABELLE 16: FRAKTUREN DER MEDIALEN ORBITAWAND (GESAMT N=32): TYPEN- EINTEILUNG NACH GRÖÖÖE DER FRAKTURFLÄCHE (TYP M1 BZW. TYP M2) UND MITBETEILIGUNG IM RAHMEN VON 1- UND MEHR-WANDFRAKTUREN .....	81
TABELLE 17: ORBITA 2-WANDFRAKTUREN IM GESAMTKOLLEKTIV (N=19): TOPOGRAPHISCHE KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN UND TATSÄCHLICHES VORKOMMEN.....	82
TABELLE 18: ORBITA 3-WANDFRAKTUREN IM GESAMTKOLLEKTIV (N=16): TOPOGRAPHISCHE KOMBINATIONSMÖGLICHKEITEN UND TATSÄCHLICHES VORKOMMEN.....	83
TABELLE 19: HÖHE DER ORBITAL TRAUMA SCORES UND HÄUFIGKEITSVERTEILUNG IM GESAMTKOLLEKTIV (LETZTE ZEILE) UND IN DER GRUPPE DER 1-WAND, 2- WAND , 3- WAND- UND 4- WAND-FRAKTUREN (ZEILEN 2 BIS 5).....	84
TABELLE 20: VERTEILUNG DER ORBITAL TRAUMA SCORES NACH ÄTILOGIE (TRAUMA-INTENSITÄT) .....	85
TABELLE 21: OPERATIVE ZUGANGSWEGE ZUR UNTEREN ZIRKUMFERENZ DER INTERNEN ORBITA (N=55) GEGLIEDERT NACH 1- BZW. MEHR-WANDFRAKTUREN UND IM GESAMTKOLLEKTIV.	86
TABELLE 22: OPERATIVE ZUGANGSWEGE ZUR OBEREN ZIRKUMFERENZ DER INTERNEN ORBITA (N=29) GEGLIEDERT NACH 1- BZW. MEHR-WANDFRAKTUREN UND IM GESAMTKOLLEKTIV	87
TABELLE 23: VERTEILUNG DES RADIOLOGISCHEN KONGRUENZ-SCORES (RKS) AUF FRAKTUREN NACH ANZAHL DER BETROFFENEN ORBITAWANDUNGEN (N=57) .....	87
TABELLE 24: DIFFERENZ DER ORBITAFLÄCHEN NACH UNILATERALER TITANMESH REKONSTRUKTION AN EINER AUSWAHL VON DREI KORONAREN CT EBENEN (JEWEILS IM ANTERIOREN, MITTLEREN UND POSTERIOREN BEREICH DER REKONSTRUKTION). MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN DER RELATIVEN ABWEICHUNG DER FLÄCHENMAÖÖE ZWISCHEN DEN ORBITA- EBENEN MIT REKONSTRUKTION UND DER INTAKTER	

<p>GEGENSEITE FÜR DAS UNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=41) UND SEINE UNTERGRUPPEN (1-WAND UND MEHRWANDFRAKTUREN). EIN ROTES MINUSZEICHEN (ZUR BESSEREN ERKENNBARKEIT GELB UNTERLEGT) BEDEUTET, DASS DIE FLÄCHE DER REKONSTRUIERTEN ORBITA KLEINER IST, ALS DIE DER REFERENZSEITE, ENTSPRECHEND EINER ÜBERKONTURIERUNG DES TITANMESH.....</p>	89
TABELLE 25: VERTEILUNG DES RADIOLOGISCHEN FLÄCHENDIFFERENZ SCORE (RFS) AUF DIE ORBITAFRAKTUREN NACH DER ANZAHL DER BETROFFENEN WÄNDE. ....	90
TABELLE 26: ROS IM UNTERSUCHTEN KOLLEKTIV VON 41 EINSEITIG VERLETZTEN INTERNEN ORBITAE. 90	
TABELLE 27: RKS, AUFGETRAGEN GEGEN DEN OTS IM UNTERSUCHTEN KOLLEKTIV. HIER 57 VERLETZTE INTERNEN ORBITAE .....	91
TABELLE 28: RFS VERSUS OTS IM UNTERSUCHTEN KOLLEKTIV VON 41 EINSEITIG VERLETZTEN INTERNEN ORBITAE .....	92
TABELLE 29: ROS VERSUS OTS IM UNTERSUCHTEN KOLLEKTIV VON 41 EINSEITIG VERLETZTEN INTERNEN ORBITAE. DIE LETZTE ZEILE FASST FRAKTUREN MIT STEIGENDEM OTS ZUSAMMEN UND BILDET BILDET MITTELWERTE FÜR DIE GRUPPE MIT EINEM OTS ZWISCHEN 1 UND 3, EINEM OTS ZWISCHEN 4 UND 6 UND EINEM OTS VON 7 BIS 9.....	93
TABELLE 30: ABWEICHUNG DER BULBUSPOSITION IM UNTERSUCHTEN KOLLEKTIV VON 41 NACHUNTERSUCHTEN PATIENTEN.....	95
