Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie
Zentrum für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde

Klinik für Mund-, Kiefer und Plastische Gesichtschirurgie
Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Ulm

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. Alexander Schramm

Fixationskonzepte bei unilateralen Jochbeinfrakturen – eine CT-basierte Analyse intraoperativer Repositionsergebnisse

Dissertation zur Erlangung des
Doktorgrades der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von
Marc Oliver Knitz
aus Heidenheim a. d. Brenz

2026

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: PD Dr. Dr. Andreas Sakkas

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Carsten Hackenbroch

Tag der Promotion: 23. Juli 2026

Die Widmung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

Teile der in dieser Arbeit vorgelegten Ergebnisse sowie einzelne Abbildungen wurden bereits in folgendem Fachartikel veröffentlicht:

Sakkas A, Schulze J, Scheurer M, Rana M, Kasper R, Ebeling M, Schramm A, Wilde F, Knitz M: *Intraoperative CT evaluation of repositioning accuracy in zygomaticomaxillary complex fractures: 1-point versus multiple-point fixation. Head Face Med. 2025 Dec 13;21(1):83. doi: 10.1186/s13005-025-00558-x. PMID: 41390434*

lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Die Wiederverwendung erfolgt zur wissenschaftlichen Kontextualisierung und mit entsprechender Kennzeichnung.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS VII

1 EINLEITUNG 1

1.1 ANATOMIE DES ZYGOMATICOMAXILLÄREN KOMPLEXES 2
1.2 FRAKTUREN DES ZYGOMATICOMAXILLÄREN KOMPLEXES 3
1.2.1 ÄTIOLOGIE UND PATHOGENESE 3
1.2.2 THERAPIEMÖGLICHKEITEN 5
1.3 OPERATIVES VERFAHREN 6
1.3.1 OPERATIVER ZUGANG 6
1.3.2 FIXATIONSKONZEPTE: 1-POINT VS. MULTIPLE-POINT FIXATION 6
1.3.3 INTRAOPERATIVE CT-BILDGEBUNG 9
1.4 ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG DER ARBEIT 10

2 MATERIAL UND METHODEN 12

2.1 STUDIENDESIGN 12
2.2 PATIENTENKOLLEKTIV 13
2.3 DATENERHEBUNG 14
2.4 VERMESSUNG CT-AUFNAHMEN 20
2.5 ASYMMETRIEINDEX 24
2.6 MESSUNG DES ORBITAVOLUMEN 24
2.7 STATISTISCHE VERFAHREN 26
2.8 EINSATZ VON HILFSMITTELN UND SOFTWARE 28

3 ERGEBNISSE 29

3.1 ALLGEMEINE DESKRIPTIVE STATISTIK 29
3.1.1 DEMOGRAFISCHE DATEN 29
3.1.2 DATEN DER ALLGEMEINANAMNESE 31
3.1.3 ZAHNSTATUS 32
3.1.4 UNFALLBEZOGENE DATEN 32
3.1.5 DATEN DER SPEZIELLEN ANAMNESE 38
3.1.6 OPERATIONSBEZOGENE DATEN 41
3.1.7 VERLAUFSDATEN 49
3.2 ALLGEMEINE GRUPPENVERGLEICHE 52
3.2.1 VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON 1-POINT UND MULTIPLE-POINT FIXATION 52
3.2.2 VERGLEICH DER PRÄOPERATIVEN UND INTRAOPERATIVEN MESSERGEBNISSE 53
3.3 GRUPPENVERGLEICHE SPEZIFISCHER UNABHÄNGIGER STICHPROBEN 56
3.3.1 VERGLEICH DES INTRAOPERATIVEN ASYMMETRIEINDEX ZWISCHEN FRAKTURTYPEN 56
3.3.2 VERGLEICH DER ORBITAVOLUMENDIFFERENZ ZWISCHEN FRAKTURTYPEN 57
3.3.3 VERGLEICH DES INTRAOPERATIVEN ASYMMETRIEINDEX ZWISCHEN DEN INTERVALLEN 59
3.3.4 VERGLEICH VON INTERVALL UND DEM ORBITAVOLUMEN 60
3.3.5 VERGLEICH VON OPERATEUR UND INTRAOPERATIVEM ASYMMETRIEINDEX 63
3.3.6 VERGLEICH VON OPERATEUR UND ORBITAVOLUMEN 64

4 DISKUSSION 66

4.1 EINFÜHRUNG 66
4.2 DESKRIPTIVE ANALYSE 67
4.3 REPOSITION UND KNÖCHERNE SYMMETRIE 73
4.4 INTRAOPERATIVE BILDGEBUNG MITTELS CBCT 75
4.5 ORBITAVOLUMEN UND ÄSTHETIK 77
4.6 OPERATIONSINTERVALL 79
4.7 STÄRKEN UND LIMITATIONEN DER STUDIE 80
4.7.1 STUDIENDESIGN UND OPERATIVES VORGEHEN 80
4.7.2 BILDGEBUNG, MESSMETHODIK UND AUSWERTUNGSSTRATEGIE 81
4.7.3 STICHPROBENBEZOGENE LIMITATIONEN 83
4.7.4 FEHLENDE LANGZEITPARAMETER 83
4.8 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK 85

5 ZUSAMMENFASSUNG 86

6 LITERATURVERZEICHNIS 88

7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS 99

8 TABELLENVERZEICHNIS 103

9 DANKSAGUNG 108

10 LEBENSLAUF 109

Abkürzungsverzeichnis

3D ..... dreidimensional
ANOVA ..... Analysis of Variance
CBCT ..... Cone Beam Computed Tomography
CT ..... Computertomographie
CVRF ..... Cardiovascular Risk Factors
DGMKG ..... Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
engl ..... englisch
ICD-10 ..... International Classification of Diseases, 10th Revision
IOC ..... Infraorbital Canal
ION ..... Infraorbital Nerve
IQR ..... Interquartil Range
M. ..... Musculus
Mm. ..... Musculi
N. ..... Nervus
ORIF ..... Open Reduction and Internal Fixation
PSA ..... Panoramaschichtaufnahme
PSI ..... Patientenspezifisches Implantat
SD ..... Standard Deviation
TNF-α ..... Tumornekrosefaktor-α
ZMC ..... Zygomaticomaxillary Complex

Gender-Disclaimer

In dieser Dissertation wurde aus Gründen der besseren Lesbarkeit und der Tatsache, dass für den Großteil des untersuchten Patientenkollektivs das männliche Geschlecht dokumentiert war, das generische Maskulinum verwendet. Wann immer möglich, wurden auch geschlechtsneutrale Begriffe verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1 Einleitung

Der Jochbein-Jochbogen-Komplex, auch als zygomaticomaxillärer Komplex (*engl. zygomaticomaxillary complex*; kurz: ZMC) bezeichnet, prägt durch seine prominente Lage die Kontur des Mittelgesichts und spielt für das ästhetische Erscheinungsbild eine bedeutsame Rolle [49]. Entsprechend sind Frakturen in diesem Bereich klinisch, als auch aus Patientensicht hochrelevant. Sie erfordern ein hohes Maß an chirurgischer Präzision und Erfahrung, um die komplexe dreidimensionale Struktur nach einer Fraktur wiederherzustellen und zu stabilisieren.

Die offene Reposition mit interner Fixation (*engl. open reduction and internal fixation*; kurz: ORIF), in der Regel durch Miniplatten und Schrauben aus Titan, stellt bei grob dislozierten Jochbeinfrakturen die chirurgische Standardtherapie dar [8]. Auch resorbierbare Materialien kommen gelegentlich zum Einsatz [57]. Über das "*Wie*" herrscht in Fachkreisen jedoch kein Konsens: Der Umfang der Osteosynthese reicht von der *1-Point Fixation* mit Stabilisation an einem anatomischen Pfeiler, bis hin zur Fixation an mehreren Pfeilern als sogenannte *Multiple-Point Fixation*. Beide Methoden weisen spezifische Vor- und Nachteile auf und finden unter Fachleuten ihre Verfechter.

Welche Methode ist nun aber zu bevorzugen? Welche vereint konstant gute chirurgische Ergebnisse und patientenindividuelle Bedürfnisse am zuverlässigsten? Diese Dissertation vermittelt zunächst die für das Verständnis notwendigen anatomischen Grundlagen des zygomaticomaxillären Komplexes, beleuchtet Ätiologie und Pathogenese von Jochbeinfrakturen und stellt die eigenen Forschungsmethoden vor. Die gängigen Behandlungskonzepte werden anschließend anhand der vorhandenen Studienlage sowie der eigenen Forschungsergebnisse kritisch beleuchtet, diskutiert und im Sinne einer evidenzbasierten Patientenversorgung eingeordnet.

1.1 Anatomie des zygomaticomaxillären Komplexes

Der zygomaticomaxilläre Komplex ist neben seiner erwähnten Funktion als Konturgeber des Mittelgesichts auch für den Schutz des Orbitainhaltes mitverantwortlich [3, 4, 95]. Das Jochbein liegt beidseits lateral der Gesichtsmitte und weißt eine annähernd viereckige Form auf [4, 113]. Der dabei am weitesten aus dem Mittelgesicht ragende knöcherne Punkt wird als Jochbeinprominenz bezeichnet und bildet das Zentrum des zygomaticomaxillären Komplexes [95]. Von diesem Mittelpunkt aus bildet der zygomaticomaxilläre Komplex vier Ausläufer, die wiederum über insgesamt vier Suturen an die benachbarten knöchernen Abschnitte des Gesichtsschädels angrenzen [4]. Dabei bildet der zygomaticomaxilläre Komplex einen Großteil der lateralen Orbitawand und des Orbitabodens [4, 113]. Über seinen nach dorsolateral ziehenden Ausläufer, den *Processus temporalis ossis zygomatici*, ist er über die *Sutura temporozygomatica* mit dem *Processus zygomaticus ossis temporalis* verbunden und bildet in Kombination den *Arcus zygomaticus* (Jochbogen) [10, 89, 90]. Nach kranial steht das Jochbein über den *Processus zygomaticus ossis frontalis* und die *Sutura frontozygomatica* mit dem *Os frontale* in Verbindung und bildet hierbei den Lateroorbitalrand. Nach posterior steht er über die *Sutura sphenozygomatica* mit dem *Os sphenoidale* in Verbindung und bildet hierbei den anterolateralen Orbitaboden. Nach medial und kaudal grenzt das Jochbein mit dem *Processus zygomaticus maxillae*, über die *Sutura zygomaticomaxillaris* an die Maxilla. Hierbei verläuft der kraniale Anteil der Sutur durch den Infraorbitalrand in den Orbitaboden. Kaudal verläuft die Sutur durch den zygomaticomaxillären Pfeiler, auch als *Crista zygomaticoalveolaris* bezeichnet. Diese stellt eine insbesondere chirurgisch bedeutsame Knochenleiste dar, die den Übergang zwischen Jochbein und Alveolarfortsatz der Maxilla bildet [10, 44, 89, 90]. Im weiteren Verlauf werden beide Begriffe synonym verwendet.

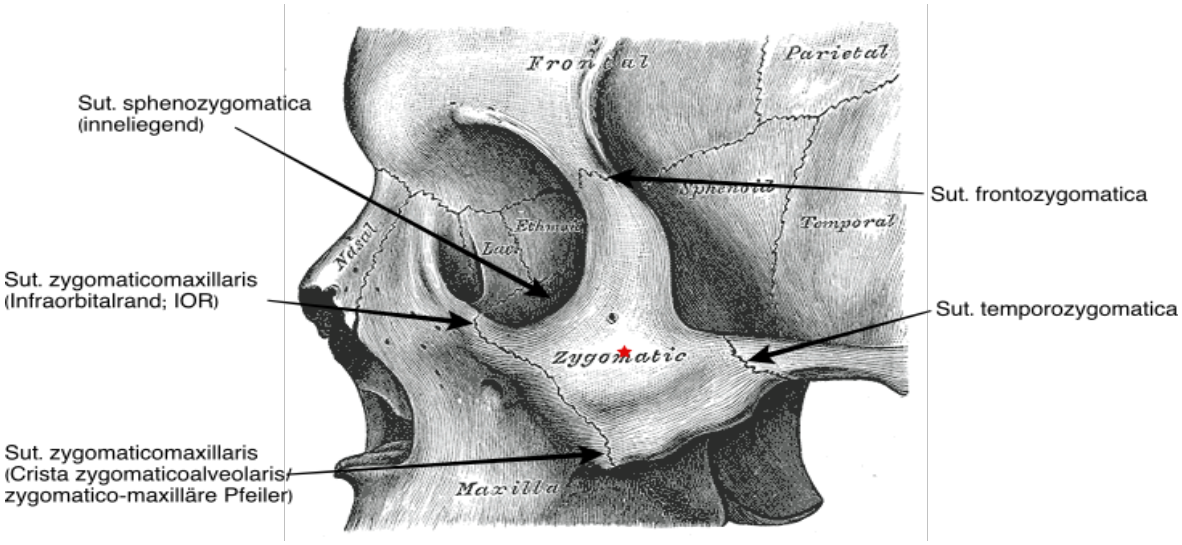


***Abbildung 1**: Anatomie des zygomaticomaxillären Komplexes, Sicht von lateral: Suturen des Jochbeinkörpers. Roter Stern markiert die Jochbeinprominenz. (Quelle: eigene Darstellung nach: Henry Vandyke Carter - Henry Gray (1918) Anatomy of the Human Body, Bartleby.com: Gray's Anatomy, Plate 164, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=350549, Änderungen: Beschriftungen eingefügt, Pfeile eingefügt, farbigen Stern eingefügt)*

1.2 Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes

1.2.1 Ätiologie und Pathogenese

Aufgrund der beschriebenen prominenten Lage und des reflexhaften Abwendens des Kopfes zur Seite bei drohender Gefahr ist der zygomaticomaxilläre Komplex für Frakturen prädestiniert [4, 44]. Sie sind nach Nasenbeinfrakturen mit einem Anteil von rund 25% die zweithäufigsten Frakturen des Mittelgesichts [3, 8, 10, 21, 33, 96]. Männer, meist in der zweiten bis vierten Lebensdekade, sind zwei- bis fünfmal häufiger betroffen als Frauen [3, 8, 37, 49, 52, 86, 95].

Die in der Literatur beschriebenen Ursachen für Jochbeinfrakturen sind soziodemografisch und kulturell verschieden, wobei in den meisten Studien gewalttätige Auseinandersetzungen [13, 28, 34, 37, 92] und Verkehrsunfälle als Hauptursachen angeführt werden [15, 49, 60, 83, 100]. Meist frakturiert das Jochbein im Bereich seiner Verbindungen zu den knöchernen Nachbarstrukturen, kann aber ebenso in sich selbst frakturieren oder als Trümmerfraktur vorliegen [90]. Je nach Anzahl der betroffenen Suturen können die Frakturen benannt werden. Häufig wird in diesem Kontext der Begriff Tripod-Fraktur für Frakturen verwendet, bei welchen alle vier

Suturen des zygomaticomaxillären Komplexes betroffen sind und ist somit anatomisch unpräzise [10, 36]. Ersatzweise wird in einigen Studien der anatomisch korrekte Begriff Quadripod- oder Tetrapod-Fraktur empfohlen und synonym verwendet [10, 36, 49, 95, 113]. Bei einer Dislokation des Jochbein-Jochbogen-Komplexes kommt es in der Regel auch zu einer Dislokation von Orbitawänden, was bei der späteren Therapie beachtet werden muss [29].

Die Größe und Richtung der für die Fraktur ursächlichen Kraft ist maßgeblich entscheidend für den Grad und die Richtung der Dislokation [8, 51]. Als Symptome für das Vorliegen einer Fraktur des zygomaticomaxillären Komplexes werden neben den klassischen Frakturzeichen spezifische Symptome wie Hämatome im Bereich der Lider, der Konjunktiven, der Wange und/oder des weichen Gaumens, Hyposphagma, Blutungen über das Ostium naturale in die Nase, Sensibilitätsstörungen im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (*engl. infraorbital nerve*; kurz: ION), motorische Ausfälle (Fazialisschwäche), Einschränkungen der Mundöffnung und Lidspaltenveränderungen beschrieben [90].

Durch die häufig zusätzlich auftretende Dislokation der Orbitawände oder des Orbitabodens müssen potentiell auftretende akute Augennotfälle wie Rupturen des Bulbus oder Retinaablösungen beachtet und gegebenenfalls akut augenärztlich behandelt werden [90]. Weiter kann es durch die Verschiebungen der Orbitawände und des Orbitabodens zu einer Veränderung des Orbitavolumens kommen. Eine Vergrößerung des Orbitavolumens kann zu einem Enophthalmus und/oder einer Kaudalverlagerung des Bulbus führen [90]. Ferner kann es im Bereich des Frakturspalts zum Prolabieren von Weichgewebe in eben diesen kommen. Hierbei sind meist die *Mm. rectus medialis*, *rectus inferior* und *obliquus inferior* oder deren Septen betroffen, was folglich zu Mobilitätseinschränkungen des Bulbus mit Diplopie führen kann [90]. Somit ist eine gezielte Mitbeurteilung der Orbita bei ZMC-Frakturen unerlässlich, um gegebenenfalls eine Rekonstruktion derselbigen mit in das Operationsverfahren einschließen zu können [29, 90].

1.2.2 Therapiemöglichkeiten

Für die Behandlung von ZMC-Frakturen stehen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Verfügung.

Die am wenigsten invasive Methode einer konservativen Behandlung kommt für nicht dislozierte bis diskret dislozierte Frakturen ohne Funktionsbeeinträchtigung von Nachbarstrukturen oder bei bestehenden Kontraindikationen gegen eine Operation, in Frage [29, 94].

Um bei höhergradig dislozierten Frakturen eine Rekonstruktion der ursprünglichen dreidimensionalen Gesichtssymmetrie, des Orbitavolumens und der Position des Bulbus zu erreichen, wird eine chirurgische Intervention durch Reposition der Fraktur notwendig. Hierbei ergeben sich entweder die Möglichkeit einer geschlossenen Reposition oder die offene Reposition mit interner Fixation durch Osteosyntheseplatten (ORIF) [76].

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit empfiehlt die *Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)* in ihrer S2k-Leitline „*Laterale Mittelgesichtsfraktur*“ von 2014:

„Die alleinige geschlossene Reposition mit einem transkutan gesetzten Instrument **kann** erfolgreich sein bei:

1.) isolierten Jochbogenfrakturen (z.B. „M“ – förmige Dislokation)

2.) Jochbeinfrakturen mit intraoperativ stabilem Verkeilen der Fragmente nach initialer Hakenzugreposition, typischerweise bei einer inkompletten Fraktur der Sutura zygomaticofrontalis“ [29].

Führt der Versuch der geschlossenen Reposition nicht zu einem stabilen Repositionsergebnis beziehungsweise liegt eine von vornherein instabile, stark dislozierte oder gar eine Trümmerfraktur vor, ist die offene Reposition mit interner Fixation durch Osteosyntheseplatten indiziert [15].

Die Leitlinie der *DGMKG* empfiehlt hierzu:

„Eine offene chirurgische Frakturversorgung mit Osteosynthese **sollte** bei dislozierten bzw. geschlossen nicht reponierbaren Frakturen, motorischen Funktionseinschränkungen der Augenmuskulatur und/oder Sensibilitätsstörung des zweiten Trigeminusastes erfolgen.“ [29].

1.3 Operatives Verfahren

1.3.1 Operativer Zugang

Für die offene Reposition und interne Fixation (ORIF) mittels Osteosyntheseplatten stehen in Abhängigkeit vom zu operierenden Gebiet und der gewählten Fixationsmethode verschiedene Zugangswege zur Verfügung. Der gewählte Zugangsweg sollte eine möglichst gute Übersicht über das Frakturgebiet bieten, das Risiko für die Verletzung anderer Gesichtsstrukturen wie Blutgefäße, Nerven oder Muskeln minimieren und ein gutes, ästhetisches Ergebnis sicherstellen [112].

Gängige Zugangswege sind der intraorale Zugang *nach Keen* sowie der Zugang *nach Gillies* [12, 27, 67, 94]. Weitere zu nennende Zugangswege sind der Blepharoplastikzugang, Subzilliarzugang, Subtarsalschnitt, transkonjunktivale Zugang sowie der Infraorbitalschnitt [36]. Am Bundeswehrkrankenhaus Ulm wird standardmäßig der intraorale Zugang *nach Keen* angewendet, da er durch die Vermeidung sichtbarer Narben, dem kurzen Zugangsweg zur *Crista zygomaticoalveolaris* – und im Bedarfsfall zum Infraorbitalrand – sowie der Schnelligkeit und geringeren Weichteilmorbidität einige Vorteile im Vergleich zu extraoralen Zugängen bietet [27, 67].

1.3.2 Fixationskonzepte: 1-Point vs. Multiple-Point Fixation

Als Fixationspunkt besitzt die *Crista zygomaticoalveolaris* einen hohen Stellenwert. Sie wird hausintern als Standardpfeiler für die interne Fixation mittels

Plattenosteosynthese herangezogen (Abb. 2a-c) und ist darüber hinaus der in der Literatur als Fixationspfeiler häufigste beschriebene anatomische Punkt [16, 35, 52, 56]. Weiter wird die Plattenosteosynthese am Infraorbitalrand (Abb. 2b), sowie am Lateroorbitalrand (Abb. 2c) beschrieben [52, 64].

In der Praxis wird einer dieser anatomischen Landmarken – in der Regel der zygomaticomaxilläre Pfeiler (*1-Point Fixation*) – oder mehrere in Kombination (*2-/3-Point Fixation*), als Fixationspunkte herangezogen [35, 52, 56, 64]. Auch die *4-Point Fixation* mit zusätzlicher Platte am Jochbogen soll an dieser Stelle erwähnt sein, wenn diese auch nur von einigen wenigen Autoren für spezielle Einzelfälle beschrieben wird [19, 35, 49].

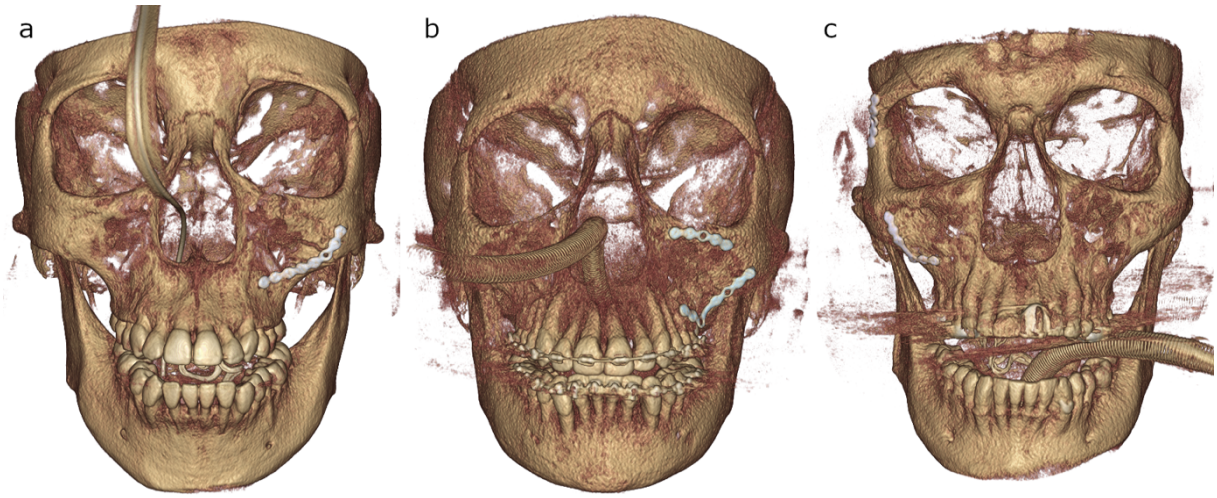


***Abbildung 2**: Übersicht über die Lokalisation der Osteosyntheseplatten, (**a**) 1-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris links, (**b**) 2-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris und dem Infraorbitalrand links, (**c**) 2-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris und dem Lateroorbitalrand rechts. (Quelle: Unverändert übernommen aus [85], Fig. 1, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)*

In Fachkreisen herrscht kein Konsens darüber, wie viele Fixationspunkte mindestens erforderlich sind, um eine suffiziente und anatomisch korrekte Repositionierung des frakturierten zygomaticomaxillären Komplexes zu erzielen. Ökonomische Aspekte, wie die Reduzierung von Operationskosten und -zeiten stehen bei dieser Beurteilung einer anatomisch korrekten Repositionierung und damit der Wiederherstellung der Stabilität sowie ästhetischen Aspekten gegenüber [5, 21, 28, 33, 42, 56, 58, 63, 65, 68, 69, 76, 82, 92, 109].

Einige Studien untersuchten bereits die Ergebnisse verschiedener Fixationsmethoden. Ob *1-Point Fixation* oder *Multiple-Point Fixation* – beide Methoden bieten Vorteile und haben in der chirurgischen Therapie ihre Daseinsberechtigung. Neben der Schonung und dem Erhalt der nervalen und muskulären Gesichtsfunktionen werden aus chirurgischer Sicht zwei Hauptziele bei der Operation verfolgt: die Wiederherstellung der dreidimensionalen Gesichtssymmetrie sowie die Rekonstruktion des Orbitavolumens mit korrekter Bulbusposition. Diese Ziele sollen durch eine möglichst stabile Osteosynthese mit wenigen Zugängen oder sichtbaren Narben erreicht werden [4, 28, 31, 53].

Um diese Ziele bei gleichzeitig ökonomisch sinnvollem Arbeiten zu erreichen, stellt sich die Frage nach der besten und effektivsten Fixationsmethode für operativ zu versorgende ZMC-Frakturen. Darüber hinaus stellt sich die Frage nach den entscheidenden operationsspezifischen und frakturbezogenen Faktoren für die Entscheidungsfindung.

Leitlinien zur Klärung dieser Fragen konnten bislang wissenschaftlich nicht etabliert werden, weswegen es in der alltäglichen Praxis häufig von hausinternen Vorgaben und der Erfahrung des jeweiligen Chirurgen abhängig ist wie operiert wird. Die Studienlage ist nicht eindeutig. Einige Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Anzahl der Fixationspunkte vom Schweregrad der Fraktur abhängig zu machen ist und dass eine höhergradige Fraktur eine höhere Anzahl an Fixationspunkten erfordert [10, 29, 52, 69, 90, 92]. Durch eine höhere Anzahl an verwendeten Platten soll die Gesichtssymmetrie und die postoperative Stabilität unter Muskelbelastung verbessert und eine verzögerte sekundäre Dislokation verhindert werden [79, 109].

Die Tendenz hin zu minimalinvasiven Verfahren in der Chirurgie, welche das Risiko für Wundinfektionen und sichtbare Narbenbildung minimieren, lenkt die Aufmerksamkeit jedoch auf das Konzept der *1-Point Fixation* [25, 33, 48, 58, 63, 69].
Es gibt Evidenz dafür, dass *1-Point Fixationen* in bestimmten Fällen ausreichend stabile und für die Patienten zufriedenstellende Ergebnisse bei der operativen Versorgung von Jochbeinfrakturen liefern [6, 25, 56, 69, 99]. Die Erkenntnis, dass die Kraft des *M. masseter* bis zu fünfzehn Wochen nach der Operation reduziert ist und die

befürchteten Risiken einer verzögerten Dislokation bei Fixation an nur einem Punkt somit minimiert sind, stützt dieses Konzept [26]. Untersuchungen zeigten weiter, dass bei Fixation im Bereich der *Crista zygomaticoalveolaris* das Osteosynthesematerial nachweislich den im Vergleich geringsten Spannungen ausgesetzt ist, bei gleichzeitig tolerierbaren Mikrobewegungen [82]. Andere Autoren argumentieren hingegen mit einer geringeren mechanischen Stabilität und dem vergleichsweise hohen Risiko für eine postoperative Gesichtsasymmetrie bei *1-Point Fixation* [52]. Eine Studie von *Lee et al.* berichtet von signifikanten Unterschieden zwischen *1-Point* und *2-Point Fixation* hinsichtlich der objektiv evaluierbaren chirurgischen Ergebnisse, wobei hierbei die *2-Point Fixation* klare Vorteile im direkten Vergleich aufweist [63]. Auf patientenzentrierter Ebene hingegen sind die sichtbare Narbe sowie das lateroorbital tastbare Osteosynthesematerial die Hauptgründe, welche zu einer postoperativen Unzufriedenheit bei Patienten mit *2-* oder *3-Point Fixation* sorgen [11, 55]. Diese Problematik kann durch *1-Point Fixation* vermieden werden [82]. Auch diese Aspekte sollten daher eine Rolle bei der Entscheidungsfindung spielen.

1.3.3 Intraoperative CT-Bildgebung

Eine unzureichende dreidimensionale Reposition des frakturierten ZMC kann zu nicht tolerierbaren ästhetischen Ergebnissen führen. Ferner sind postoperative Zustände, wie eine persistierende Vergrößerung der knöchernen Orbita, ebenfalls auf eine ungenügende Reposition zurückzuführen [113]. Die Möglichkeit der intraoperativen Kontrolle mittels C-Bogen-CT (*engl. cone beam computed tomography*; kurz: CBCT) bietet nach Reposition mit Osteosynthese die Möglichkeit eines unmittelbaren Feedbacks [40]. Bei Bedarf kann eine insuffiziente Reposition unmittelbar korrigiert werden und eine sekundäre Korrektur durch erneute Operation somit vermieden werden [7, 106].

Trotz des standardmäßigen Einsatzes in anderen chirurgischen Disziplinen wie der Unfall- oder Neurochirurgie, wird die intraoperative Bildgebung speziell für die maxillofaziale Chirurgie erst seit Anfang der 2000er-Jahre beschrieben [46, 106, 110]. Erfahrungen zeigen, dass viele Kliniken hierzulande nicht mit entsprechenden

Gerätschaften ausgestattet sind. Zahlen liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit für den deutschen Raum nicht vor, jedoch erscheint es aufgrund mitteleuropäischer Standards plausibel, dass diese mit denen unseres Nachbarlandes Frankreich vergleichbar wären, wo einer Studie zufolge lediglich 30 % der universitären Kliniken und 0 % der privaten Kliniken mit einem CBCT für maxillofaziale Eingriffe ausgestattet sind [70].

Im Bundeswehrkrankenhaus Ulm kommt das beschriebene Vorgehen bereits seit 2007 bei allen Jochbein-Operationen routinemäßig zum Einsatz, weswegen hier primär nach der *1-Point Fixation* mit intraoralem Zugang *nach Keen* und Osteosynthese an der *Crista zygomaticoalveolaris* operiert werden kann. Stellt sich nach der intraoperativen CT-Bildgebung eine insuffiziente Reposition dar, kann entsprechend nachkorrigiert beziehungsweise über einen zweiten, extraoralen Zugang interveniert werden [106].

Dieses stufenweise eskalierbare, minimalinvasive Vorgehen kann unnötige Rekonstruktionen vermeiden [41]. Innerhalb von etwa 5-10 Minuten erhält man ein zuverlässig beurteilbares 3D-Bild mit ausreichender Auflösung, welches in den allermeisten Fällen das postoperative Kontroll-CT ersetzt [90]. Somit kann durch die intraoperative Bildgebung mittels CBCT gar die Strahlenbelastung für den Patienten reduziert werden [72, 74, 80]. Das sofortige Feedback unterstützt zudem eine positive Lernkurve: Die Chirurgen können ihre subjektive intraoperative Einschätzung des Operationsergebnisses direkt mit den objektiven 3D-Daten abgleichen und das Vorgehen entsprechend justieren.

1.4 Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit

Das Ziel dieser retrospektiven Arbeit ist es, das intraoperative Repositionsergebnis unilateraler Jochbeinfrakturen nach ORIF mittels *1-Point Fixation* zu evaluieren und mit den operativen Ergebnissen nach der *Multiple-Point Fixation* zu vergleichen.

Gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der objektiv erfassbaren Operationsergebnisse zwischen beiden Gruppen? Stellt die *1-Point Fixation* eine

ernstzunehmende und sichere Alternative zur *Multiple-Point Fixation* dar, und wenn ja, in welchen Fällen und unter welchen Voraussetzungen?

Darüber hinaus sollen Zusammenhänge zwischen trauma- und verfahrensspezifischen Variablen und den chirurgischen Ergebnissen – konkret der dreidimensionalen Gesichtssymmetrie und dem Orbitavolumen – der beiden Fixationsmethoden ermittelt und auf statistische Signifikanz hin untersucht werden. Außerdem werden allgemeine und spezielle Patientenmerkmale, operationsspezifische Parameter sowie postoperative Verlaufsdaten erfasst und deskriptiv dargestellt.

Die Hypothese ist dabei, dass Frakturen, die mittels *1-Point Fixation* am zygomaticomaxillären Pfeiler und intraoperativer CT-Bildgebung operiert wurden, vergleichbar gute chirurgische Ergebnisse liefern wie durch *Multiple-Point Fixation* operierte Frakturen. Damit soll diese Arbeit einen Beitrag zu evidenzbasierter und patientenzentrierter Entscheidungsfindung bezüglich der Wahl der Fixationsmethode und der operativen Herangehensweise bei Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes im chirurgischen Alltag leisten.

Die Ergebnisse werden im Anschluss in den Gesamtkontext der aktuellen Studienlage eingeordnet und vor dem Hintergrund der vorhandenen Literatur diskutiert.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Jochbeinfrakturen werden bei entsprechender Indikation seit vielen Jahren in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm operativ versorgt. Bei der vorliegenden Dissertation handelt es sich um eine retrospektive Studie, welche operative Versorgungen mittels Osteosyntheseplatten bei Patienten mit unilateraler Jochbeinfraktur auswertet, die im Zeitraum vom 01.03.2019 bis 31.12.2024 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm durchgeführt und in der entsprechenden Ambulanz oder in der Ambulanz der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Ulm nachuntersucht wurden.

Der genannte Zeitraum entspricht dem Zeitraum seit Einführung des Verwaltungsprogramms für röntgenologische Aufzeichnungen am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, das zur Speicherung der digitalen Röntgenakten verwendet wird. Die Auswertung erfolgte anhand der dokumentierten Patientendaten aus dem krankenhausinternen Patientenverwaltungssystem, dem Verwaltungsprogramm für röntgenologische Aufzeichnungen sowie dem krankenhausinternen Patientenverwaltungssystems des Universitätsklinikums Ulm.

Da die Datenerhebung anonymisiert durchgeführt wurde und die Studie ein retrospektives Design aufweist, war eine schriftliche Einwilligung der Patienten nicht erforderlich. Die Studie wurde im Vorfeld durch die Ethikkommission der Universität Ulm genehmigt (Aktenzeichen: 203/24, Votum vom 09.07.2024) und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki (1964) sowie deren späteren Revisionen durchgeführt [107].

Einschlusskriterien

- Patienten jeden Alters und Geschlechts
- Dislozierte, unilaterale Jochbeinfraktur mit präoperativer CT-Diagnostik
- intraoperative CBCT-Bildgebung
- Operative Versorgung durch primär intraoralen Zugang *nach Keen*, mit Reposition und Plattenosteosynthese mittels *1-/2-* oder *3-Point Fixation*

Ausschlusskriterien

- Patienten mit bilateraler Jochbeinfraktur
- Patienten mit isolierter Jochbogenfraktur und/oder anderen Mittelgesichtsfrakturen
- Keine präoperative und intraoperative CT-Diagnostik
- Fehlen oder nur unzureichende Verwertbarkeit von CT-Scans für die Vermessungen
- Konservativ versorgte Frakturen (ohne ORIF)
- Patienten mit unvollständigen Krankenakten

2.2 Patientenkollektiv

Im genannten Zeitraum wurden insgesamt 119 Patienten aufgrund einer unilateralen Jochbeinfraktur operativ versorgt. Davon mussten 30 Patienten von der Studie ausgeschlossen werden. Bei 27 Patienten waren die intraoperativen C-Bogen-CT-Aufnahmen nicht vollständig auswertbar. In zwei Fällen waren die Bilddaten digital nicht mehr auffindbar, und in einem Fall erfolgte intraoperativ keine offene Reposition mit interner Fixation durch Osteosyntheseplatten (ORIF).

Somit konnten 89 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Diese wurden entsprechend der Anzahl der als Fixationspunkte verwendeten Pfeiler in zwei Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe (n=62) erfolgte die Osteosynthese nach der *1-Point Fixation*, bei der eine oder mehrere Platten im Bereich der *Crista zygomaticoalveolaris*

angebracht wurden (im Folgenden auch als *Einpfeiler-Methode* bezeichnet; vgl. Abb. 2a, Kapitel 1.3.2). In der zweiten Gruppe (n=27) wurden zusätzlich eine oder mehrere Platten am Infraorbitalrand und/oder am Lateroorbitalrand angebracht. Entsprechend der Anzahl der Fixationspunkte wird dieses Vorgehen auch als *2-Point-* bzw. *3-Point-Fixation* bezeichnet. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird diese Methode allgemein als *Multiple-Point Fixation* zusammengefasst. Auch das deutsche Wort *Mehrpfeiler-Methode* wird in dieser Arbeit synonym verwendet (vgl. Abb. 2b und 2c, Kapitel 1.3.2).

2.3 Datenerhebung

Für die Datenerhebung wurden aus dem krankenhausinternen Patientenverwaltungssystem Nexus/KIS® (Nexus AG, Donaueschingen, Deutschland) anhand des ICD-10-Codes *S02.4 (Jochbeinfraktur)* alle relevanten Fälle identifiziert. Jeder Patient erhielt aus Gründen der Anonymisierung eine Fallnummer und wurde in einer Tabelle in der Software Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) erfasst.

Die im Nexus/KIS® gespeicherten Krankenakten, Notarztprotokolle, Prämedikationsprotokolle, Entlassungsbriefe, Ambulanzbriefe und Operationsberichte wurden für die Datenakquise herangezogen. Da Verlaufskontrollen auch am Universitätsklinikum Ulm durchgeführt wurden, erfolgte zusätzlich ein Zugriff auf das dort verwendete Patientenverwaltungssystem CGM HIGHDENT PLUS (CompuGroup Medical Deutschland AG, Koblenz, Deutschland).

Zur Auswertung und Vermessung der Bildgebung wurde die krankenhausinterne Patientendatenbank in der Software Visage 7.1 (Visage Imaging, Inc., San Diego, CA, USA) herangezogen. Die Vermessung der Orbitavolumina erfolgte mithilfe der Brainlab Elements® Origin Data Management Software-Komponenten, Version 3.2 (Brainlab AG, München, Deutschland).

Folgende Daten wurden erhoben:

Allgemeine Patientendaten

- Vor- und Nachname des Patienten (anonymisiert)
- Dokumentiertes Geschlecht (männlich/weiblich/divers)
- Geburtsdatum und Alter zum Operationszeitpunkt

Daten der allgemeinen Anamnese

- Raucherstatus (Raucher/Nichtraucher; ehemalige Raucher wurden als Nichtraucher gewertet)
- Vorliegen eines Diabetes mellitus (ja/nein)
- Regelmäßiger Konsum illegaler Drogen (Cannabis wurde nicht eingeschlossen)
- Zahnstatus, eingeteilt in:
    - gut = alle Zähne erhalten, keine tief kariösen oder endodontisch behandelten Zähne
    - moderat = 1-8 fehlende, tief kariöse oder endodontisch behandelte Zähne
    - schlecht = > 8 fehlende, tief kariöse oder endodontisch behandelte Zähne
- Vorliegen kardiovaskulärer Risikofaktoren (*engl. Cardiovascular Risk Factors*; kurz CVRF): arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, positive Raucheranamnese, Dyslipoproteinämie oder Hyperlipoproteinämie
- Immunsuppressive Therapie, wenn ja:
    - Immunsuppressivum (Bisphosphonate, Kortison, TNF-α-Inhibitoren, Sonstige)
    - Name des Präparats

Der Zahnstatus wurde anhand der aktuellsten Panoramaschichtaufnahme (PSA) beurteilt.

Die Einteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren orientierte sich am *SCORE2-Algorithmus* der *European Society of Cardiology*, wobei aus Gründen der

Übersichtlichkeit auf das männliche Geschlecht und das Alter als Risikofaktor verzichtet wurde [91].

Unfall- und Frakturbezogene Daten

- Unfalldatum
- Unfallursache, unterteilt in:
  - Stolpersturz
  - Höhensturz
  - Treppensturz
  - Verkehrsunfall
  - Fahrradsturz
  - Epileptischer Anfall
  - Synkope
  - Gewalt
  - Sportunfall
  - Sturz nach Alkoholkonsum
  - Pathologische Fraktur
  - Iatrogene Fraktur
  - Sonstige, nicht genannte Unfallursache
- Frakturseite (rechts/links)
- Frakturklassifikation
- Anzahl der betroffenen Jochbeinsuturen, unterteilt in:
  - Unisutural
  - Bisutural
  - Trisutural
  - Tetrasutural
  - Complete
- Betroffene Suturen, unterteilt in:
  - *Sutura zygomaticomaxillaris* (kaudaler Anteil; *Crista zygomaticoalveolaris*)
  - *Sutura zygomaticomaxillaris* (kranialer Anteil; Infraorbitalrand)
  - *Sutura zygomaticofrontalis* (Lateroorbitalrand)

- *Sutura zygomaticotemporalis* (Jochbogen)
- *Sutura zygomaticosphenoidale* (Anterolateraler Orbitaboden)

- Fraktur des paranasalen Pfeilers (ja/nein)

Ausschließlich Patienten, welche zu Fuß unter Alkoholeinfluss gestürzt waren, wurden der Kategorie "Sturz nach Alkoholkonsum" zugeordnet. Fahrrad- oder andere Verkehrsunfälle unter Alkoholeinfluss wurden den entsprechenden Kategorien zugewiesen.

Angelehnt an die Einteilung von *Zingg et al.* wurden die Frakturen in drei Typen unterteilt [113]. Frakturen vom Typ A (Abb. 3a) betreffen inkomplette Jochbeinfrakturen, bei welchen mindestens ein anatomischer Pfeiler noch intakt ist und keine Trümmerfraktur im Sinne von Typ C vorliegt. Typ B (Abb. 3b) bezeichnet komplette Jochbeinfrakturen, bei welchen alle vier Pfeiler frakturiert sind. Frakturen vom Typ C (Abb. 3c) bezeichnen Trümmerfrakturen, bei welchen der zygomaticomaxilläre Komplex durch zusätzliche Frakturen im Bereich des Jochbeinkörpers, des Infraorbitalrandes oder des anterolateralen Orbitabodens in zwei oder mehr Fragmente geteilt ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und unter dem Aspekt, dass isolierte Jochbogenfrakturen ein Ausschlusskriterium waren, wurde auf eine Unterteilung der Typ A-Klasse in Subgruppen (wie bei *Zingg et al.* beschrieben) verzichtet. Kleinere Mehrfragmentierungen im Bereich der physiologischen Suturen sowie W-förmige Frakturen des Jochbogens wurden nicht als Trümmerfrakturen gewertet.



***Abbildung 3**: Einteilung der Frakturklassifikationen. (**a**) Typ A Fraktur: inkomplette Fraktur mit sichtbar intaktem Jochbogen und Lateroorbitalrand, (**b**) Typ B Fraktur: komplette Fraktur aller vier Pfeiler, (**c**) Typ C Fraktur: Trümmerfraktur mit Mehrfragmentierung im Bereich des Infraorbitalrandes und des Jochbeinkörpers. (Quelle: eigene Darstellung)*

Daten der speziellen Anamnese

- Vigilanz bei Aufnahme in der Klinik (wach/intubiert beatmet)
- Objektive Okklusionsstörung (ja/nein/nicht beurteilbar)
- Offener Biss präoperativ (ja/nein/nicht beurteilbar)
- Präoperative Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION) (ja/nein/nicht beurteilbar)

In Fällen, in welchen eine objektive Okklusionsstörung oder ein offener Biss nicht im ärztlichen Aufnahmebefund dokumentiert war, wurde von einem nicht pathologischen Befund ausgegangen. Nicht beurteilbar wurden Patienten eingestuft, welche beispielsweise in einem vigilanzgeminderten Zustand aufgenommen wurden und eine Beurteilung daher präoperativ nicht möglich war.

Operationsbezogene Daten

- Operationsdatum
- Intervall zwischen Unfalldatum und Operationsdatum (in Tagen)
- Qualifikation des Operateurs, unterteilt in:
  - Assistenzarzt
  - Facharzt
- Name des Operateurs
- Gesamtoperationszeit, bei gleichzeitiger operativer Versorgung von Begleitfrakturen (in Minuten)
- Bereinigte Nettooperationszeit (in Minuten)
- Anzahl der verwendeten Osteosyntheseplatten
- Fixation der Osteosyntheseplatte am paranasalen Pfeiler (ja/nein)
- Plattentyp, unterteilt in:
  - Gerade
  - L-förmige / Lambda
  - Gebogene / Banane
  - X-Platte
  - Gitterplatte

- Plattensystem, unterteilt in:
    - MatrixMIDFACE™ Plating System (DePuy Synthes/ Johnson & Johnson MedTech, Massachusetts, USA)
    - LevelOne Midface (KLS Martin Group SE & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland)
- Plattenlänge (nach Anzahl der Löcher: 3-Loch, 4-Loch, usw.)
- Lokalisation der Platte, unterteilt in:
    - *Crista zygomaticoalveolaris*
    - Infraorbitalrand
    - Lateroorbitalrand
- Intraoperative Revision notwendig, falls ja:
    - Grund für die intraoperative Revision
    - Anzahl der durchgeführten Revisionen
- Intraoperative Komplikationen

Verlaufsdaten

- Postoperative Komplikationen, unterteilt in:
    - Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION)
    - Fazialisschwäche (*R. zygomaticus*)
    - Platten-/ Schraubenlockerungen
    - Sonstige (Okklusionsstörungen, Zahnverlust, Wundheilungsstörungen, Osteomyelitis und alle weiteren, oben nicht genannten Komplikationen)
- Nachvollziehbare ästhetische Beeinträchtigung (ja/nein)
- Postoperative Revision, wenn ja:
    - Grund der Revision
    - Zeitpunkt der Revision
- Metallentfernung erfolgt, wenn ja:
    - Zeitpunkt der Metallentfernung nach Operation (in Monaten)
- Datum letzter Kontrolltermin
- Dauer der Follow-up-Untersuchungen nach Operation (in Monaten)

Eine Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION) wurde nur dann als Komplikation erfasst, wenn sie präoperativ noch nicht als Symptom beschrieben war. Als Datum des letzten Kontrolltermins wurde der Zeitpunkt definiert, zu dem der Patient letztmalig postoperativ ärztlich dokumentiert im Bundeswehrkrankenhaus Ulm oder im Universitätsklinikum Ulm nachuntersucht wurde. Patienten, die ihre Nachsorge in niedergelassenen Praxen oder in anderen Einrichtungen wahrnahmen, konnten hierbei nicht weiter berücksichtigt werden. Gleiches gilt für Patienten, die die Termine der Nachsorgeuntersuchungen nicht wahrnahmen. In diesen Fällen wurde das Entlassdatum nach der Operation als letzter Kontrolltermin herangezogen.

2.4 Vermessung CT-Aufnahmen

Für die Vermessungen wurden die auf dem Server des Bundeswehrkrankenhauses Ulm gespeicherten CT-Bilder herangezogen. Diese stammten zum Teil aus externen erstversorgenden Einrichtungen und teilweise aus der hausinternen Radiologie. Die intraoperativen C-Bogen-CT-Aufnahmen (Siemens Healthineers AG, Cios Spin, Erlangen, Deutschland) wurden ausschließlich durch das jeweilige Operationsteam im Bundeswehrkrankenhaus Ulm angefertigt.

Die präoperativen CT-Bilder wurden in der Knochenfensterdarstellung des Mittelgesichts in axialer Schnittebene vermessen. Um trotz unterschiedlicher Lagerung der Patienten eine einheitliche und vergleichbare Darstellung zu gewährleisten, wurden zunächst mithilfe der Softwaretools die beiden aufsteigenden *Rami mandibulae* in einer beidseits symmetrischen Ansicht dargestellt (Abb. 4). Anschließend wurden beide *Processus condylaris mandibulae* in retralster Position dargestellt. Eine Verbindungslinie durch die jeweilige Mitte der beiden Kondylen diente als erste Referenzlinie für die Vermessungen (Abb. 5).