TABELLE 31: DOPPELBILDER IN ABHÄNGIGKEIT DER ZAHL DER VON EINER FRAKTUR BETROFFENEN ORBITAWÄNDE IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV. ES HANDELT SICH UM 42 VERLETZTE INTERNE ORBITAE (38 EINSEITIG UND 2 BILATERALE TRAUMATA) BEI 40 NACHUNTERSUCHTEN PATIENTEN, BEI DENEN EINE UNTERSUCHUNG AUF DIPLOPIE DURCHGEFÜHRT WERDEN KONNTE.....	97
TABELLE 32: GEGENÜBERSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE AM HESS SCHIRM UND DER KLINISCHEN UNTERSUCHUNG AUF DOPPELBILDER. IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=41) WAREN BEI EINEM PATIENTEN BEIDE UNTERSUCHUNGEN NICHT MÖGLICH (DAHER HIER N=40), IN 2 FÄLLEN WAR NUR DIE HESS SCHIRM UNTERSUCHUNG NICHT DURCHFÜHRBAR.....	99
TABELLE 33: DOPPELBILDER BZW. PATHOLOGISCHE BEFUNDE AM HESS SCHIRM UND ZUGRUNDELIEGENDE FUNKTIONSDEFIZITE DER ÄUßEREN AUGENMUSKELN FÜR DIE INSGESAMT 13 PATIENTEN AUS DEM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV, BEI DENEN KEINE ALTERNIERENDE VARIABLE VORGELEGEN HAT. GRADUIERUNG DES MUSKULÄREN FUNKTIONSDEFIZITS: + FÜR GERING / ++ FÜR AUSGEPRÄGT.....	100
TABELLE 34: KOS UND BEWERTUNG IN GEGENÜBERSTELLUNG ZU DEN VERLETZUNGSMUSTERN DER INTERNEN ORBITA (N=43 ORBITAE) IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV.....	102

TABELLE 35: VERTEILUNG DES ORBITAL TRAUMA SCORE AUF DAS VERLETZUNGSMUSTER DER INTERNEN ORBITA IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV .....	102
TABELLE 36: VERTEILUNG DES RADIOLOGISCHEN KONGRUENZ SCORE (RKS) NACH ANZAHL DER BETROFFENEN ORBITAWÄNDE IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=43) .....	103
TABELLE 37: VERTEILUNG DES RADIOLOGISCHEN FLÄCHENDIFFERENZSCORE RFS AUF DIE ORBITAFRAKTUREN NACH DER ANZAHL DER BETROFFENEN WÄNDE (N=34) IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV .....	104
TABELLE 38: ROS UND BEWERTUNG IN GEGENÜBERSTELLUNG ZUR ANZAHL DER FRAKTURIERTEN ORBITAWÄNDE IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=34) .....	105
TABELLE 39: ROS UND TRAUMA SCORE IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=34)...	106
TABELLE 40: ORBITAL TRAUMA SCORE (OTS) UND BEWERTUNG VERSUS KLINISCHEN OUTCOME SCORE (KOS) UND BEWERTUNG IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=42 ORBITAE, N=40 PATIENTEN).....	108
TABELLE 41: RADIOLOGISCHER OUTCOME-SCORE (ROS) VERSUS KLINISCHEN OUTCOME SCORE (KOS) IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=34) .....	109
TABELLE 42: RADIOLOGISCHER OUTCOME-SCORE UND SAGITTALE BULBUSPOSITION IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=34). UNTER DER BESCHREIBUNG DER ABWEICHUNG DER BULBUSPOSITION IST DER (*) PUNKTWERT ANGEZEIGT, DER IM KOS FÜR DIE JEWEILIGE ABWEICHUNG HINZU ADDIERT WURDE.....	111
TABELLE 43: RADIOLOGISCHER OUTCOME-SCORE IN RELATION ZU DOPPELBILDERN BEI PATIENTEN IM NACHUNTERSUCHUNGSKOLLEKTIV (N=34) .....	112