Im Anschluss wurde das Bild um die erste Referenzlinie so rotiert, dass beidseits die prominentesten (d.h. anterolateralsten Punkte des Jochbeinkörpers) als sogenannte Jochbeinprominenzen dargestellt waren (Abb. 6) [43, 71].

Eine zweite sagittale Referenzlinie wurde nun orthogonal zur ersten Linie gelegt. Durch sie wurde eine Schädelmitte definiert, die sich an möglichst konstanten anatomischen Referenzstrukturen orientierte (Vorderrand des *Foramen magnum*, sowie *Rostrum sphenoidale* bzw. *Vomer*) (Abb. 6). So wurde der Schädel in zwei - unter theoretisch idealen Bedingungen - spiegelgleiche Hälften geteilt.

Zur Beurteilung der räumlichen Stellung der Jochbeinprominenz wurden sowohl die gesunde als auch die frakturierte Seite im prä- sowie im intraoperativen CT-Bild vermessen. Als ästhetischer Referenzpunkt wurde die oben beschriebene Jochbeinprominenz (Abb. 7) definiert. Von diesem Punkt aus wurden drei Strecken vermessen:

- Diagonale zum Schnittpunkt der beiden oben beschriebenen Referenzlinien (Abb. 8a)
- Malare Höhe bis zur axialen Referenzlinie (Abb. 8b)
- Intermalare Breite bis zur sagittalen Referenzlinie (Abb. 8c)

Bei den beiden letztgenannten Strecken wurden die Linien orthogonal zu den entsprechenden Referenzlinien gesetzt.
Alle Messungen wurden in Millimetern (mm) mit einer Dezimalstelle durchgeführt, abschließend fotografisch dokumentiert und in die Tabelle übertragen.

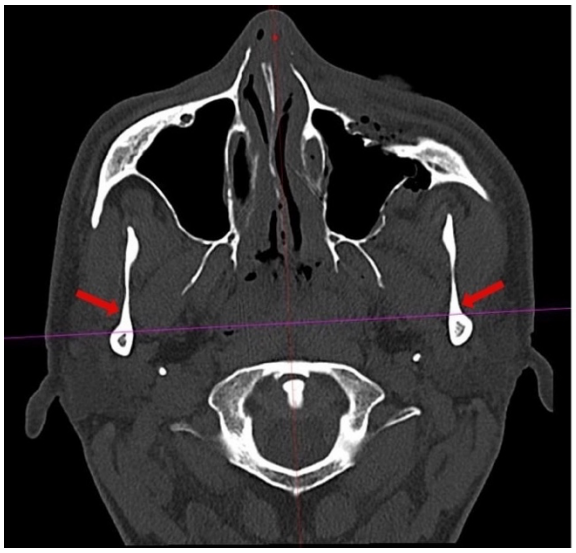


***Abbildung 4**: Symmetrische Darstellung der beiden aufsteigenden Rami mandibulae (rot markiert) in der axialen Schnittebene. Lila und rote Referenzlinie noch nicht eingestellt. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 2, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: rote Pfeile ergänzt)*

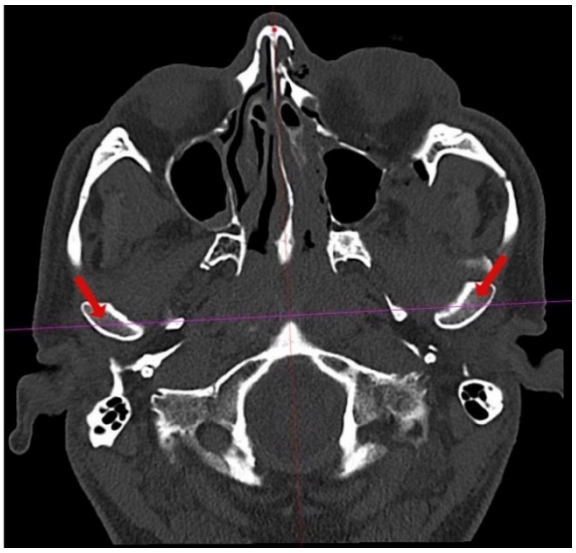


***Abbildung 5**: Processus condylaris mandibulae in retralster Position (rot markiert). Lila Referenzlinie verläuft mittig durch die beiden Processus condylaris mandibulae. Rote Referenzlinie noch nicht eingestellt. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 3, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: rote Pfeile ergänzt)*

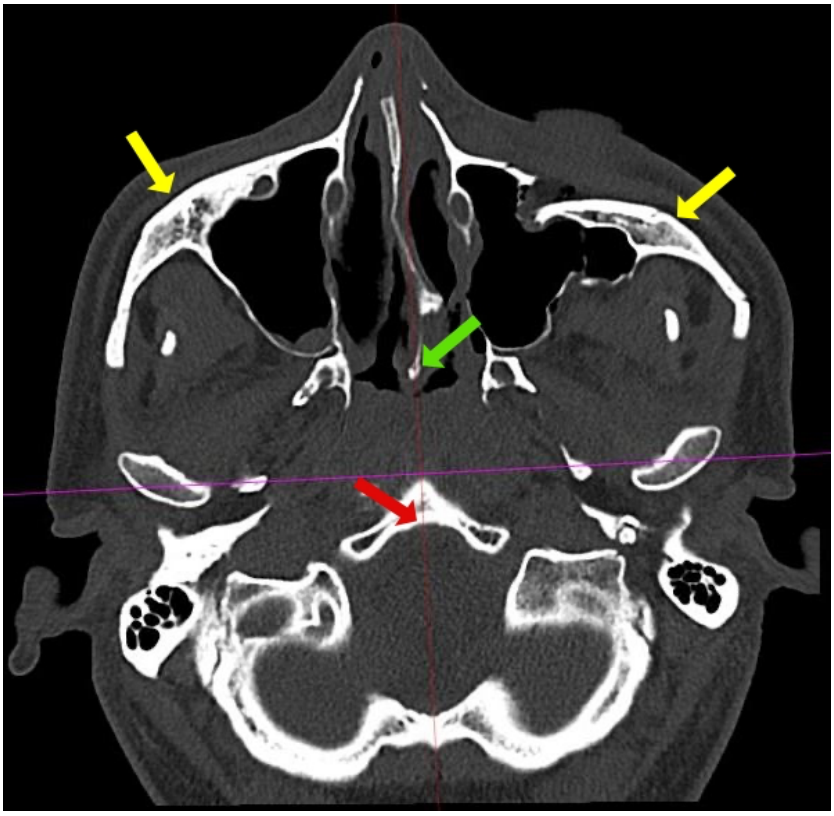


***Abbildung 6**: Jochbeinprominenzen in anterolateralster Position dargestellt (gelb). Rote, sagittale Referenzlinie orthogonal zu lila, axialer Referenzlinie, verlaufend durch Vorderrand Foramen magnum (rot) und mittig durch Rostrum sphenoidale (grün). (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 4, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: farbige Pfeile ergänzt)*

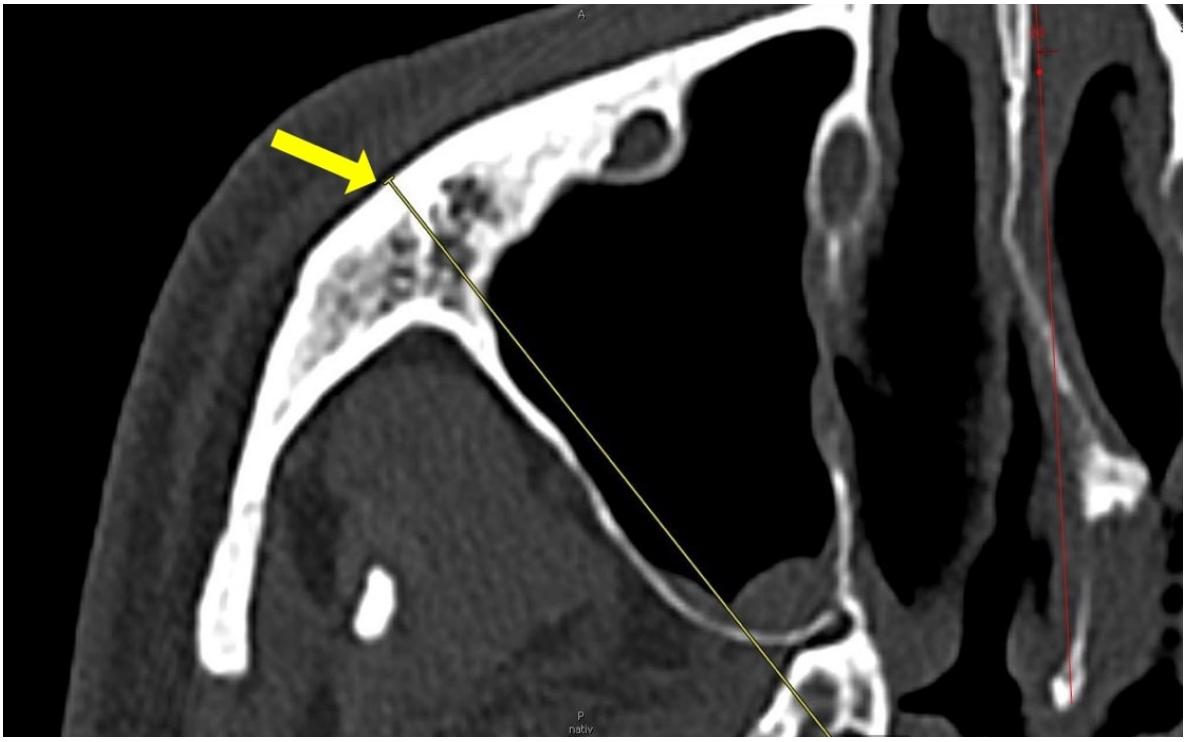


***Abbildung 7**: Anterolateralster Punkt der Jochbeinprominenz (gelb) als Referenzpunkt für die Vermessungen. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 5, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: Pfeil ergänzt, Bildausschnitt angepasst)*

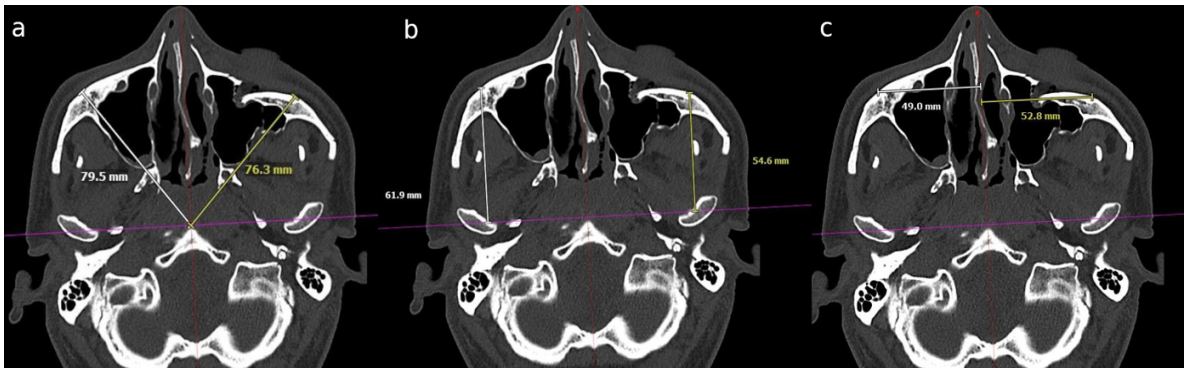


***Abbildung 8**: (**a**) Messung der Diagonalen von Jochbeinprominenz zum Schnittpunkt der Referenzlinien, (**b**) Messung der malaren Höhe von Jochbeinprominenz orthogonal bis zur axialen, lila Referenzlinie, (**c**) Messung der intermalaren Breite von Jochbeinprominenz orthogonal bis zur sagittalen, roten Referenzlinie. (Quelle: Unverändert übernommen aus [85], Fig. 6, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)*

2.5 Asymmetrieindex

Zur Quantifizierung der räumlichen Stellung des dislozierten Jochbeinkörpers vor und nach Reposition wurde ein Asymmetrieindex nach folgender Formel verwendet [39, 54, 58]:

$$\sqrt{(Dg - Df)^2 + (Hg - Hf)^2 + (Bg - Bf)^2}$$

D_g und D_f beschreiben hierbei die Diagonalen der gesunden, sowie der frakturierten Seite, H_g und H_f die entsprechenden malaren Höhen und B_g, sowie B_f die intermalaren Breiten. Der Asymmetrieindex wurde für den präoperativen als auch den intraoperativen CT-Scan berechnet.

2.6 Messung des Orbitavolumen

Das Orbitavolumen wurde mithilfe der in Kapitel 2.3 genannten Software bestimmt. Die krankenhausinterne Datenbank für röntgenologische Aufzeichnungen wurde für die Vermessungen mit der Software gekoppelt. Es wurden die gleichen CT-Bilder je Patient wie für die in Kapitel 2.4 beschriebenen Messungen verwendet. Die von der Fraktur betroffene Seite wurde im präoperativen und im intraoperativen CT-Scan vermessen. Zusätzlich dazu wurde das Orbitavolumen der gesunden Seite im intraoperativen Scan vermessen, um die Messungen an Bildern möglichst gleicher Auflösung zu gewährleisten.
Patientenfälle, bei denen die Orbita in einem der beiden Aufnahmen nicht komplett dargestellt war, wurden von dieser Messung ausgeschlossen. Dies betraf insgesamt 27 Patientenfälle, sodass schließlich 42 Patienten in Gruppe 1, sowie 20 Patienten in Gruppe 2 in die Analyse aufgenommen werden konnten.

Durch semiautomatische Volumenmessung wurde anhand planimetrischer Volumetrie die Orbita in den meisten Fällen durch die voreingestellten Algorithmen automatisch erkannt; falls erforderlich, wurde das entsprechende Segment manuell

nachbearbeitet. In wenigen Fällen wurde das Orbitavolumen von der Software fehlerhaft berechnet und musste vollständig manuell segmentiert werden.

Die anteriore Begrenzung wurde in der axialen Ansicht als eine Gerade zwischen der medialen und der lateralen knöchernen Orbitabegrenzung definiert (Abb. 9a). In der sagittalen Ansicht wurde die anteriore Begrenzung durch eine parabolische Kurve zwischen dem kranialen und dem kaudalen knöchernen Rand der Orbita definiert (Abb. 9d). Die Linie folgte dabei der parabolischen Form der lateralen knöchernen Begrenzung in der Sagittalansicht (Abb. 9e). Im Koronarschnitt wurde auf einen bündigen Abschluss des errechneten Orbitavolumens mit dem knöchernen Rahmen geachtet (Abb. 9c). Nach dorsal wurde die Orbita axial und sagittal trichterförmig entlang der knöchernen Begrenzungen ausgeweitet und im Bereich des *Canalis opticus* sowie der *Fissura orbitalis superior* gerade abgesetzt (Abb. 9f). Alle weiteren physiologischen Öffnungen der knöchernen Orbita wurden als plane Flächen überbrückt. Frakturspalten wurden durch eine Gerade zwischen den frakturierten Kanten geschlossen (Abb. 9b). Prolabiertes Weichgewebe im Bereich der Fraktur wurde dem Orbitavolumen hinzugerechnet. Nach der beschriebenen Systematik wurden alle Schichten in den drei Ebenen eingestellt und abschließend überprüft. Das Orbitavolumen wurde in Kubikzentimetern (cm^3) durch die Software berechnet und in die Tabelle übernommen.

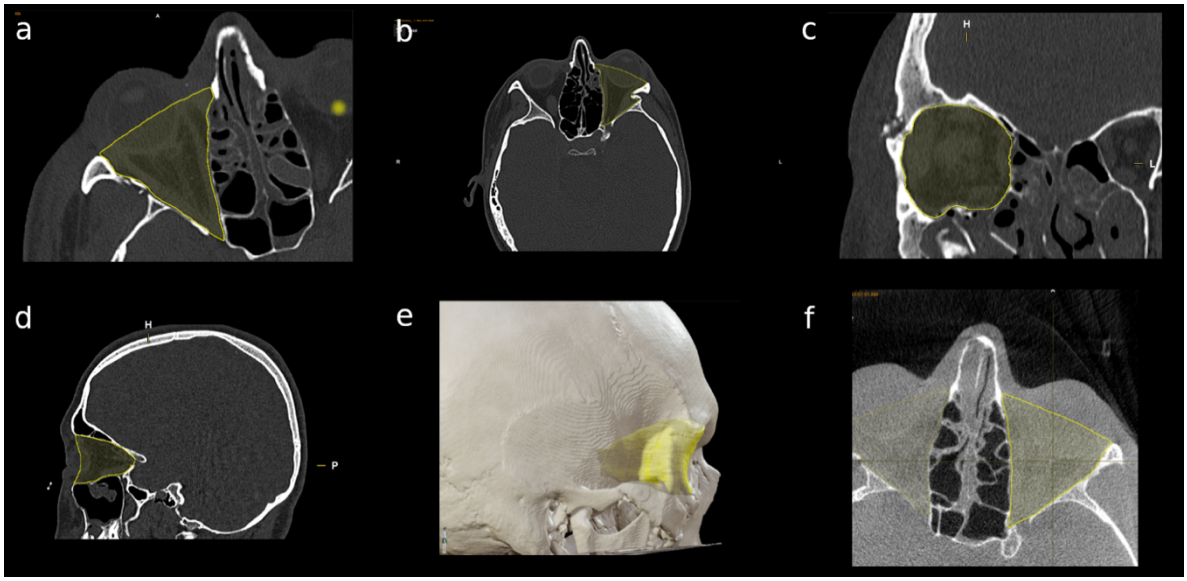


***Abbildung 9**: (**a**) Festlegung des Orbitavolumens anterior in der axialen Ansicht, (**b**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Bereich von Frakturspalten, Axialansicht, (**c**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Koronarschnitt, (**d**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Sagittalschnitt, (**e**) Festlegung der anterioren Orbitabegrenzung im 3D-Sagittalfenster, (**f**) Festlegung der posterioren Orbitabegrenzung im Axialschnitt. (Quelle: Unverändert übernommen aus [85], Fig.8, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)*

2.7 Statistische Verfahren

Die Verarbeitung, statistische Auswertung und grafische Darstellung der erhobenen Daten erfolgten unter Verwendung der Software R, Version 4.3.3 (R Core Team, Wien, Österreich), numiqo (DATAtab e.U., Graz, Österreich), Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) sowie LibreOffice Calc (The Document Foundation TDF, Berlin, Deutschland).

- Zur Überprüfung der Normalverteilung wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße der **Shapiro-Wilk-Test** herangezogen, da dieser im Vergleich zu anderen Testverfahren eine höhere Sensitivität aufweist. Dabei wurde gegen die Nullhypothese einer Normalverteilung getestet. Ein p-Wert < 0,05 spricht hierbei gegen eine Normalverteilung der Daten.
- Die Varianzhomogenität wurde mittels **Levene-Tests** geprüft. Ein p-Wert > 0,05 wurde so interpretiert, dass die Varianzen sich nicht signifikant unterscheiden.
- Zur Ermittlung signifikanter Unterschiede zwischen dichotomen Gruppen wurde bei normalverteilten kontinuierlichen Daten der **gepaarte t-Test** angewandt. Wiesen die Daten keine Normalverteilung auf, kam der **Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test** zum Einsatz.
- Für den Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Gruppen kam bei Normalverteilung der Daten die **Univariate Varianzanalyse (*ANOVA*)** zum Einsatz. Diese prüft, ob sich die Gruppenmittelwerte signifikant voneinander unterscheiden.
- Bei nicht normalverteilten Gruppen wurde der **Kruskal-Wallis-Test** verwendet. Dieser prüft Gruppenunterschiede anhand der Rangmittelwerte. Zeigte sich hierbei ein signifikanter Zusammenhang, erfolgte eine Post-hoc-Analyse mittels **Dunn-Bonferroni-Test**, um paarweise Gruppenvergleiche durchzuführen.

- Zur Prüfung von Unterschieden zwischen zwei unabhängigen und normalverteilten Gruppen kam der **Students t-Test** zum Einsatz. Die Effektstärke (d) wurde berechnet und nach *Cohen (1988)* wie folgt interpretiert [22]:
  - $r \approx 0{,}2$ = kleiner Effekt
  - $r \approx 0{,}5$ = mittlerer Effekt
  - $r \geq 0{,}8$ = großer Effekt
- Bei nicht normalverteilten Gruppen wurde der **Mann-Whitney-U-Test** eingesetzt. Hierzu wurde neben dem *p*-Wert zur Signifikanzprüfung der *U*-Wert angegeben. Er basiert auf den Rängen der Beobachtungswerte beider Gruppen und beschreibt, wie stark sich die Rangverteilungen beider Gruppen überlappen. Je kleiner der *U*-Wert, desto größer der Unterschied zwischen den Gruppen. Er lässt sich nicht einkategorisieren und ist u.a. abhängig von *n* und der Rangverteilung. Ergänzend wurde die zugehörige Effektstärke (*r*) berechnet und nach *Cohen (1988)* wie folgt interpretiert [22]:
  - $r < 0{,}1$ = kein bzw. sehr geringer Effekt
  - $r \approx 0{,}1$ = kleiner Effekt
  - $r \approx 0{,}3$ = mittlerer Effekt
  - $r \approx 0{,}5$ = großer Effekt
- *p*-Werte < 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet. Die Kennzeichnung des Signifikanzniveaus erfolgte nach folgender Konvention:
  - $p \leq 0{,}05$ → *
  - $p \leq 0{,}01$ → **
  - $p \leq 0{,}001$ → ***
- Normalverteilte kontinuierliche Variablen wurden als Mittelwert ± Standardabweichung (SD) angegeben, nicht-normalverteilte Variablen als Median und Interquartilsabstand (IQR). In Tabellen mit gemischten Variablen wurde zur besseren Vergleichbarkeit und aus Gründen der Übersichtlichkeit einheitlich Mittelwert (M) ± Standardabweichung (SD) angegeben. Diese wurden entsprechend gekennzeichnet. Die Auswahl der jeweiligen Testverfahren erfolgte jedoch entsprechend der zugrunde liegenden Verteilung.

2.8 Einsatz von Hilfsmitteln und Software

Bei der Erstellung dieser Arbeit wurden verschiedene Softwaretools sowie personelle Ressourcen zur Unterstützung der Recherche, Datenorganisation und zur Optimierung des Schreibprozesses eingesetzt, welche im Folgenden transparent dargestellt werden sollen.

Zur Verwaltung der im Inhaltsverzeichnis aufgeführten Quellen sowie zur automatisierten Erstellung von Zitaten wurde das Literaturverwaltungsprogramm Zotero (Corporation for Digital Scholarship, Version 7.0.30) verwendet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Unterstützung von Herrn Dr. Dr. Johannes Schulze.

Zur sprachlichen Überarbeitung einzelner Textzeilen wurde die KI-gestützte Anwendung ChatGPT (OpenAI) unterstützend eingesetzt.

Darüber hinaus wurde die Dissertation von mehreren Personen korrekturgelesen.

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeine deskriptive Statistik

Entsprechend des Studiendesigns konnten insgesamt 89 Patientenfälle mit unilateraler Jochbeinfraktur über den Beobachtungszeitraum März 2019 bis Dezember 2024 eingeschlossen werden. Die Beschreibung der demografischen Daten, den anamnestisch erhobenen allgemeinen Patientendaten und den Daten über den Zahnstatus bezieht sich auf das gesamte Patientenkollektiv (*n*=89). Für die Beschreibung der unfallbezogenen Daten, der speziellen Anamnesedaten, der operationsbezogenen Daten, der Verlaufsdaten, sowie der Ergebnisse der in dieser Arbeit präsentierten Forschungsergebnisse, wird das gesamte Patientenkollektiv in die zwei untersuchten Gruppen unterteilt. Das als Gruppe 1 bezeichnete Kollektiv beschreibt hierbei die nach der *Einpfeiler-Methode* (*1-Point Fixation*) operierten Patienten (*n*=62), Gruppe 2 diejenigen, welche nach der *Mehrpfeiler-Methode* (*Multiple-Point Fixation*) operiert wurden (*n*=27).

3.1.1 Demografische Daten

Patientengeschlecht

Von den 89 in die Studie eingeschlossenen Patienten waren 73,0 % (*n*=65) mit männlichem Geschlecht und 27,0 % (*n*=24) mit weiblichem Geschlecht dokumentiert, was ein Verhältnis M:W von 2,71:1 ergab. Das dritte Geschlecht war hierbei für keinen Patienten dokumentiert (0,0 %; *n*=0).

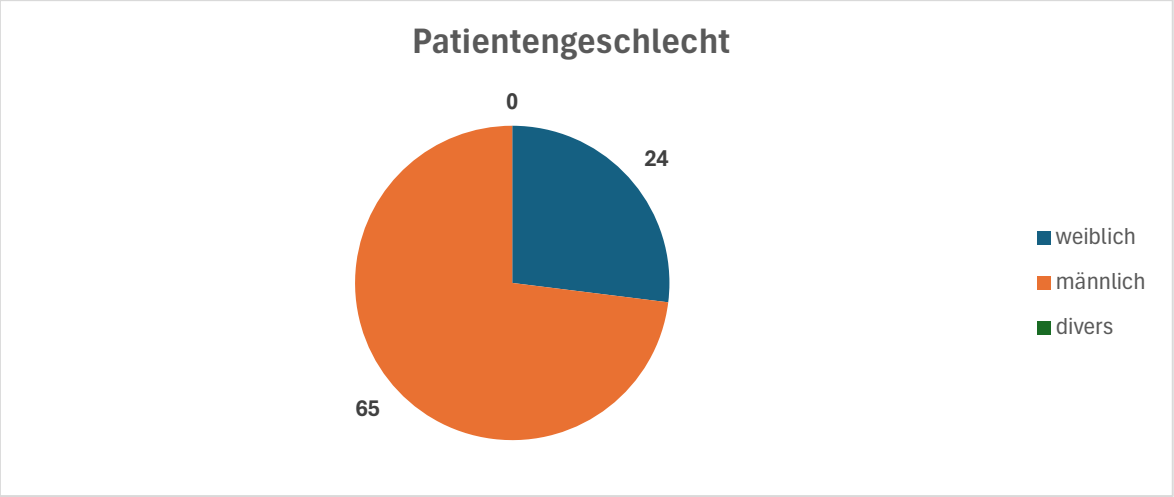


***Abbildung 10**: Verteilung der dokumentierten Patientengeschlechter innerhalb des gesamten Patientenkollektivs (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Patientenalter

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation betrug im Mittel 43,0 Jahre ± 17,4 Jahre (Standardabweichung), mit einem Minimum von 12,9 Jahren und einem Maximum von 88,0 Jahren. Zur übersichtlichen Darstellung der Altersverteilung wurden die Patienten in drei vorab definierte Altersgruppen von < 30 Jahren, 30-50 Jahren und > 50 Jahren eingeteilt. Für das Patientenkollektiv ergab sich somit eine Verteilung von (*n*=26) für die Gruppe < 30 Jahre, (*n*=29) für die Gruppe 30-50 Jahre und (*n*=34) für die Gruppe > 50 Jahre. Somit waren die meisten Patienten > 50 Jahre alt.

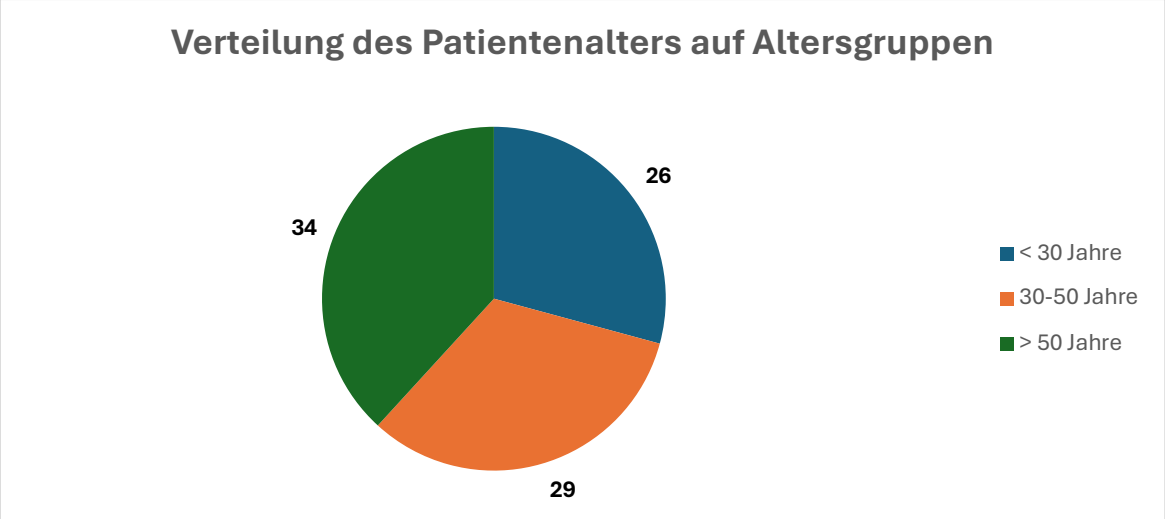


***Abbildung 11**: Verteilung der zum Zeitpunkt der Operation erfassten Patientenalter, unterteilt in die drei Altersgruppen. Gesamtes Patientenkollektiv (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.2 Daten der Allgemeinanamnese

Im Folgenden wurden die in Kapitel 2.3 beschriebenen Daten der Allgemeinanamnese grafisch zusammengefasst dargestellt. Von den 89 erfassten Patienten waren 46,1 % (*n*=41) Raucher und 53,9 % (*n*=48) Nichtraucher. Diabetes mellitus war bei Aufnahme bei 5,6 % (*n*=5) der Patienten bekannt, wohingegen 94,4 % (*n*=84) keine Diabetes mellitus Erkrankung angaben. Die Drogenanamnese war bei 3,4 % (*n*=3) Patienten positiv, bei 96,6 % (*n*=86) war sie negativ. Beschriebene kardiovaskuläre Risikofaktoren waren bei 56,2 % (*n*=50) vorhanden, bei 43,8 % (*n*=39) waren anamnestisch keine entsprechenden CVRF vorhanden. 6,7 % (*n*=6) der Patienten nahmen zum Zeitpunkt der Aufnahme Immunsuppressiva ein, wohingegen 93,3 % (*n*=83) keine Immunsuppressiva einnahmen.

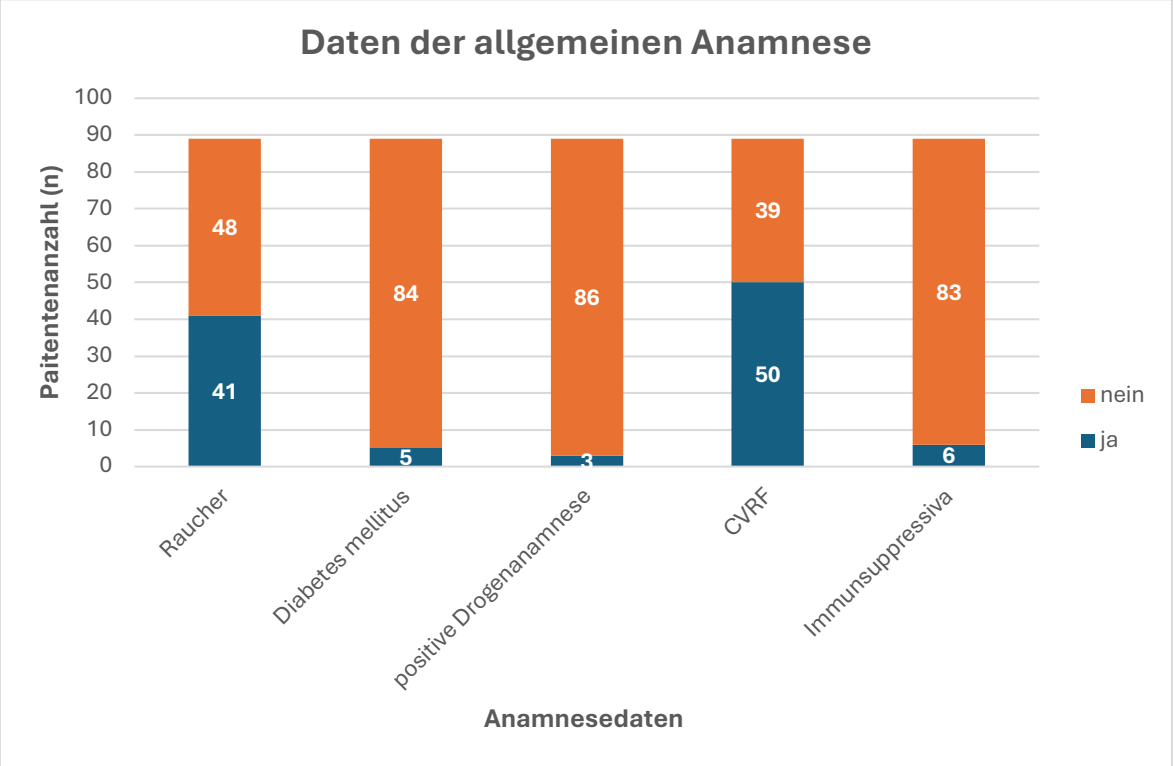


***Abbildung 12**: Grafische Zusammenfassung der allgemeinen Anamnesedaten des gesamten Patientenkollektivs (n=89). Auf der x-Achse sind die jeweiligen Anamnesepunkte aufgeführt. Die Balken spiegeln die Verteilung innerhalb des Gesamtkollektivs wider. Der blaue Balkenanteil beschreibt den Teil der Patienten mit einem positiven Befund in der Anamnese, der orangene Balkenpart den Anteil der Patienten mit einem negativen Anamnesebefund. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.3 Zahnstatus

Der Zahnstatus wurde ebenfalls nach den in Kapitel 2.3 beschriebenen Kriterien in drei Kategorien eingeteilt. Hierbei hatten 13,5 % (*n*=12) einen schlechten, 51,7 % (*n*=46) einen moderaten und 34,8 % (*n*=31) einen guten Zahnstatus.

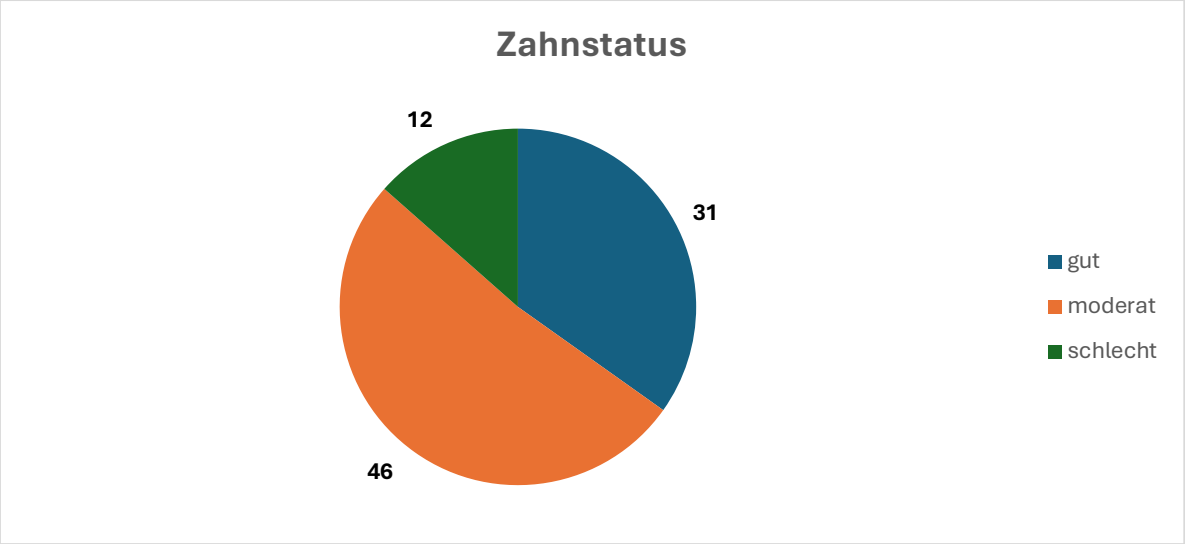


***Abbildung 13**: Verteilung der drei vorab definierten Zahnstatus innerhalb des gesamten Patientenkollektivs (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.4 Unfallbezogene Daten

Unfallursache

In beiden Patientengruppen waren Fahrradstürze und Gewaltdelikte die häufigsten Ursachen für das Auftreten von Jochbeinfrakturen. In Gruppe 1 waren Fahrradstürze mit einem Anteil von 24,2 % (*n*=15) die häufigste Unfallursache, gefolgt von Gewaltdelikten mit 19,4 % (*n*=12) und Sportunfällen mit einem Anteil von 17,7 % (*n*=11). In Gruppe 2 war die Häufigkeit der Unfallursachen anders verteilt. Hier waren Gewaltdelikte mit 33,3 % (*n*=9) die häufigste und Fahrradstürze mit 29,6 % (*n*=8) die zweithäufigste Ursache. Die nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zeigen die Verteilung der Unfallursachen innerhalb der beiden Gruppen.

Tabelle 1: *Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Unfallursachen innerhalb des Patientenkollektivs (n=62) der Gruppe 1. Fett markiert hebt hier die Unfallursache ‚Fahrradsturz' heraus, welche in dieser Gruppe den größten Anteil ausmachte. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Unfallursache	**Einpfeiler (Gruppe 1)**	
	n	*%*
Stolpersturz	4	6,5 %
Höhensturz	0	0,0 %
Treppensturz	1	1,6 %
Verkehrsunfall	6	9,7 %
Fahrradsturz	**15**	**24,2 %**
Epileptischer Anfall	1	1,6 %
Synkope	0	0,0 %
Gewalt	12	19,4 %
Sportunfall	11	17,7 %
Sturz nach Alkoholkonsum	6	9,7 %
Pathologische Fraktur	0	0,0 %
Iatrogene Fraktur	0	0,0 %
Sonstige	6	9,7 %
Total	62	100 %

Tabelle 2: *Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Unfallursachen innerhalb des Patientenkollektivs (n=27) der Gruppe 2. Fett markiert ist hier die Unfallursache ‚Gewalt', welche als häufigste Ursache in dieser Gruppe auftrat. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Unfallursache	**Mehrpfeiler (Gruppe 2)**	
	n	%
Stolpersturz	2	7,4 %
Höhensturz	1	3,7 %
Treppensturz	1	3,7 %
Verkehrsunfall	0	0,0 %
Fahrradsturz	8	29,6 %
Epileptischer Anfall	0	0,0 %
Synkope	2	7,4 %
Gewalt	**9**	**33,3 %**
Sportunfall	1	3,7 %
Sturz nach Alkoholkonsum	1	3,7 %
Pathologische Fraktur	0	0,0 %
Iatrogene Fraktur	0	0,0 %
Sonstige	2	7,4 %
Total	27	100,0 %

Frakturseite

Für Gruppe 1 zeigte sich eine recht ausgeglichene Verteilung zwischen den von der Fraktur betroffenen Seiten. Bei 48,4 % (*n*=30) der Patienten war die rechte Seite, bei 51,6 % (*n*=32) die linke Seite betroffen. In Gruppe 2 gab es eine Tendenz zur linken Seite, welche in 63,0 % (*n*=17) der Patientenfälle betroffen war, wohingegen die rechte Seite in lediglich 37,0 % (*n*=10) der Fälle frakturiert war.

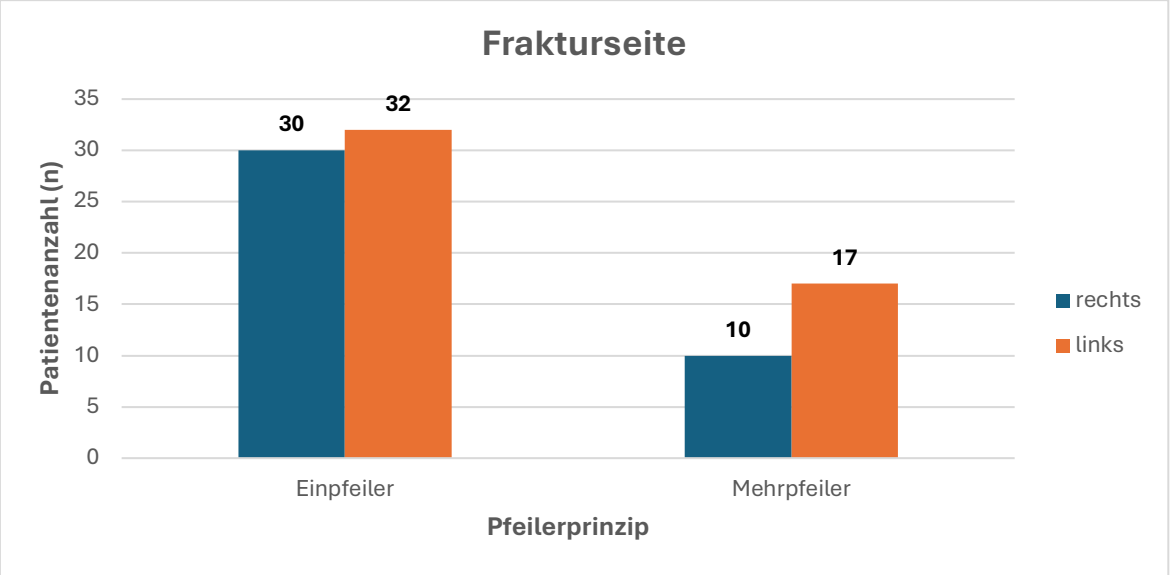


***Abbildung 14**: Übersicht über die frakturierten Seiten innerhalb der beiden Patientengruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Frakturklassifikation

Innerhalb des Patientenkollektivs der Gruppe 1 (*n*=62) war die Fraktur vom Typ A mit einem prozentualen Anteil von 46,8 % (*n*=29) am häufigsten, die Fraktur vom Typ B mit 30,6 % (*n*=19) am zweithäufigsten, und die Frakturklassifikation Typ C mit 22,6 % (*n*=14) am dritthäufigsten vertreten. In Gruppe 2 (*n*=27) hingegen war der prozentuale Anteil an Typ A Frakturen mit 14,8 % (*n*=4) deutlich geringer. Die häufigste Kategorie waren Frakturen vom Typ B mit 44,4 % (*n*=12), gefolgt von Typ C Frakturen mit einem Anteil von 40,7 % (*n*=11).

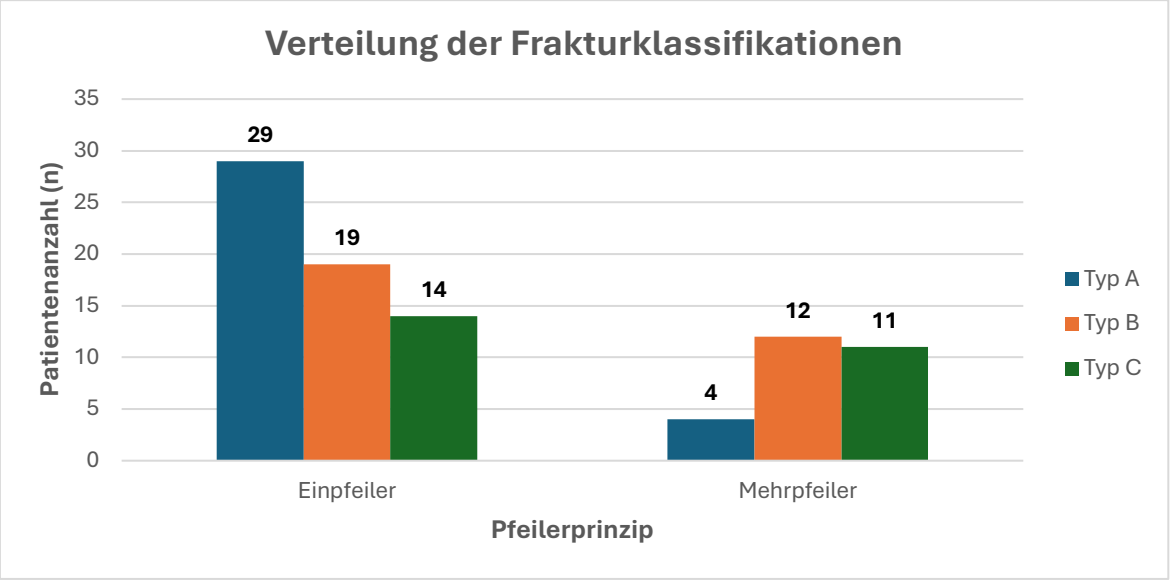


***Abbildung 15**: Verteilung der Frakturklassifikationen innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung, unterteilt in Typ A, Typ B und Typ C, in Gruppe 1 (n=62) an, die rechte Säulengruppe die entsprechende Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Anzahl der betroffenen Suturen

In 46,8 % (*n*=29) der Fälle in Gruppe 1, sowie in 59,3 % (*n*=16) der Fälle in Gruppe 2 waren alle fünf Suturen von der Fraktur betroffen, womit dies in beiden Gruppen auch das häufigste Frakturmuster darstellte. Das unisuturale Frakturmuster hingegen war in beiden Gruppen jenes Muster, das am seltensten auftrat. Nur ein Patientenfall, was einem Anteil von 1,6 % (*n*=1) am Patientenkollektiv der Gruppe 1 entspricht, war hiervon betroffen. In Gruppe 2 (*n*=27) gab es keinen entsprechenden Patientenfall (0,0 %; *n*=0). Die weitere Verteilung der betroffenen Suturen innerhalb der beiden Patientengruppen ist in der nachfolgenden Abbildung grafisch dargestellt.

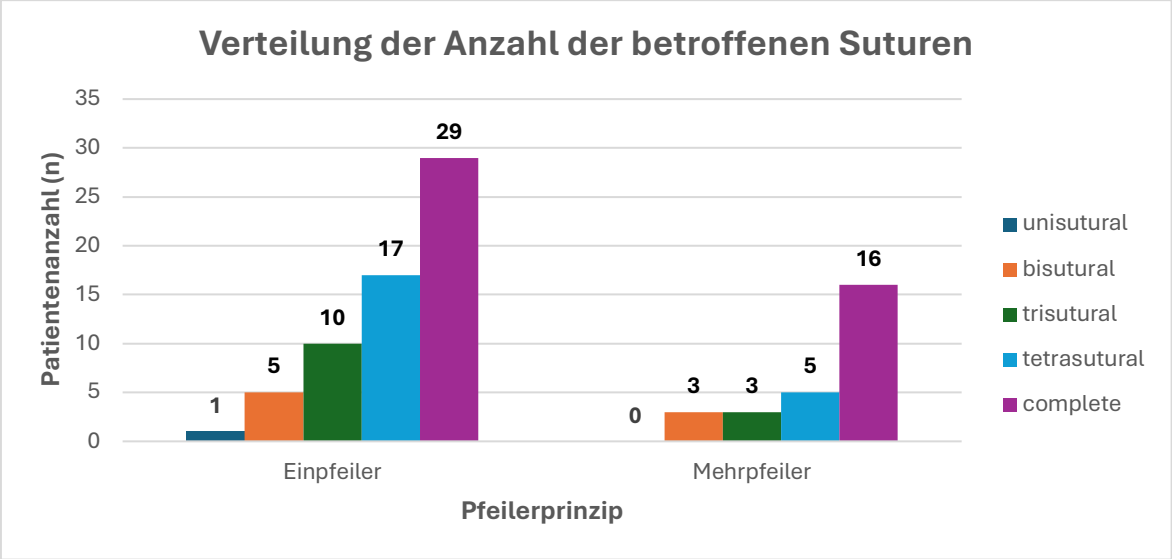


***Abbildung 16**: Verteilung der Anzahl der betroffenen Suturen innerhalb der beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27) an. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Fraktur des paranasalen Pfeilers

In Gruppe 1 (*n*=62) war in 9,6 % (*n*=6) der Fälle der paranasale Pfeiler mitfrakturiert, bei 90,3 % (*n*=56) war dieser intakt. In Gruppe 2 (*n*=27) war er in 29,6 % (*n*=8) der Fälle mitfrakturiert und in 70,4 % (*n*=19) der Fälle intakt.

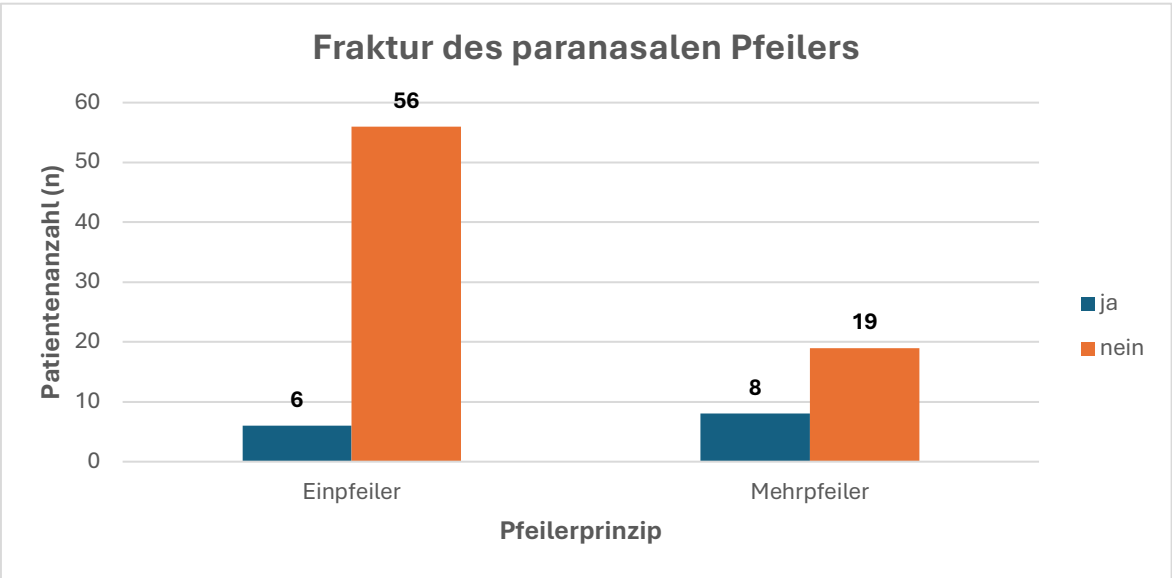


***Abbildung 17**: Übersicht über die Verteilung der Patientenfälle (n) bei welchen der paranasale Pfeiler mitfrakturiert war. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Fallverteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.5 Daten der speziellen Anamnese

Vigilanz bei Erstaufnahme

Hinsichtlich der Vigilanz bei Erstaufnahme im Bundeswehrkrankenhaus Ulm gab es lediglich einen Patientenfall (1,6 %; *n*=1) innerhalb der Gruppe 1, bei welchem der Patient intubiert-beatmet war. Die restlichen 98,4 % (*n*=61) der Patienten in Gruppe 1, sowie das gesamte Patientenkollektiv der Gruppe 2 (100,0 %; *n*=27) war bei Aufnahme wach.

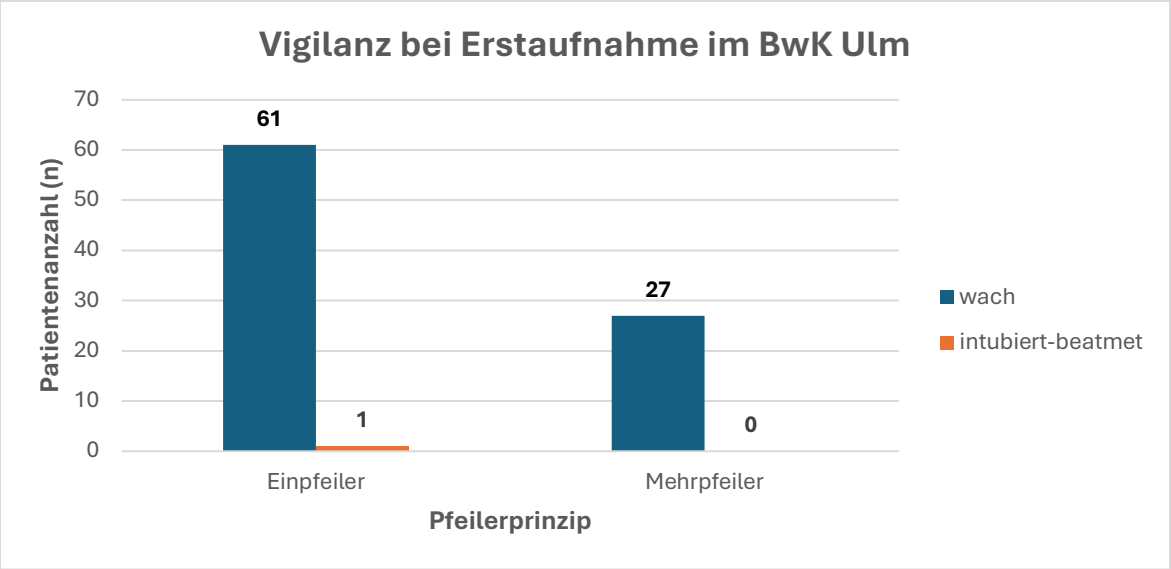


***Abbildung 18**: Übersicht über die Vigilanz bei Erstaufnahme im Bundeswehrkrankenhaus Ulm innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Präoperative Hypästhesie des *N. infraorbitalis* (V2)

Eine Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (V2) war präoperativ in 64,5 % (*n*=40) der Fälle in Gruppe 1 feststellbar. 32,3 % (*n*=20) der Patienten hatten keine Hypästhesie und in 3,2 % (*n*=2) der Fälle war dies nicht beurteilbar. Eine ähnliche Verteilung fand sich auch in Gruppe 2 (*n*=27). Hier waren 70,4 % (*n*=19) der Patienten von einer präoperativ bestehenden Hypästhesie betroffen, bei 25,9 % (*n*=7) konnte keine Hypästhesie festgestellt werden und in 3,7 % (*n*=1) der Fälle war dieser Punkt nicht beurteilbar.

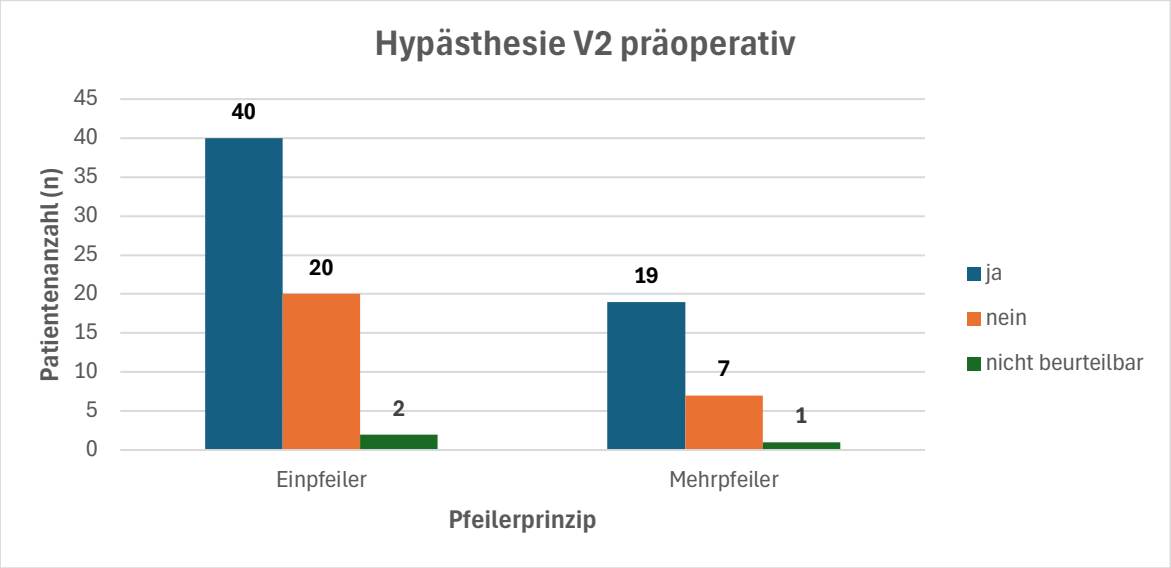


***Abbildung 19**: Übersicht über die Verteilung einer präoperativ feststellbaren Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des N. infraorbitalis (V2), unterteilt in die beiden beschriebenen Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Objektive Okklusionsstörung präoperativ

Eine präoperativ objektivierbare Okklusionsstörung lag in beiden Gruppen in nur wenigen Fällen vor. 6,5 % (*n*=4) in Gruppe 1 (*n*=62), sowie 7,4 % (*n*=2) in Gruppe 2 (*n*=27) waren hiervon betroffen. Bei 91,9 % (*n*=57) der Patienten in Gruppe 1 war keine Okklusionsstörung objektivierbar und in einem Fall 1,6 % (*n*=1) nicht beurteilbar. In Gruppe 2 lag in den restlichen 92,6 % (*n*=25) der Fälle keine objektivierbare Okklusionsstörung vor.

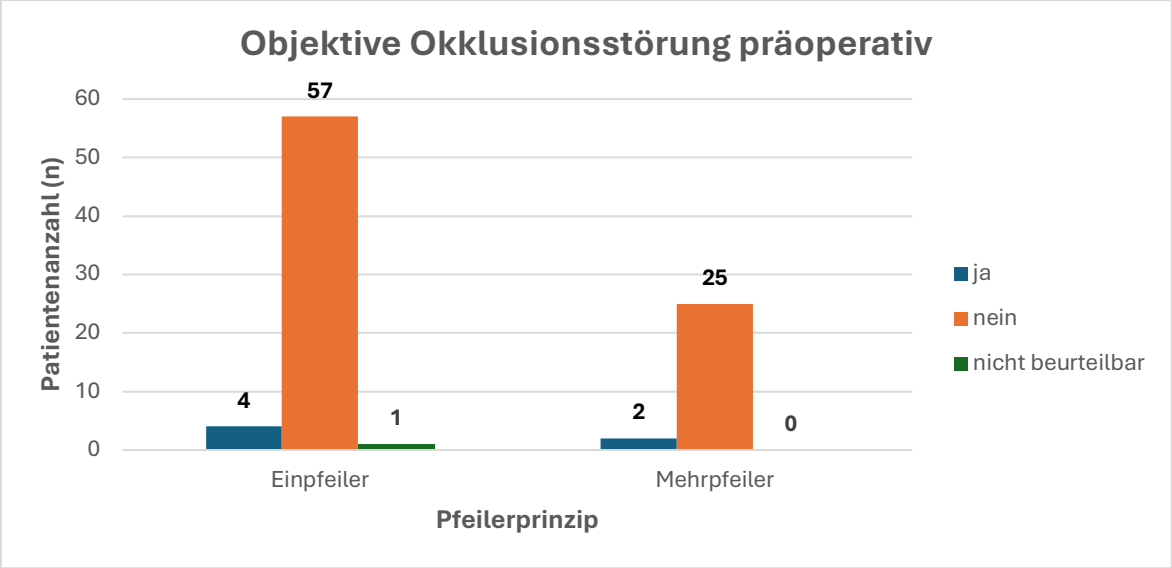


***Abbildung 20**: Übersicht über das Vorliegen einer präoperativen, objektivierbaren Okklusionsstörung, aufgeteilt in die beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung in Gruppe 1 (n=62), die Säulengruppe rechts die entsprechende Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

<u>Offener Biss präoperativ</u>

Ein präoperativ offener Biss war ebenfalls in nur wenigen Fällen vorhanden. In Gruppe 1 waren 3,2 % (*n*=2) der Patienten betroffen und 95,2 % (*n*=59) nicht betroffen. 1,6 % (*n*=1) der Patienten war dahingehend nicht beurteilbar. In Gruppe 2 (*n*=27) hatten 3,7 % (*n*=1) einen offenen Biss präoperativ, die restlichen 96,3 % (*n*=26) nicht.

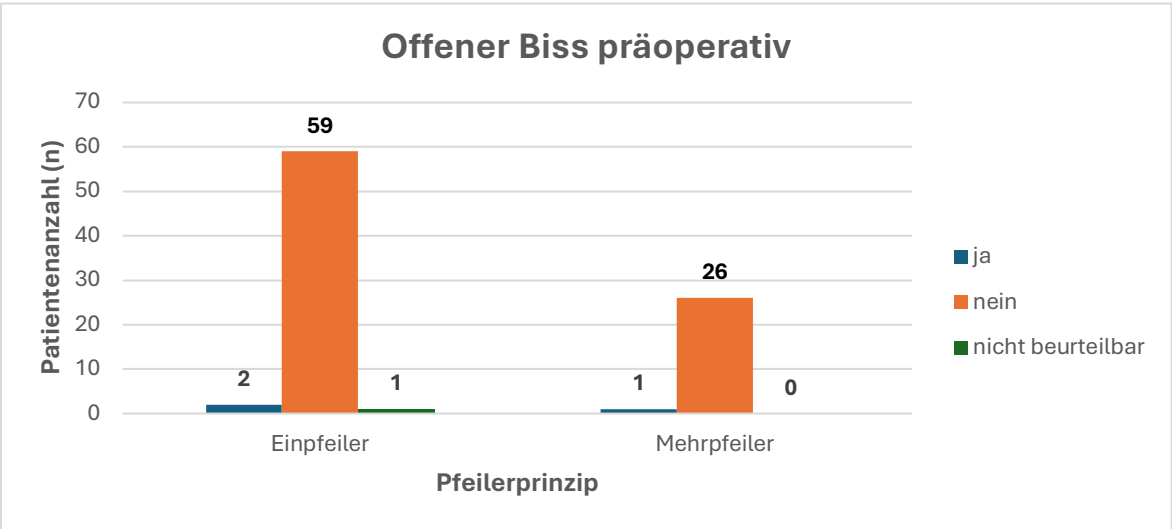


***Abbildung 21**: Übersicht über das präoperative Vorhandensein eines offenen Bisses, aufgeteilt auf die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) auf, die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.6 Operationsbezogene Daten

Intervall Unfall bis Operation

Die verstrichene Zeit zwischen Unfalltag und dem Tag der operativen Versorgung ist in Tabelle 3 dargestellt. Hier zeigt sich ein mittleres Intervall von 4,73 Tagen ± 3,08 Tagen (Standardabweichung) innerhalb der Gruppe 1, mit einem Minimum von 0 Tagen und einem Maximum von 13 Tagen. In Gruppe 2 (*n*=27) dauerte es im Mittel 6,11 Tage ± 3,72 Tage (Standardabweichung) bis die Fraktur operativ versorgt wurde. Hierbei ergab sich ein Minimum von 1 Tag und ein Maximum von 14 Tagen.

Tabelle 3: *Übersicht über die mittlere Intervalldauer ± Standardabweichung in Tagen zwischen Unfalltag und Operationstag, unterteilt in die beiden untersuchten Patientengruppen. Zudem Angabe des minimalen und maximalen Intervalls in Tagen je Patientengruppe (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

statistische Kennzahl	**Intervall Unfallzeitpunkt bis Operation**	
	Einpfeiler	*Mehrpfeiler*
Patientenanzahl (n)	62	27
Mittelwert	4,73	6,11
Standardabweichung	3,08	3,72
Minimum	0	1
Maximum	13	14

Qualifikation Operateur

In Gruppe 1 (*n*=62) wurden die Operationen in 61,3 % (*n*=38) der Fälle durch einen Assistenzarzt und in 38,7 % (*n*=24) der Fälle durch einen Facharzt durchgeführt. In Gruppe 2 (*n*=27) wurden die Operationen hingegen häufiger von Fachärzten durchgeführt, nämlich in 55,6 % (*n*=15) der Fälle. Assistenzärzte operierten in dieser Gruppe in 44,4 % (*n*=12) der Fälle.

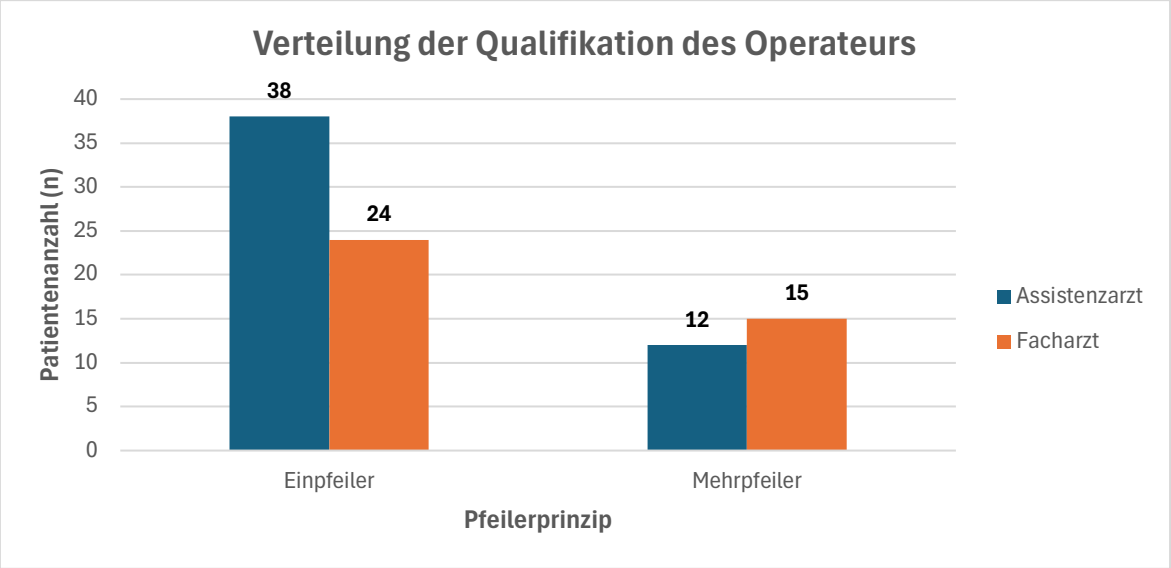


***Abbildung 22**: Übersicht über die Verteilung der Qualifikation der operierenden Ärzte, unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) auf, die rechte Säulengruppe die Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Operationsdauer

Die Dauer der Operation wird für beide Gruppen einmal als unbereinigte Gesamtoperationszeit angegeben und einmal als bereinigte Nettooperationszeit, wobei hier die Patientenfälle nicht beachtet wurden, bei welchen im Zuge der Operation Begleitverletzungen versorgt wurden und somit die isolierte Operationszeit für die Versorgung der Jochbeinfraktur nicht mehr feststellbar war. Die Gesamtoperationszeit der Gruppe 1 (*n*=62) belief sich im Mittel auf 68,06 Minuten ± 31,83 Minuten (Standardabweichung), wobei die mediane Gesamtoperationszeit 57 Minuten betrug. In Gruppe 1 wurden in 10 Patientenfällen zusätzliche Begleitverletzungen versorgt, somit ergab sich für die restlichen Fälle (*n*=52) eine bereinigte Nettooperationszeit von im Mittel 57,75 Minuten ± 16,67 Minuten (Standardabweichung), mit einem Minimum von 33 Minuten und einem Maximum von 104 Minuten. In der Gruppe 2 (*n*=27) war die mittlere, unbereinigte Gesamtoperationszeit bei 117,15 Minuten ± 58,91 Minuten (Standardabweichung) mit einer medianen Gesamtoperationszeit von 99 Minuten. Bei fünf Patientenfällen wurden Begleitverletzungen versorgt, somit ergab sich für die restlichen isolierten Jochbeinfraktur-Operationen eine bereinigte Nettooperationszeit von im Mittel 97,95

Minuten ± 33,49 Minuten (Standardabweichung) mit einem Minimum von 55 Minuten und einem Maximum von 174 Minuten.

***Tabelle 4**: Übersicht über die erhobenen Operationszeiten, aufgeteilt in Gesamt OP-Zeit und Netto OP-Zeit und jeweils wiederum aufgeteilt in die beiden Patientengruppen. Gesamt OP-Zeit schließt je Gruppe alle Patientenfälle (n) ein, unabhängig von der gleichzeitigen operativen Versorgung von Begleitverletzungen. Die Netto OP-Zeit betrachtet nur die Fälle (n), in welchen ausschließlich die unilaterale Jochbeinfraktur operativ versorgt wurde. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

statistische Kennzahl	**Gesamt OP-Zeit**		**Netto OP-Zeit**	
	Einpfeiler	*Mehrpfeiler*	*Einpfeiler*	*Mehrpfeiler*
Patientenanzahl (n)	62	27	52	22
Mittelwert	68,06	117,15	57,75	97,95
Standardabweichung	31,83	58,91	16,67	33,49
Minimum	33	55	33	55
Median	57	99	55	90
Maximum	169	306	104	174

Plattendesign

In Gruppe 1 (*n*=62) wurden in 96,8 % (*n*=60) der Fälle das System MatrixMIDFACE™ Plating System (DePuy Synthes/ Johnson & Johnson MedTech, Massachusetts, USA) und in 3,2 % (*n*=2) der Fälle das System LevelOne Midface (KLS Martin Group SE & Co. KG, Tuttlingen, Deutschland) verwendet. Eine ähnliche Verteilung fand sich auch in Gruppe 2 (*n*=27), in welcher 96,3 % (*n*=26) der Patienten mit Osteosyntheseplatten des Systems MatrixMIDFACE™ Plating System und 3,7 % (*n*=1) mit dem LevelOne Midface System versorgt wurden.

In Gruppe 1 wurden insgesamt 82 Osteosyntheseplatten (*n*=82) verwendet, wovon mit einem Anteil von 36,6 % (*n*=30) die 7-Loch Platte die gängigste verwendete Plattenlänge war. Ferner waren in dieser Gruppe 53,7 % (*n*=44) der Platten L-förmig. In Gruppe 2 wurden insgesamt 72 Osteosyntheseplatten (*n*=72) bei den Operationen verwendet, wobei hier mit einem Anteil von 25,0 % (*n*=18) die 5-Loch Platte die am häufigsten verwendete Plattenlänge darstellt. Mit rund 52,8 % (*n*=38) war hier die gebogene Platte die am häufigsten verwendete Form. Die folgende Abbildung 23,

sowie die beiden Tabellen 5 und 6 geben einen detaillierten Überblick über die verwendeten Plattendesigns.

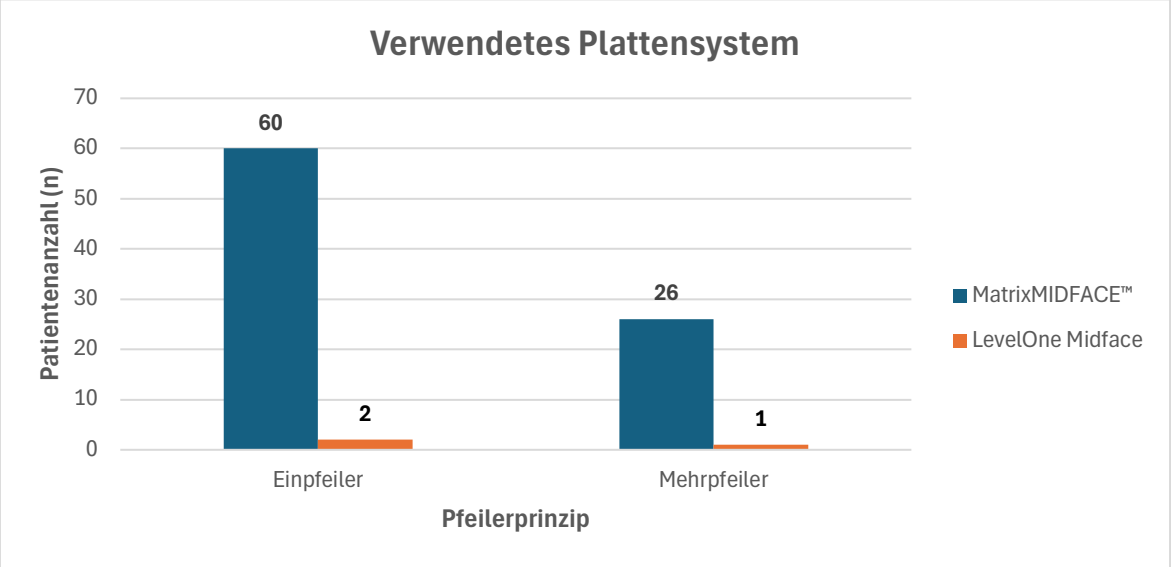


***Abbildung 23**: Übersicht über die verwendeten Plattensysteme im Rahmen der Operationen. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

***Tabelle 5**: Verteilung der verwendeten Plattenlängen innerhalb der beiden untersuchten Gruppen. Es wird die Plattenanzahl (n) pro Gruppe aufgezeigt, sowie der Anteil in % an allen innerhalb der Gruppe verwendeten Plattenlängen. Fett hervorgehoben sind die je Gruppe am häufigsten verwendeten Plattenlängen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Plattenlänge	**Einpfeiler**		**Mehrpfeiler**	
	n	*%*	*n*	*%*
4-Loch	2	2,4 %	12	16,7 %
5-Loch	17	20,7 %	**18**	**25,0 %**
6-Loch	13	15,9 %	11	15,3 %
7-Loch	**30**	**36,6 %**	13	18,1 %
8-Loch	9	11,0 %	7	9,7 %
9-Loch	8	9,8 %	4	5,6 %
10-Loch	2	2,4 %	4	5,6 %
11-Loch	0	0,0 %	3	4,2 %
12-Loch	1	1,2 %	0	0,0 %
Total	82	100,0 %	72	100,0 %

***Tabelle 6**: Verteilung der verwendeten Plattentypen innerhalb der beiden untersuchten Gruppen. Es wird die Plattenanzahl (n) pro Gruppe aufgezeigt, sowie der Anteil in % an allen innerhalb der Gruppe verwendeten Plattentypen. Fett hervorgehoben sind die je Gruppe am häufigsten verwendeten Plattentypen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Plattentyp	**Einpfeiler**		**Mehrpfeiler**	
	n	*%*	*n*	*%*
Gerade	7	8,5 %	15	20,8 %
L-förmig	**44**	**53,7 %**	18	25,0 %
Gebogen	29	35,4 %	**38**	**52,8 %**
X-Platte	2	2,4 %	0	0,0 %
Gitterplatte	0	0,0 %	1	1,4 %
Total	82	100,0 %	72	100,0 %

Anzahl der verwendeten Osteosyntheseplatten

Bei den Patienten der Gruppe 1 (*n*=62) wurde in 71,0 % (*n*=44) der Fälle eine Platte angebracht, in 25,8 % (*n*=16) der Fälle zwei Platten. In 3,2 % (*n*=2) der Fälle wurden drei Platten gesetzt. Vier oder fünf Platten kamen innerhalb dieser Gruppe nicht zur Anwendung. Bei den Patienten der Gruppe 2, welche nach der *Mehrpfeiler-Methode* versorgt wurden, wurden mit 51,9 % (*n*=14) am häufigsten zwei Platten zur Frakturversorgung benutzt. In 33,3 % (*n*=9) wurden drei Platten verwendet, in 11,1 % (*n*=3) vier Platten und in 3,7 % (*n*=1) der Fälle fünf Platten. Das Anbringen von nur einer Platte war in dieser Gruppe aufgrund des Prinzips der Mehrpfeilerversorgung und der damit verbundenen Osteosynthese mit mindestens zwei Platten ausgeschlossen.

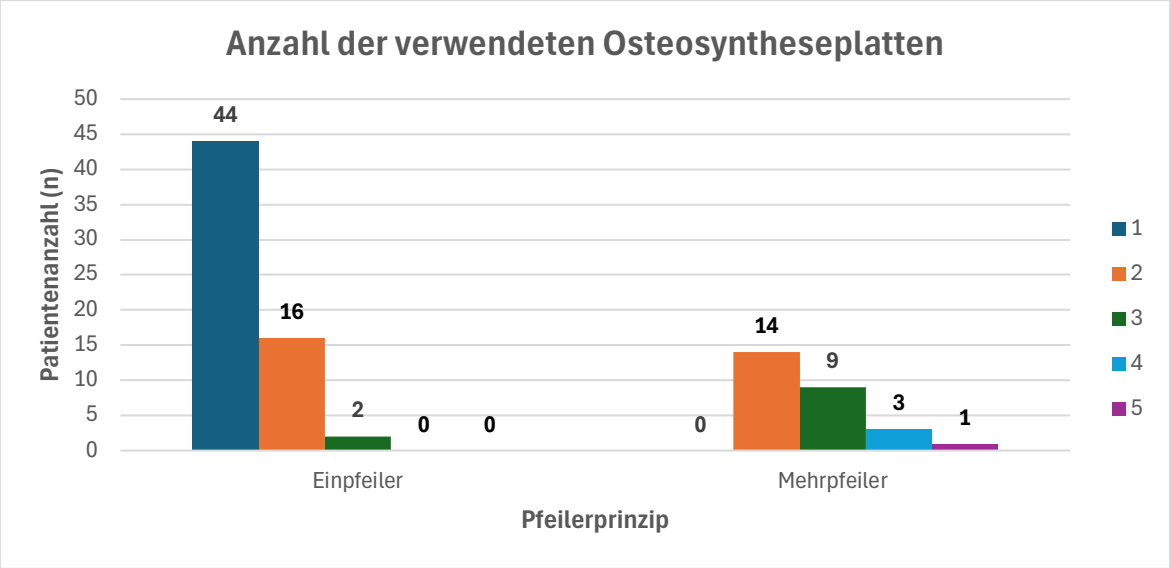


***Abbildung 24**: Übersicht über die Stückanzahl der verwendeten Osteosyntheseplatten pro Patientenfall (n), unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt hierbei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Befestigung am paranasalen Pfeiler

In 82,3 % (*n*=51) der Patientenfälle der Gruppe 1 (*n*=62) wurde keine Osteosyntheseplatte am paranasalen Pfeiler befestigt. In 17,7 % (*n*=11) Fällen hingegen schon. Innerhalb der Gruppe 2 war die Verteilung wesentlich ausgeglichener. Hier wurde in 55,6 % (*n*=15) der Fälle keine Platte paranasal verschraubt, in 44,4 % (*n*=12) der Fälle wurde eine Platte am paranasalen Pfeiler befestigt.

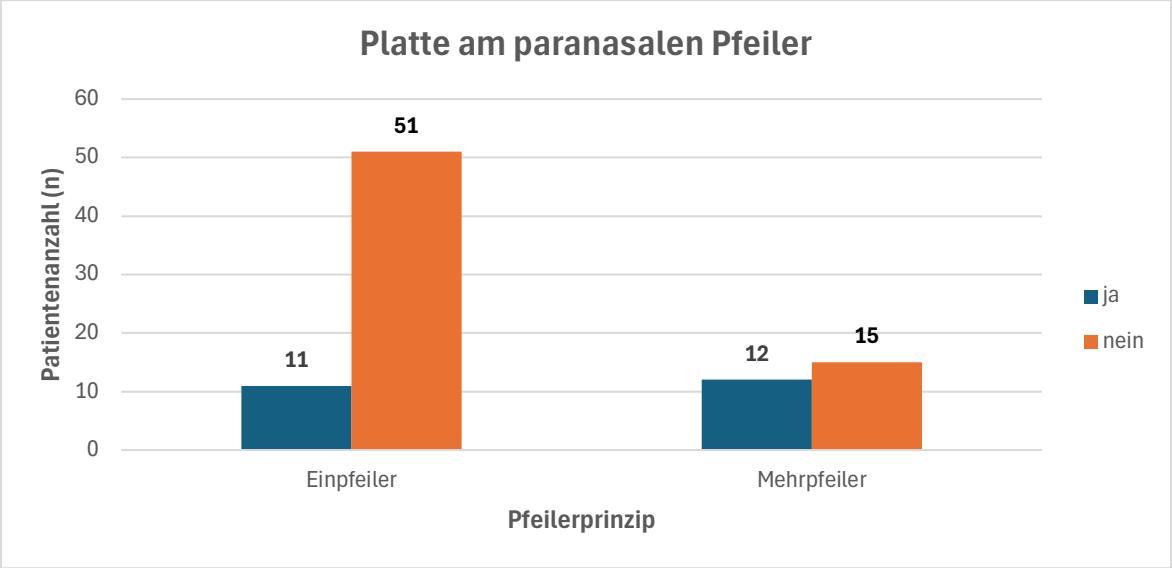


***Abbildung 25**: Übersicht über die Anzahl der Fälle, in welchen eine Osteosyntheseplatten am paranasalen Pfeiler befestigt wurde, aufgeteilt in die beiden Gruppen. Die linke Säulengruppe beschreibt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Lokalisation der Osteosyntheseplatten

Bei allen Fällen der Gruppe 1 (*n*=62) wurden die insgesamt 82 verwendeten Osteosyntheseplatten im Bereich der *Crista zygomaticoalveolaris* angebracht. In Gruppe 2 (*n*=27) wurden insgesamt 72 Osteosyntheseplatten zur Fixation verwendet. Hierbei wurden 54,2 % (*n*=39) der Platten im Bereich der *Crista zygomaticoalveolaris* angebracht, 23,6 % (*n*=17) am Infraorbitalrand und am dritthäufigsten, mit 22,2 % (*n*=16) am Lateroorbitalrand. Die folgende Tabelle 7 gibt hierzu eine detaillierte Übersicht.

***Tabelle 7**: Übersicht über die Verteilung der Lokalisationen der Osteosyntheseplatten, unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Es werden für beide Gruppen zum einen die Plattenanzahl (n) sowie der Anteil in % je Gruppe und Lokalisationsort angegeben. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Lokalisation der Osteosyntheseplatte	**Einpfeiler**		**Mehrpfeiler**	
	n	%	*n*	%
Crista zygomaticoalveolaris	82	100,0 %	39	54,2 %
Infraorbitalrand	0	0,0 %	17	23,6 %
Lateroorbitalrand	0	0,0 %	16	22,2 %
Total	82	100,0 %	72	100,0 %

Intraoperative Revision

In Gruppe 1 (*n*=62) war in 11,3 % (*n*=7) der Fälle eine intraoperative Revision der angebrachten Platte notwendig. Der Grund war in allen Fällen eine im angefertigten C-Bogen-CT radiologisch ungenügende Reposition der Fraktur. In 88,7 % (*n*=55) der Fälle war keine intraoperative Revision notwendig. In Gruppe 2 (*n*=27) war in 11,1 % (*n*=3) eine intraoperative Revision notwendig. Hiervon war in zwei Fällen eine ungenügende Reposition der Fraktur im intraoperativen C-Bogen-CT ausschlaggebend, in einem Fall war ein patientenspezifisches Implantat (PSI) ohne korrekte Passung. In 88,9 % (*n*=24) der Fälle war keine Revision notwendig.

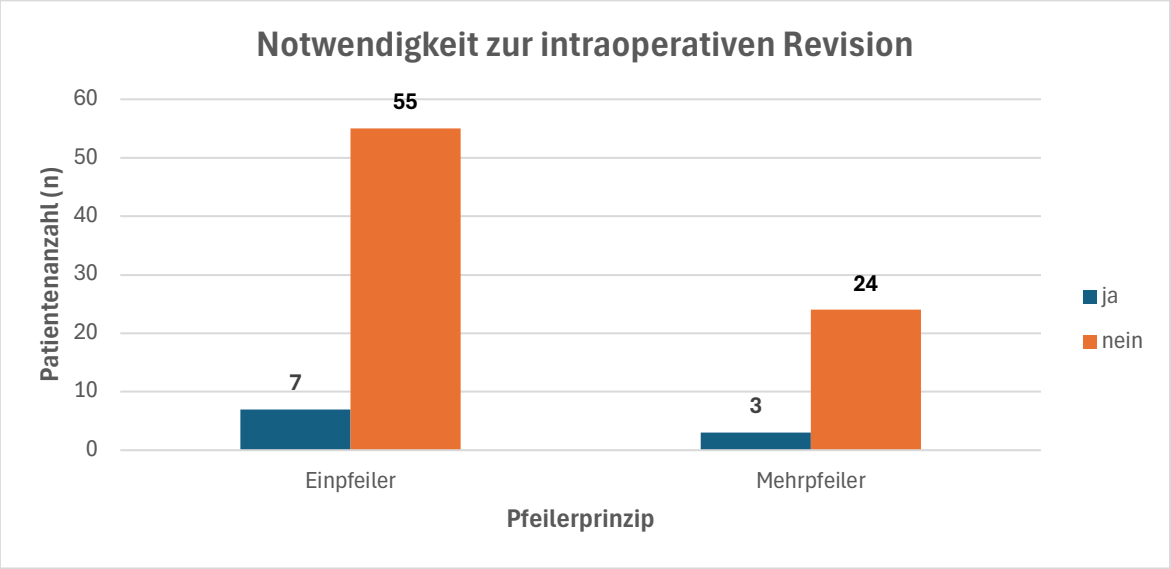


***Abbildung 26**: Übersicht über die Häufigkeit der Notwendigkeit einer intraoperativen Revision der Osteosyntheseplatte, aufgeteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), dir rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Intraoperative Komplikationen

In Gruppe 1 (*n*=62) kam es in 3,2 % (*n*=2) der Fälle zu einer intraoperativen Komplikation. 96,8 % (*n*=60) der Operationen waren ohne Komplikationen. In beiden genannten Fällen kam es während der Operation zu einer Luxation des Endotrachealtubus. In einem Fall musste die Lage des Tubus korrigiert werden, in dem anderen Fall erfolgte eine Re-Intubation durch die anwesenden Ärzte der Anästhesie. In Gruppe 2 (*n*=27) kam es in 3,7 % (*n*=1) zu einer intraoperativen Komplikation. Hierbei war ein patientenspezifisches Implantat (PSI) nicht passgenau, sodass dieses entfernt

und durch konventionelle Platten ersetzt werden musste. 96,3 % (*n*=26) der Fälle in dieser Gruppe verliefen komplikationsfrei.

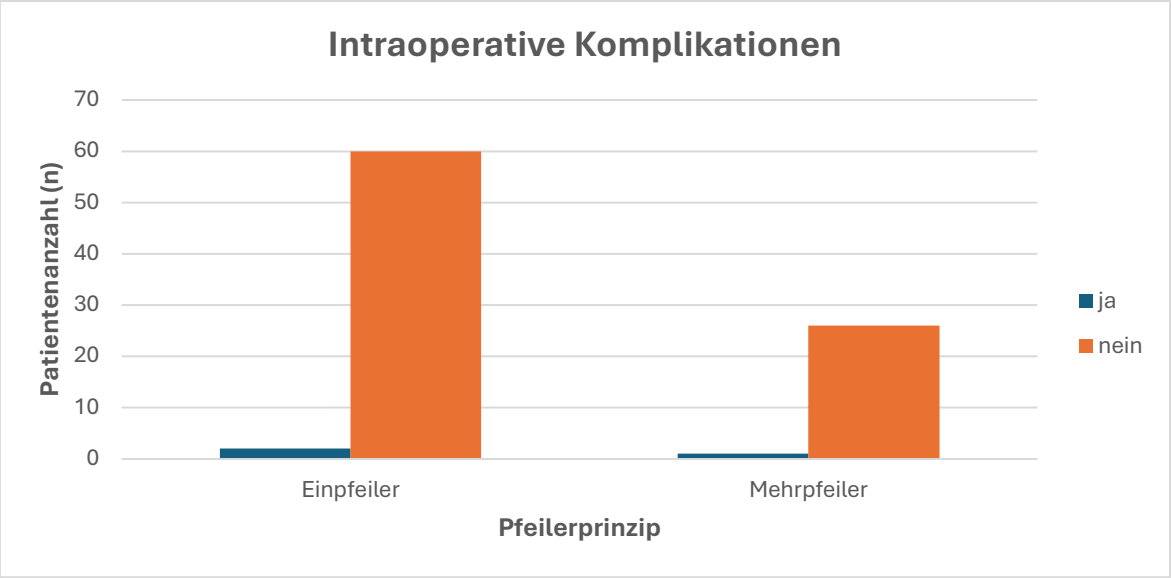


***Abbildung 27**: Übersicht über die Häufigkeit des Auftretens einer intraoperativen Komplikation, aufgeteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), dir rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.1.7 Verlaufsdaten

Postoperative Komplikationen

Innerhalb der Gruppe 1 (*n*=62) traten bei 29,0 % (*n*=18) der Patienten insgesamt 19 postoperative Komplikationen auf. In 71,0 % (*n*=44) der Fälle waren keine Komplikationen aufgetreten. Eine Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION) war mit hiervon 15 Fällen am häufigsten dokumentiert. Innerhalb der Gruppe 2 (n=27) traten bei 18,5 % (*n*=5) der Patienten insgesamt acht postoperative Komplikationen auf. Auch in dieser Gruppe war eine Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION) mit fünf Fällen die häufigste Komplikation. 82,5 % (*n*=22) der Patienten waren komplikationsfrei. Alle weiteren erfassten Komplikationen, sowie die Häufigkeit ihres Auftretens innerhalb der beiden untersuchten Kollektive werden in Kapitel 2.3 aufgeschlüsselt und in Tabelle 8 grafisch dargestellt.

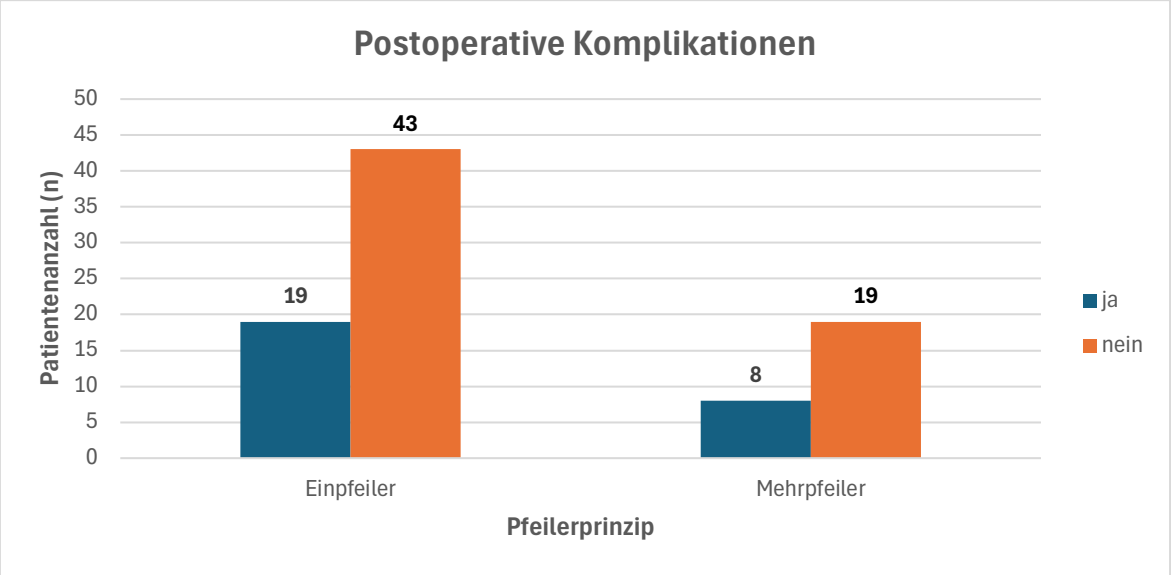


***Abbildung 28**: Übersicht über das Auftreten einer postoperativen Komplikation, aufgeteilt auf die beiden untersuchten Patientenkollektive. Gruppe 1 (n=62) ist hierbei in der linken Säulengruppe dargestellt, Gruppe 2 (n=27) in der rechten Säulengruppe. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

***Tabelle 8**: Übersicht über die Verteilung der Anzahl der postoperativen Komplikationen innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die Anzahl der aufgetretenen Komplikationen ist dabei als Anzahl (n) und als Prozentwert für alle detektierten Komplikationen innerhalb der jeweils betrachteten Patientengruppe angegeben. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Postoperative Komplikation	**Einpfeiler**		**Mehrpfeiler**	
	n	*%*	*n*	*%*
Hypästhesie *N. infraorbitalis*	15	78,9 %	5	62,5 %
Fazialisschwäche (*R. zygomaticus*)	2	10,5 %	2	25,0 %
Platten-/Schraubenlockerung	1	5,3 %	0	0,0 %
Sonstige	1	5,3 %	1	12,5 %
Total	19	100,0 %	8	100,0 %

Metallentfernung

Bei 51,6 % (*n*=32) der Patienten aus Gruppe 1 wurde bis zum Abschluss der Datenerhebung eine Metallentfernung durchgeführt. Die mittlere Dauer zwischen Operation und Metallentfernung betrug in dieser Gruppe 9,5 Monate ± 2,5 Monate (Standardabweichung). Bei 48,4 % (*n*=30) geschah bis dato keine Metallentfernung. In Gruppe 2 wurde bei 33,3 % (*n*=9) eine Metallentfernung durchgeführt. Hierbei betrug die mittlere Dauer zwischen Operation und Metallentfernung 7,6 Monate ± 3,2 Monate (Standardabweichung).

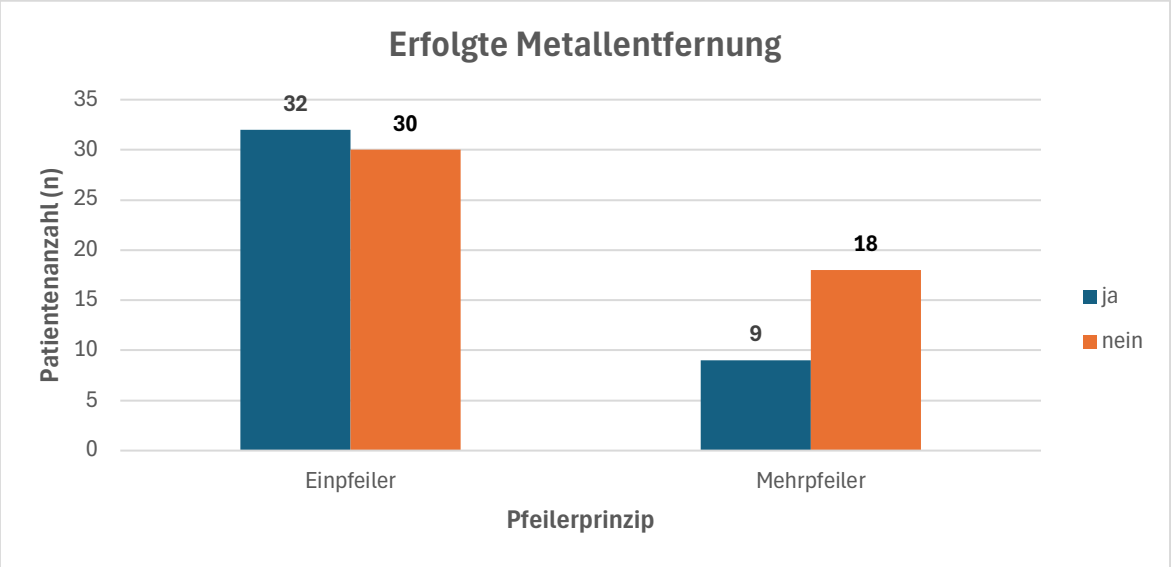


***Abbildung 29**: Verteilung der durchgeführten Metallentfernungen nach Operation. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) an, die rechte Säulengruppe die Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Dauer Follow-up-Untersuchung

Die Dauer der Follow-up-Untersuchungen belief sich in Gruppe 1 (*n*=62) im Mittel auf 5,91 Monate ± 4,89 Monate (Standardabweichung) mit einem Minimum von 0 Monaten und einem Maximum von 16 Monaten. In der Gruppe 2 (*n*=27) lag die mittlere Follow-up-Dauer bei 4,76 Monaten ± 4,40 Monate (Standardabweichung) mit einem Minimum von 0 Monaten und einem Maximum von 14,9 Monaten.

***Tabelle 9**: Übersicht über die mittlere Dauer ± Standardabweichung der Follow-up-Untersuchungen in Monaten, unterteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Zudem Angabe der medianen Dauer, sowie der minimalen und der maximalen Follow-up-Dauer in Monaten. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

statistische Kennzahl	**Dauer Follow-up (in Monaten)**	
	Einpfeiler	*Mehrpfeiler*
Patientenanzahl	62	27
Mittelwert	5,91	4,76
Standardabweichung	4,89	4,40
Minimum	0	0
Median	7,08	3,33
Maximum	16,0	14,9

3.2 Allgemeine Gruppenvergleiche

3.2.1 Vergleich der Ergebnisse von 1-Point und Multiple-Point Fixation

Nachfolgend wurden alle für die im Rahmen der Fragestellung dieser Arbeit relevanten Variablen verglichen, auf eine statistische Signifikanz hin untersucht und tabellarisch dargestellt. Es zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Hinblick auf den präoperativen Asymmetrieindex (***p* = 0,04***), die präoperative Differenz der malaren Höhe (***p* = 0,03***), die intraoperative Differenz der malaren Breite (***p* = 0,001****) und die intraoperative Differenz der malaren Diagonale (***p* = 0,01***). Für die restlichen aufgeführten Variablen konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden.

***Tabelle 10**: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen der Einpfeiler- und Mehrpfeiler-Methode. Aufgeführt sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). Fett markiert sind diejenigen p-Werte, welche auf eine statistische Signifikanz hindeuten. [1]Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem Student´s-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Variable	**Einpfeiler**			**Mehrpfeiler**			***p*-Wert**
	n	*M*	*SD*	*n*	*M*	*SD*	
Asymmetrieindex präoperativ[1]	62	4,99	2,73	27	6,43	3,01	**0,04***
Differenz Breite präoperativ[1]	62	2,75	1,92	27	1,64	2,79	0,2
Differenz Höhe präoperativ[1]	62	2,29	1,87	27	3,60	2,84	**0,03***
Differenz Diagonale präoperativ[1]	62	2,83	2,09	27	3,72	2,36	0,061
Orbitavolumen gesund-frakturiert[1]	42	0,86	0,96	20	1,06	1,12	0,48
Asymmetrieindex intraoperativ[1]	62	2,94	1,62	27	3,29	1,63	0,33
Differenz Breite intraoperativ[1]	62	1,61	1,41	27	-0,18	2,16	**0,001****
Differenz Höhe intraoperativ[1]	62	1,55	1,10	27	1,01	2,28	0,15
Differenz Diagonale intraoperativ[2]	62	1,41	1,05	27	0,52	1,64	**0,01***
Orbitavolumen gesund-reponiert[2]	42	-0,01	0,38	20	-0,04	0,43	0,81
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)[1]	62	4,73	3,08	27	6,11	3,72	0,11
Dauer Follow-up in Monaten[1]	62	5,91	4,89	27	4,76	4,40	0,18
Alter[1]	62	42,33	16,91	27	44,56	18,67	0,61

3.2.2 Vergleich der präoperativen und intraoperativen Messergebnisse

Nachfolgend wurden die präoperativen mit den intraoperativen Daten der ausgewählten Variablen für beide Patientengruppen verglichen. In der Gruppe der Einpfeiler als auch in der Mehrpfeiler-Gruppe konnten hierbei statistisch höchst

signifikante Unterschiede zwischen allen präoperativen und intraoperativen Variablen festgestellt werden.

***Tabelle 11**: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen präoperativem und intraoperativem Zustand für Gruppe 1 (Einpfeiler-Methode). Angegeben sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). Fett markiert sind diejenigen p-Werte, welche auf eine statistische Signifikanz hindeuten. [1]Statistische Analyse mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem gepaarten-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)

Variable	**präoperativ**			**intraoperativ**			***p*-Wert**
	n	*M*	*SD*	*n*	*M*	*SD*	
Asymmetrieindex[1]	62	4,99	2,73	62	2,94	1,62	**0,00000*** **
Differenz Breite[1]	62	2,75	1,92	62	1,61	1,41	**0,00012*** **
Differenz Höhe[1]	62	2,29	1,87	62	1,55	1,10	**0,001** **
Differenz Diagonale[2]	62	2,83	2,09	62	1,41	1,05	**1e-05*** **
Differenz Orbitavolumen[1]	42	0,86	0,96	42	-0,01	0,38	**0,00000*** **

***Tabelle 12**: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen präoperativem und intraoperativem Zustand für Gruppe 2 (Mehrpfeiler-Methode). Angegeben sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). [1]Statistische Analyse mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem gepaarten-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)

Variable	**präoperativ**			**intraoperativ**			***p*-Wert**
	n	*M*	*SD*	*n*	*M*	*SD*	
Asymmetrieindex[1]	27	6,43	3,01	27	3,29	1,63	**4e-05*** **
Differenz Breite[1]	27	1,64	2,79	27	-0,18	2,16	**0,003** **
Differenz Höhe[1]	27	3,60	2,84	27	1,01	2,28	**0,00012*** **
Differenz Diagonale[2]	27	3,72	2,36	27	0,52	1,64	**1e-05*** **
Differenz Orbitavolumen[1]	20	1,06	1,12	20	-0,04	0,43	**9e-04*** **

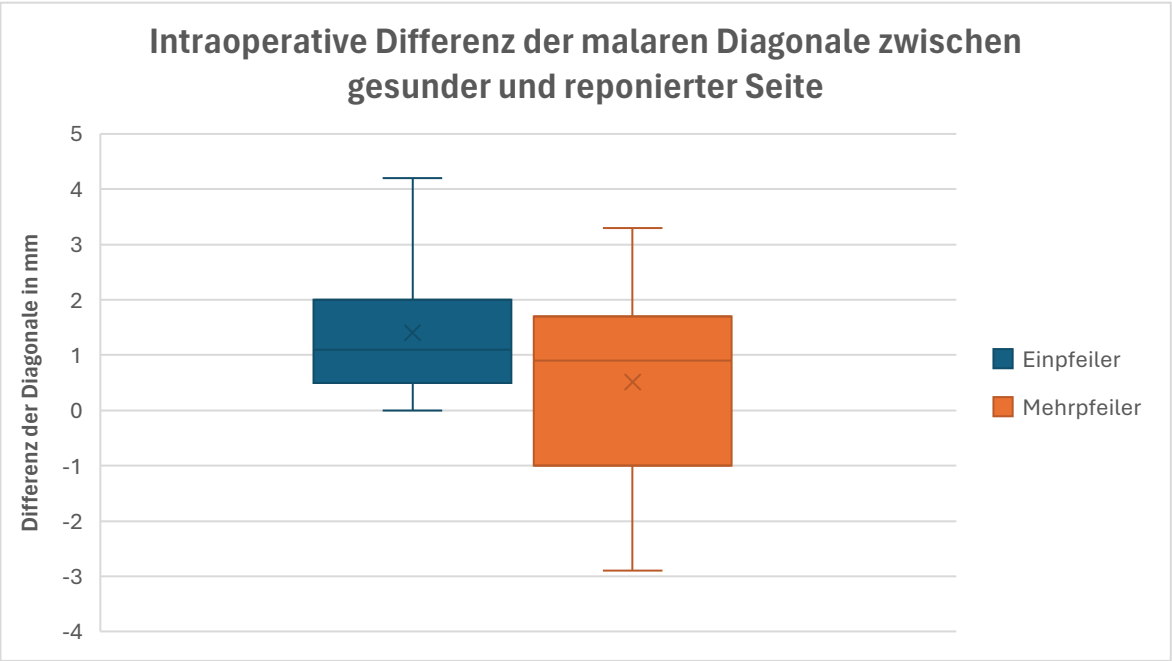


***Abbildung 30**: Boxplot: Verteilung der Werte der intraoperativen Differenz der malaren Diagonale zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

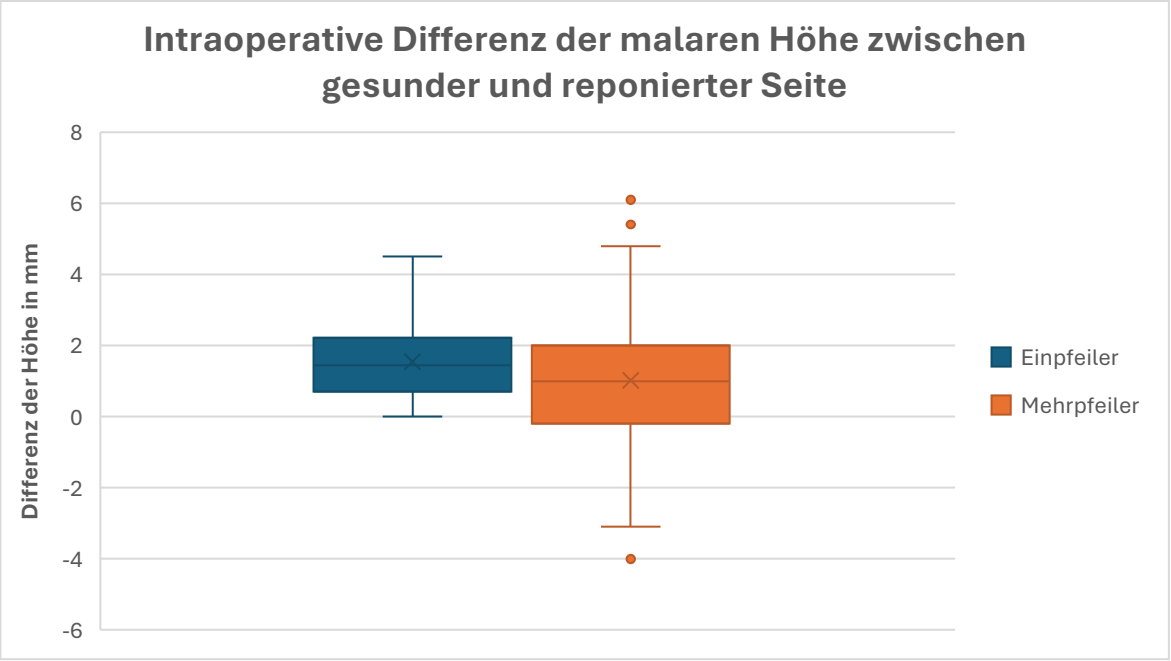


***Abbildung 31**: Boxplot: Verteilung der Einzelwerte der intraoperativen Differenz der malaren Höhe zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. Einzelpunkte außerhalb kennzeichnen Ausreißer. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

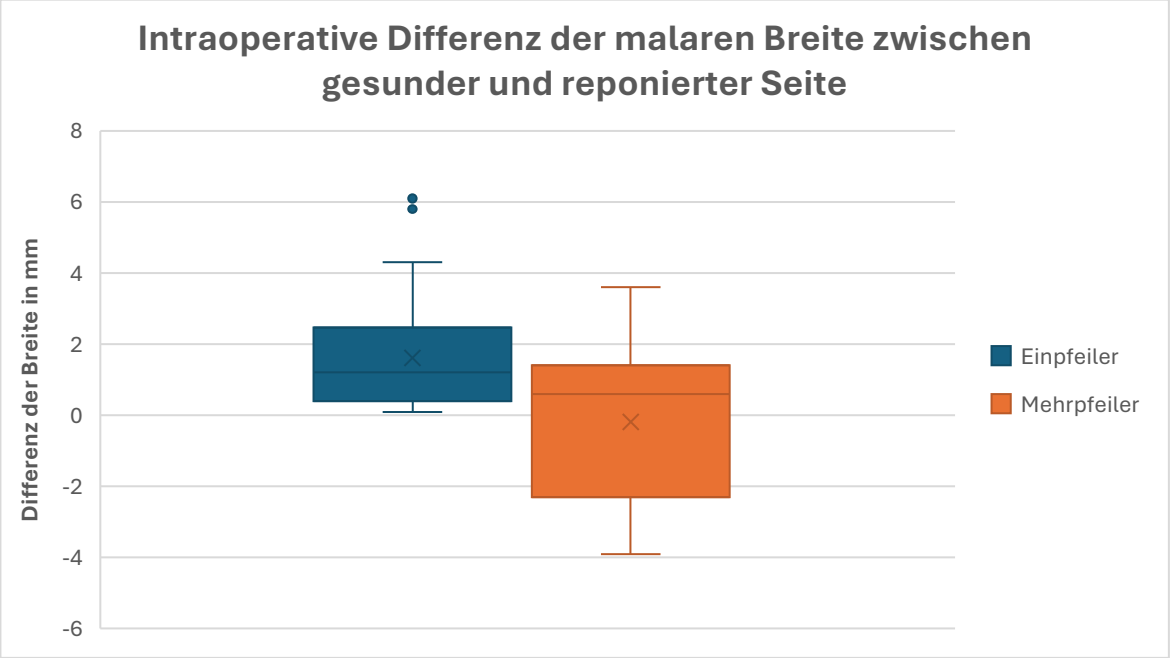


***Abbildung 32**: Boxplot: Verteilung der Einzelwerte der intraoperativen Differenz der malaren Breite zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. Einzelpunkte außerhalb kennzeichnen Ausreißer. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

3.3 Gruppenvergleiche spezifischer unabhängiger Stichproben

3.3.1 Vergleich des intraoperativen Asymmetrieindex zwischen Frakturtypen

Die intraoperativen Asymmetrieindizes zeigten für alle drei Frakturklassifikationen in der Gruppe der *Einpfeiler-Methode* ähnliche Medianwerte. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte zwischen den drei Gruppen nicht festgestellt werden (p = 0,781).

***Tabelle 13**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)

Frakturklassifikation	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	29	2,69	2,16	1,00	5,31	
Typ B	19	2,35	1,78	1,12	7,32	0,781
Typ C	14	2,93	3,55	0,33	7,59	

In Gruppe 2 zeigten Patienten mit einer klassifizierten Typ A Fraktur den im Median höchsten intraoperativen Asymmetrieindex, wobei hierbei lediglich vier Fälle betrachtet wurden. Der Unterschied zwischen den betrachteten Gruppen war statistisch nicht signifikant (p = 0,571).

***Tabelle 14**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max)). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)

Frakturklassifikation	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	4	4,32	2,02	1,68	5,94	
Typ B	12	2,83	2,53	1,19	7,63	0,571
Typ C	11	2,90	1,22	1,73	4,44	

3.3.2 Vergleich der Orbitavolumendifferenz zwischen Frakturtypen

In Gruppe 1 wurde die Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite in Abhängigkeit von der Frakturklassifikation analysiert. Für Frakturen vom Typ B zeigte sich die höchste mediane Differenz bei gleichzeitig höchstem Interquartilsabstand. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Frakturtypen festgestellt werden (p = 0,506).

***Tabelle 15**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Frakturklassifikation	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	17	0,4	0,7	-0,3	1,6	
Typ B	15	1,1	1,8	-0,6	3,0	0,506
Typ C	10	0,6	0,72	-0,2	3,8	

Für dieselbe Patientengruppe wurde die Differenz zwischen gesunder und reponierter Orbita in Abhängigkeit von der Frakturklassifikation untersucht, wobei auch hier keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten (p = 0,784).

***Tabelle 16**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3(min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Frakturklassifikation	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	17	-0,04	0,28	-0,50	0,40	
Typ B	15	0,05	0,37	-0,50	0,90	0,784
Typ C	10	-0,04	0,54	-0,70	1,10	

Für Gruppe 2 wurde die Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite in Abhängigkeit von der Frakturklassifikation untersucht. Die höchsten medianen Werte ergaben sich hierbei für Frakturtyp A, wobei hier nur drei Fälle betrachtet wurden. Die Unterschiede zwischen den Frakturtypen waren nicht signifikant (p = 0,132).

***Tabelle 17**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3(min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Frakturklassifikation	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	3	2,30	0,40	1,60	2,40	
Typ B	10	1,25	1,30	-0,50	2,20	0,132
Typ C	7	0,80	2,05	-0,80	3,20	

Ebenfalls wurde für Gruppe 2 die Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite analysiert. Hierbei konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Frakturtypen festgestellt werden (p = 0,745).

***Tabelle 18**: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Frakturklassifikation	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	*p*-Wert
Typ A	3	-0,10	0,10	-0,20	0,00	
Typ B	10	0,04	0,32	-0,60	0,40	0,745
Typ C	7	-0,13	0,68	-1,30	0,60	

3.3.3 Vergleich des intraoperativen Asymmetrieindex zwischen den Intervallen

Für Gruppe 1 wurde der intraoperative Asymmetrieindex in Abhängigkeit vom Zeitintervall in Tagen zwischen Unfall und Operation untersucht. Die medianen Werte zeigten mit zunehmendem Intervall auch eine leichte Zunahme. Die Unterschiede zwischen den Intervallen waren jedoch nicht signifikant (p = 0,764).

***Tabelle 19**: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	18	2,46	2,73	0,33	7,59	
3-7 Tage	30	2,57	2,11	0,79	7,32	0,764
> 7 Tage	14	2,83	1,85	1,08	4,12	

Für Gruppe 2 zeigte das Intervall zwischen 3 - 7 Tagen den median niedrigsten, intraoperativen Asymmetrieindex. Es konnte jedoch keine statistische Signifikanz beobachtet werden (p = 0,204).

Tabelle 20: *Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	5	4,29	3,95	1,62	7,63	
3-7 Tage	13	2,69	1,47	1,19	4,44	0,204
> 7 Tage	9	3,49	2,71	1,73	5,94	

3.3.4 Vergleich von Intervall und dem Orbitavolumen

In Gruppe 1 wurde die Differenz des Orbitavolumens zwischen der gesunden und der frakturierten Seite in Abhängigkeit vom Zeitintervall in Tagen zwischen Unfall und Operation untersucht. Der mediane Wert war für alle Intervalle gleich, lediglich der Interquartilsabstand war für das Intervall 0 - 2 Tage am größten. Die Unterschiede waren nicht signifikant (p = 0,981).

***Tabelle 21**: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	12	0,60	1,60	-0,20	3,80	
3-7 Tage	21	0,60	0,88	-0,60	3,00	0,981
> 7 Tage	9	0,60	0,80	-0,10	2,00	

In derselben Gruppe wurde die Differenz zwischen gesunder und reponierter Orbita in Abhängigkeit vom Intervall in Tagen zwischen Unfall und Operation analysiert. Es zeigten sich für alle Intervalls Gruppen ähnliche Mittelwerte. Die Unterschiede waren nicht signifikant (p = 0,860).

***Tabelle 22**: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	12	-0,05	0,44	-0,70	1,10	
3-7 Tage	21	-0,01	0,38	-0,70	0,90	0,860
> 7 Tage	9	0,04	0,33	-0,50	0,40	

Auch für Gruppe 2 wurde die Volumendifferenz zwischen gesunder und frakturierter Seite in Abhängigkeit vom Intervall in Tagen zwischen Unfall und Operationszeitpunkt untersucht. Die unten dargestellten Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant (p = 0,099).

***Tabelle 23**: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	4	1,25	0,40	0,00	1,40	
3-7 Tage	10	0,70	1,97	-0,80	3,20	0,099
> 7 Tage	6	2,05	0,25	0,00	2,40	

Für Gruppe 2 zeigte sich für die Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite ein statistisch signifikanter Unterschied in Abhängigkeit vom Intervall zwischen Unfall und Operation (***p* = 0,033***). In der post-hoc Analyse mit dem Dunn-Bonferroni-Test war kein paarweiser Gruppenvergleich signifikant. Alle angepassten *p*-Werte waren größer als 0,05.

***Tabelle 24**: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Intervall in Tagen (Unfall bis OP)	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	*p*-Wert
0-2 Tage	4	0,18	0,05	0,00	0,20	
3-7 Tage	10	-0,29	0,49	-1,30	0,40	**0,033***
> 7 Tage	6	0,23	0,28	-0,10	0,60	

3.3.5 Vergleich von Operateur und intraoperativem Asymmetrieindex

Der intraoperative Asymmetrieindex wurde zuletzt in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand des Operateurs untersucht. Für Gruppe 1 war statistisch keine statistische Signifikanz nachweisbar (U = 369,00, r = 0,16, p = 0,213).

***Tabelle 25**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)

Operateur	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	*p*-Wert
Assistenzarzt	38	2,46	2,20	0,79	5,89	0,213
Facharzt	24	3,21	2,23	0,33	7,59	

Derselbe Vergleich fand auch für Gruppe 2 statt. Auch hier konnte keine Signifikanz der Unterschiede zwischen den beiden Operateur-Gruppen festgestellt werden (U = 88,00, r = 0,02, p = 0,943).

***Tabelle 26**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)

Operateur	**Asymmetrieindex intraoperativ**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	p-Wert
Assistenzarzt	12	2,80	2,01	1,63	6,46	0,943
Facharzt	15	3,16	2,25	1,19	7,63	

3.3.6 Vergleich von Operateur und Orbitavolumen

In Gruppe 1 zeigte sich für beide Operateur-Gruppen eine identisch große mediane Orbitavolumendifferenz zwischen gesunder und frakturierter Seite bei vergleichbar großer Streuung der Werte. Eine Signifikanz konnte nicht festgestellt werden (*U* = 166,00, *r* = 0,15, *p* = 0,347).

***Tabelle 27**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Operateur	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	p-Wert
Assistenzarzt	27	0,60	1,25	-0,60	3,00	0,347
Facharzt	15	0,60	1,00	-0,30	3,80	

Auch die Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite in Abhängigkeit von der Qualifikation des Operateurs zeigte für Gruppe 1 keine statistische Signifikanz (*d = 0,15, p* = 0,652).

***Tabelle 28**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Students t-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Einpfeiler (Gruppe 1)						
Operateur	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	p-Wert
Assistenzarzt	27	-0,03	0,38	-0,70	0,90	0,652
Facharzt	15	0,03	0,03	-0,50	1,10	

Für die Gruppe der Mehrpfeiler zeigte sich eine leicht niedrigere mediane Orbitavolumendifferenz zwischen gesunder und frakturierter Seite für die Gruppe der Fachärzte bei einer gleichzeitig höheren Streuung der Werte. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant (U = 41,00, r = 0,08, p = 0,757).

***Tabelle 29**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Operateur	**Orbitavolumen - Differenz gesund-frakturiert**					
	n	*Median*	*IQR*	*min*	*max*	p-Wert
Assistenzarzt	7	1,40	0,55	-0,80	2,40	0,757
Facharzt	13	1,10	2,20	-0,50	3,20	

Die mittlere Orbitavolumendifferenz zwischen gesunder und reponierter Seite zeigte bei beiden Operateur-Gruppen ähnliche Werte für Gruppe 2. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant (d = *0,04*, p = 0,936).

***Tabelle 30**: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Student's t-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)*

Mehrpfeiler (Gruppe 2)						
Operateur	**Orbitavolumen - Differenz gesund-reponiert**					
	n	*M*	*SD*	*min*	*max*	p-Wert
Assistenzarzt	7	-0,03	0,35	-0,70	0,30	0,936
Facharzt	13	-0,05	0,51	-1,30	0,60	

4 Diskussion

4.1 Einführung

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit gab es nur wenige Studien, welche explizit die *1-Point Fixation* mit der *Multiple-Point Fixation* hinsichtlich detaillierter topografischer Messdaten und Volumetrie verglichen haben [1, 11, 32, 57, 63]. Wie in Kapitel 1 beschrieben, spielt die Wiederherstellung der dreidimensionalen Struktur des zygomaticomaxillären Komplexes mit anschließender suffizienter Osteosynthese aufgrund des hohen Einflusses auf das ästhetische Erscheinungsbild eine wichtige Rolle bei der Versorgung von Jochbeinfrakturen.

Stabilisiert man die Fraktur mit möglichst vielen Platten, um eine vermeintlich perfekte Stabilität zu erreichen, nimmt dabei aber mögliche Nachteile wie sichtbare Narben, tastbares Metall oder höhere Risiken für Wundinfektionen in Kauf?

Oder sollte versucht werden, durch minimalinvasives Vorgehen ein zügiges, ästhetisch unauffälliges Ergebnis zu erreichen, zu Ungunsten einer vermeintlich perfekten Stabilität? Welche Rolle spielt bei dieser Entscheidungsfindung die intraoperative 3D-Bildgebung?

Unsere Ergebnisse zeigen, dass grundsätzlich beide Methoden zu intraoperativ stabilen und symmetrischen Ergebnissen führen können, bei vergleichbarer Anzahl intra- und postoperativer Komplikationen. Die *Multiple-Point Fixation* zeigte hinsichtlich der untersuchten Symmetrieparameter teils signifikant bessere Ergebnisse was die intraoperative Differenz der malaren Breite als auch die Differenz der Diagonalen betrifft. Für die Wiederherstellung des Orbitavolumens konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Operationsmethoden festgestellt werden. Weiter zeigten die präoperativen Daten beim Asymmetrieindex und der Differenz der malaren Höhe signifikant höhere Werte für die Gruppe der *Multiple-Point Fixationen*.

In der nachfolgenden Diskussion werden die zentralen deskriptiven Befunde analysiert, interpretiert und kompakt eingeordnet. Im Anschluss richtet sich der Fokus

auf die in Kapitel 1.4 formulierte Kernfrage, in welchen Fällen und unter welchen Voraussetzungen *1-Point Fixation* eine Alternative für die *Multiple-Point Fixation* darstellt. Hierfür werden die erlangten Erkenntnisse in den Kontext der aktuellen Literatur gestellt und kritisch analysiert. Abschließend sollen die Stärken und Limitationen der hier durchgeführten Studie und ihrer methodischen Ansätze dargestellt werden.

4.2 Deskriptive Analyse

In beiden untersuchten Gruppen zählten Gewaltdelikte an erster beziehungsweise zweiter Stelle zur führenden Unfallursache. Junge Männer waren knapp dreimal häufiger betroffen als Frauen. Männer sind häufiger Täter, gleichzeitig aber auch häufiger Opfer von Gewaltdelikten als Frauen [17, 18]. Dies ist u. a. mit männlicher Sozialisierung und mit an Gewaltverhalten gekoppelten Männlichkeitsnormen zu begründen [14, 17]. Bezogen auf die Ätiologie von Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes deckt sich die hier dargestellte Kombination aus Alter, Geschlecht und Unfallursache mit anderen Studien [3, 8, 13, 15, 28, 34, 37, 49, 52, 60, 75, 83, 86, 92, 95, 96, 98, 100].

Unsere Daten (Kapitel 3.1.4) zeigen, dass in der Gruppe der *1-Point Fixationen* überwiegend Frakturen vom Typ A nach der *Zingg*-Klassifikation auftraten. In der Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* dominierten Frakturen vom Typ B und Typ C gleichermaßen, was für potenziell hochenergetische Kräfte spricht. Dies deutet darauf hin, dass die Entscheidung für die Anzahl der Fixationspunkte in erster Linie vom Frakturmuster und dem Grad der Dislokation abhängt. Auch die signifikant höheren präoperativen Werte des Asymmetrieindex und der malaren Höhendifferenz können dadurch erklärt werden. Die These, dass mit zunehmender Frakturschwere auch mehr Pfeiler zur ausreichenden Stabilisation benötigt werden, wird durch die Literatur mehrfach bestätigt [11, 63, 75].

Im hier untersuchten Patientenkollektiv wiesen 66,2 % der Patienten präoperativ eine Hypästhesie im Versorgungsgebiet des *N. infraorbitalis* (ION) auf. Weitere sensorische

Störungen (An- bzw. Hyperästhesie) wurden in den Fallakten nicht systematisch erfasst, sodass hier keine Differenzierung möglich war. In der Literatur variieren die Angaben deutlich. *Dubron et al*. berichten in ihrer retrospektiven Arbeit von 37,3 % Fälle mit Hypästhesie nach Trauma [30]. Eine weitere Studie berichtet von 52,5 % Fällen mit Hypästhesie, wobei in insgesamt 64,4 % der betrachteten 478 Fälle eine Störung des ION vorlag. Hier wurde explizit zwischen Hypästhesie und Hyperästhesie unterschieden [84]. In einer älteren Studie von 1993 wird gar von Einschränkungen des ION in 83,6 % der Fälle berichtet, wobei auch hier An- bzw. Hyperästhesie explizit erwähnt werden [97].
Die eigenen Daten zeigen damit eine tendenziell höhere Rate von reiner Hypästhesie des ION im Vergleich zu anderen Berichten. Dies dürfte zum einen mit der vergleichsweisen kleinen Kohorte zusammenhängen, zum anderen damit, dass in die eigene Studie nur Patientenfälle eingeschlossen wurden, welche eine ORIF erhielten. Dies bedeutet, dass hier tendenziell und überwiegend Fälle mit schwereren Verletzungsmustern unter Beteiligung des *Canalis infraorbitalis* (*engl*. *Infraorbital Canal*, kurz: IOC) betrachtet wurden und damit einem wahrscheinlich höheren Risiko für ION-Beeinträchtigungen [30]. Fälle, welche konservativ oder durch Reposition ohne Osteosynthese behandelt wurden, fanden in der hier vorliegenden Studie keine Beachtung.

In der eigenen untersuchten Kohorte zeigte sich ein Unterschied in der Operationszeit von ≈ 40 Minuten zwischen beiden Gruppen. *Kim et al*. berichten von signifikant kürzeren OP-Zeiten bei *1-Point* gegenüber *2-Point Fixation*. Dort konnte ein Zeitvorteil von ≈ 20 Minuten beobachtet werden [58]. Die Operationszeit wurde in der eigenen Studie ausschließlich deskriptiv erfasst und nicht auf Signifikanz hin untersucht. Der im Vergleich größere Zeitvorteil dürfte u. a. darauf zurückzuführen sein, dass neben *2-Point* auch *3-Point Fixationen* in die Ergebnisse einflossen. Eine weitere Studie beobachtete einen mittleren Zeitvorteil von 22,2 Minuten zwischen *2-* und *3-Point Fixation* [105].
Trotz der unterschiedlichen Studiendesigns lässt sich vorsichtig schlussfolgern, dass jede zusätzliche Fixationsstelle die OP-Zeit um etwa 20 Minuten verlängert. Dies stellt aufgrund der Heterogenität der Fälle (Operativer Zugang, Frakturschwere,

Operationsteam, Erfahrung der Operateure, Zwischenfälle) eine vorläufige Schätzung dar und sollte prospektiv bestätigt werden.

In der Literatur finden sich widersprüchliche Angaben, was die stabilste Fixationsstelle betrifft. *Sarkarat et al. 2019* beschrieben in ihrer Untersuchung den Lateroorbitalrand als stabilsten Fixationspunkt bei einfachen Jochbeinfrakturen mit *1-Point Fixation*, während *Sridhar et al.* in einer prospektiven Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen Fixationen am zygomactio-maxillären Pfeiler und dem Lateroorbitalrand feststellen konnten [87, 93].

Im Bundeswehrkrankenhaus in Ulm hat sich die Fixation am zygomaticomaxillären Pfeiler (*Crista zygomaticoalveolaris*) seit 2007 durchgesetzt und bewährt. Sollte eine *Multiple-Point Fixation* aufgrund mangelhafter intraoperativer Reposition nach C-Bogen-CT Kontrolle notwendig werden, werden der Lateroorbitalrand (*Sutura frontozygomatica*) oder der Infraorbitalrand (*Sutura zygomaticomaxillaris*) nachrangig als Fixationsstellen herangezogen. Die Ergebnisse in der hier präsentierten Studie zeigen, dass sämtliche *1-Point Fixationen* am zygomaticomaxillären Pfeiler stattfanden. Bei der *Multiple-Point Fixation* erhielten alle Patienten eine Basisplatte am zygomaticomaxillären Pfeiler; die weiteren Platten waren gleichermaßen auf den Infraorbitalrand und den Lateroorbitalrand verteilt (17 vs. 16). *Arjmand et al.* fanden in ihrer Modellstudie zur Überprüfung des mechanischen Verhaltens des frakturierten zygomaticomaxillären Komplex unter *1-, 2- und 3-Point Fixation* heraus, dass eine Fixation im Bereich des Infraorbitalrands bei *3-Point Fixation* den Knochen bei einwirkenden Kräften sogar mehr belastet als entlastet. Die Belastungsmuster bei 2-*Point Fixation* waren denen des intakten zygomaticomaxillären Komplexes am ähnlichsten. Sie schlussfolgerten, dass eine Fixation an weniger als 3 Punkten einen suffizienten Heilungsverlauf bedingen kann [6].

Eine gezielte Analyse der Stabilität der einzelnen Fixationspunkte fand im Rahmen dieser Arbeit nicht statt, sodass die dargestellten Ergebnisse rein deskriptiv zu interpretieren und im Kontext des gesamten Forschungsergebnisses zu betrachten sind.

In beiden untersuchten Gruppen musste gleich oft (11,3 % vs. 11,1 %) eine intraoperative Revision nach intraoperativer Bildgebung stattfinden. Dies betraf bei insgesamt 89 Patientenfällen zehn Fälle. Die retrospektive Studie von *Gander et al.* zeigte annähernd gleiche Ergebnisse, was die Häufigkeit der Notwendigkeit einer intraoperativen Revision angeht. Hier musste nach intraoperativer Bildgebung in 12,5 % der Patientenfälle revidiert werden, wobei sich zudem eine signifikante Korrelation zwischen Trümmerfrakturen und dem Bedarf der intraoperativen Revision nachweisen ließ [41].

Dieser Aspekt wurde in der hier vorliegenden Arbeit nicht explizit untersucht. Es lässt sich allerdings feststellen, dass die schwereren Frakturmuster in der Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* zu finden waren, der Anteil an Revisionen zwischen den Gruppen aber gleich groß war. Dieser Unterschied könnte mit der unterschiedlichen Beurteilung der Kriterien für den Erfolg der ORIF zusammenhängen. Bei den in dieser Studie betrachteten Patientenfällen war die Suffizienz der ORIF eine fachliche Entscheidung durch das operierende Team. Die Entscheidung beruhte also rein auf der Beurteilung der röntgenologischen Aufnahmen und den klinischen Befunden (bspw. Palpation von Knochenkanten).

In der Studie von *Gander et al.* wurde das intraoperative Repositionsergebnis dreidimensional mit einer präoperativ angefertigten Zielplanung verglichen. Ein Abweichen von dieser in drei Ebenen um mehr als 2 mm galt als insuffizient. Somit waren hier objektive, metrische Kriterien der entscheidende Einflussfaktor.

Es bleibt dennoch festzuhalten, dass die in der eigenen Studie beschriebene intraoperative Entscheidung denselben Kriterien folgt, welche auch bei einer postoperativen Bildgebung über eine sekundäre Revision entscheiden würden. Einzig können funktionelle Aspekte aufgrund des Operationsverfahrens in Intubationsnarkose ausschließlich postoperativ beurteilt werden. Die Entscheidung, ob ohne intraoperative Bildgebung in den benannten Patientenfällen eine Revision durch eine zweite Operation stattgefunden hätte oder ob das ursprüngliche Operationsergebnis medizinisch und patientenindividuell vertretbar wäre, lässt sich nicht vorhersagen. Ferner ist die visuelle und fachliche Beurteilung von röntgenologischen Aufnahmen durch qualifiziertes Personal gängige Routine.

Insgesamt bedeutet das, dass die Ergebnisse in den beschriebenen zehn Fällen ohne die intraoperative Bildgebung aus fachlicher Sicht nicht in gleicher Qualität hätten erzielt werden können und folglich eine sekundäre Revision nicht auszuschließen gewesen wäre.

Einige Studien postulierten bereits, dass eine ORIF mit Miniplatten aufgrund der dreidimensionalen Rekonstruktion und der dadurch errungenen Dekompression des *N. infraorbitalis* die besten Voraussetzungen für eine komplette Regeneration von sensorischen Defiziten ebendiesen darstellt [9, 97, 111]. Entgegen diesen Erkenntnissen gibt es aber auch Berichte über eine Zunahme von Einschränkungen des *N. infraorbitalis* nach ORIF [88].
In der eigenen Studie war die Untersuchung des Verlaufs von Einschränkungen des *N. infraorbitalis* sowohl prä- als auch postoperativ lediglich als Ergänzung zu der eigentlichen Fragestellung angedacht. Bezogen auf postoperative Komplikationen muss hier die Einschränkung des *N. infraorbitalis* als Resultat der Operationsmaßnahmen gesehen werden. Generell traten in der Gruppe der *1-Point Fixationen* prozentual mehr postoperative Komplikationen auf als in der Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* (29,0 % vs. 18,5 %). Die Hypästhesie des *N. infraorbitalis* war in beiden Gruppen anteilig die häufigste Komplikation (78,9 % vs. 62,5 %). Der intraorale Zugang *nach Keen,* bei welchem die Präparation und mechanische Manipulation des *N. infraorbitalis* während der OP unumgänglich ist, sowie die durch die Operationsmaßnahmen resultierenden entzündlichen Ödeme können zu postoperativen Einschränkungen der Sensorik führen [45, 61]. In der prospektiven Studie von *Hammuda* mit 11 Patienten zeigte sich bei allen via Zugang *nach Keen* operierten Patienten eine postoperative Hypästhesie des *N. infraorbitalis*, welche sich jedoch ebenso bei allen Patienten nach spätestens sechs Monaten postoperativ zurückgebildet hatte [45].

In unserer Studie betrug die mittlere Follow-up-Dauer in beiden Gruppen im Mittel weniger als sechs Monate (Gruppe 1: 5,91 ± 4,89 Monate; Gruppe 2: 4,76 ± 4,40 Monate). Bei allen Patienten, die ihre Follow-up-Termine in den eingangs erwähnten Ambulanzen wahrnahmen, war eine Rückläufigkeit der Hypästhesie des *N. infraorbitalis* dokumentiert. Da alle Patienten aber früher oder später für weitere

Nachuntersuchungen in die ambulante, haus(zahn)ärztliche Betreuung überwiesen wurden, konnte eine einheitliche Verlaufskontrolle nicht mehr stattfinden.
Daher sind die hier dargestellten Ergebnisse über die postoperativen Komplikationen lediglich als Anhaltspunkt und als Ergänzung im Gesamtkontext zu sehen. Auch die Diskrepanz zwischen den beiden Gruppen, was die postoperative Hypästhesie des *N. infraorbitalis* betrifft, kann mit den hier präsentierten Ergebnissen nicht erklärt werden. Alle Patienten wurden primär über intraoralen Zugang *nach Keen* operiert und waren demnach dem gleichen Risiko einer mechanischen Irritation des *N. infraorbitalis* ausgesetzt.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass bei allen Patienten, die hausintern nachuntersucht werden konnten, eine Rückläufigkeit der Hypästhesie festzustellen war. Kein Patient musste aufgrund der bei den Nachuntersuchungen festgestellten postoperativen Symptome operativ im Bundeswehrkrankenhaus Ulm nachbehandelt werden, beziehungsweise es konnte in keinem Fall ein manifestierter und auf die Operation zurückzuführender Nervenschaden dokumentiert werden. So ist davon auszugehen, dass sich alle erfassten Komplikationen im postoperativen Verlaufszeitraum ohne invasiv-therapeutisches Zutun soweit regeneriert haben, dass keine nicht tolerierbaren Einschränkungen der Lebensqualität der Patienten vorlagen.

Bezogen auf weitere postoperative Komplikationen ist ein Fall zu erwähnen, in welchem eine Schrauben-/Plattenlockerung auftrat; bei diesem konnte jedoch nach 10,3 Monaten die Metallentfernung ohne weitere Komplikationen oder ästhetische Beeinträchtigungen erfolgen.

Weitere deskriptive Befunde ohne klaren klinischen Bezug oder Relevanz für die Beantwortung der eingangs formulierten Forschungsfrage (u. a. Daten der allgemeinen Anamnese, verwendete Plattenanzahl, Fraktur des paranasalen Pfeilers) werden unter Kapitel 3.1 und den folgenden Unterkapiteln berichtet und sollen hier nicht weiter vertieft werden.

4.3 Reposition und knöcherne Symmetrie

Die Auswertung der Vermessungsparameter zwischen prä- und intraoperativem CT zeigte für beide untersuchten Gruppen hochsignifikante Verbesserungen. Damit kann bestätigt werden, dass sowohl die *1-Point-* als auch die *Multiple-Point Fixation* grundsätzlich zu einer deutlichen Reduktion der Frakturdislokation und einer klaren Verbesserung der knöchernen Schädelsymmetrie führen können. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von *Prajapati et al.*, welche zeigten, dass sowohl die *1-, 2-* als auch *3-Point Fixationen* suffiziente Repositionsergebnisse liefern [75]. Hier wurden keine Anzeichen für Verschiebungen und Instabilitäten, unabhängig von der Fixierungsmethode bei den klinischen Nachuntersuchungen gefunden. Somit konnte sich prinzipiell für alle Fixationsmethoden ausgesprochen werden, was sich mit den eigenen Erkenntnissen deckt.

In der direkten Gegenüberstellung zeigte die *Multiple-Point Fixation* statistisch signifikant bessere Ergebnisse hinsichtlich der intraoperativen Breitendifferenz und der Differenz der Diagonalen. Dies deutet auf eine höhere intraoperative, knöcherne Schädelsymmetrie nach Reposition und Fixation für die Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* hin. Diese Erkenntnisse decken sich mit der Studie von *Lee et al.*, welche in ihrer prospektiven Untersuchung mit 55 Patienten für die *2-Point Fixation* signifikant bessere anatomische Rekonstruktionsergebnisse im Vergleich zur *1-Point Fixation* fanden [63]. Dort wurde jedoch zum einen keine intraoperative Bildgebung angewendet und zum anderen fand die Bewertung der Ergebnisse erst 3 Monate postoperativ statt [63].

Ebenfalls keine intraoperative Bildgebung kam bei *Bharadwaj et al.* zum Einsatz. Diese berichten in ihrer prospektiven Studie mit 34 Patientenfällen jedoch von vergleichbaren Ergebnissen zwischen *1-Point* und *2-Point Fixation* [11]. Auch in dieser Studie wurde die *1-Point Fixation* im Bereich des zygomaticomaxillären Pfeilers durchgeführt [11]. Diese Operationstechnik deckt sich mit dem Vorgehen bei der eigenen Kohorte. *Bharadwaj et al.* zeigten weiter, dass *2-Point Fixation* zwar eine höhere Primärstabilität der Frakturfragmente erreichte, jedoch auf Kosten längerer OP-Zeiten, sichtbarer Narben im Bereich der lateralen Augenbraue sowie eine höhere Rate von

postoperativen Sensibilitätsstörungen [11]. Die *1-Point Fixation* zeigte hingegen bessere funktionelle Ergebnisse und eine geringere Weichteilmorbidität; jedoch kam es hier in drei Patientenfällen zu Einschränkungen der Stabilität in der klinischen und radiografischen Nachkontrolle [11]. Diese Komplikationen könnten möglicherweise durch die intraoperative dreidimensionale Bildgebung detektiert, frühzeitig korrigiert und dadurch vermieden werden.

Ungeachtet dessen, dass in der eigenen Studie keine Unterscheidung der verschiedenen Methoden der Mehrfachfixierung stattfand, wird in der Literatur von Ergebnisunterschieden innerhalb dieser Gruppe berichtet. So zeigt ein aktuelles Review von *Kasrija et al.*, in welchem 22 Studien zu *2-* und *3-Point Fixation* begutachtet wurden, dass die *3-Point Fixation* im Vergleich zur *2-Point Fixation* die beste mechanische Stabilisation bietet, insbesondere bei hochgradig dislozierten oder Trümmerfrakturen [52]. Ferner wird eine bessere Kontrolle über die Rotationsverschiebung, die malare Höhe und die Gesichtssymmetrie beschrieben [52]. Die *2-Point Fixation* wird von den Autoren für weniger schwere Frakturen empfohlen, da hier zwar der Vorteil von weniger Weichteilmorbidität und geringeren Operationszeiten besteht, jedoch bei höhergradigen Frakturmustern eine erhöhte Inzidenz von Gesichtsasymmetrien auftrat [52]. Gleiches berichten *Rana et al.*, welche sich in ihrer Untersuchung aufgrund der wenigen Komplikationen und der höchsten Stabilität für die *3-Point Fixation* als beste Methode zur Versorgung von ZMC-Frakturen aussprachen [79]. Ebenso berichten *Degala et al.* von besserer Stabilität des Operationsergebnisses bei *3-Point Fixation* im Vergleich zu *2-Point Fixation*, wenngleich eine *2-Point Fixation* trotzdem stabile Ergebnisse liefert [28].

In der eigenen Studie wurden diese beiden Gruppen zur *Multiple-Point Fixation* zusammengefasst, wodurch keine Unterscheidung der Ergebnisse nach *2-* oder *3-Point Fixation* möglich ist. Dennoch muss vermutet werden, dass wohl auch hier Unterschiede hinsichtlich der Stabilität und des Auftretens von Komplikationen bestehen.

Viele Studien sowie auch die eigenen Ergebnisse zeigen, dass ein höherer Schweregrad der Fraktur mit tendenziell mehr Fixationspunkten einhergeht [11, 56, 63, 75, 77]. Somit stellt die Wahl der Fixationspunkte eine individuelle Entscheidung dar,

welche von mehreren Faktoren – insbesondere aber dem Schweregrad der Fraktur, der Dislokation oder der Trümmerung – abhängig gemacht werden muss.
So wird bei *Prajapati et al*. beschrieben, dass hier anhand des Ausmaßes der Dislokation entschieden wurde, nach welcher Fixationsstrategie operiert wurde [75]. Dabei galt: Je schwerer die Fraktur, desto mehr Fixationspunkte [75]. Ähnliches gilt für die Studie von *Kim et al.*, in welcher alle Frakturen mit starker Trümmerung oder schwieriger Reposition im Bereich der *Sutura frontozygomatica* nach der *2-Point Fixation* operiert wurden [56]. Wie bei *Bharadwaj et al.*, war somit auch hier eine schwere Dislokation der Fraktur im Bereich der *Sutura frontozygomatica* ein Ausschlusskriterium für *1-Point Fixation* – dies stellt einen Hauptunterschied zum eigenen Vorgehen dar [11, 56].
Im in dieser Arbeit untersuchten Operationsverfahren waren Dislokationen im Bereich der *Sutura frontozygomatica* primär kein Ausschlusskriterium für *1-Point Fixation*. Zudem kam hausintern die intraoperative Bildgebung standardmäßig zum Einsatz, was in den beiden letztgenannten Studien nicht der Fall war und somit einen entscheidenden diagnostischen Vorteil für die eigene Kohorte darstellt [11, 56].

4.4 Intraoperative Bildgebung mittels CBCT

Die intraoperative Bildgebung scheint der Schlüssel zu einem minimalinvasiven operativen Vorgehen zu sein. Frei nach dem Motto: *"So viel wie nötig, so wenig wie möglich"* schafft diese Möglichkeit der intraoperativen Kontrolle sowie einer gegebenenfalls sofortigen Revision beziehungsweise Erweiterung der Osteosynthese die besten Voraussetzungen für den größtmöglichen Operationserfolg. Die eigenen Ergebnisse zeigen zwar, dass die objektiv messbare knöcherne Symmetrie durch eine *Multiple-Point Fixation* besser gelingt als durch *1-Point Fixation*. Dennoch gelang für sich betrachtet in jedem operierten Fall nach der *1-Point Fixation* ein intraoperativ klinisch zufriedenstellendes und stabiles Ergebnis.

Für diesen Operationserfolg spielt die intraoperative Bildgebung eine außerordentlich wichtige Rolle. In der eigenen Studie wurde in beiden Gruppen in knapp mehr als 11 %

der Fälle intraoperativ revidiert. *Cuddy et al.* berichten in ihrer Studie sogar von mehr als doppelt so vielen intraoperativen Revisionen (24 % CT-gestützten Revisionen) [24]. Anders als im eigenen Kollektiv spielte hierbei die Untersuchung der Anzahl der Fixationspunkte keine Rolle, sondern ausschließlich die Häufigkeit intraoperativer CT-Scans und Revisionsraten [24].

Trotz des unterschiedlichen Forschungsansatzes stützen die Daten die Annahme, dass die intraoperative Bildgebung möglicherweise der entscheidende Faktor bei der Auswahl der Anzahl der Fixationsstellen sein könnte. *Cuddy et al.* beschreiben eine verbesserte Repositionskontrolle und dadurch eine signifikant bessere Repositionsqualität durch CBCT [24]. Insbesondere für komplexe ZMC-Frakturen empfehlen sie die intraoperative Bildgebung als Standardverfahren, um ungenügende Repositionen erkennen und sekundäre Revisionen vermeiden zu können [24]. Diese Erkenntnisse werden von der prospektiven Studie von *van Hout et al.* untermauert, die bei 38 Patienten mit ZMC-Frakturen den Nutzen intraoperativer CBCT untersuchten [101]. Dort zeigte sich in 29 % der Fälle die Notwendigkeit einer intraoperativen Revision nach der ersten Bildgebung. Zudem konnten die Autoren interessanterweise einen Zusammenhang zwischen der Notwendigkeit der intraoperativen Revision und schwer dislozierten Frakturen feststellen [101].

Die eigene Studie untersuchte diesen Teilaspekt nicht explizit und konnte ihn somit auch nicht signifikant bestätigen. Jedoch war der Anteil der Revisionen zwischen beiden untersuchten Gruppen fast identisch, wobei hier ein Zusammenhang zwischen Anzahl der Fixationspunkte und Schweregrad der Fraktur lediglich eine Vermutung darstellt. Bemerkenswert ist jedoch, dass – analog zu der Studie von *van Hout et al.* – bei keinem der untersuchten Patienten eine sekundäre Revision erfolgen musste [101]. In einer älteren Studie des Autors, welche Fälle ohne intraoperative Bildgebung untersuchte, traten dagegen sekundäre Revisionen in 9 % der Patientenfälle auf [102]. Diese Revisionen scheinen sich durch CBCT zuverlässig vermeiden zu lassen.

Eine zweite Studie von *Cuddy et al.* brachte gar einen Algorithmus hervor, welcher chirurgischen Teams einen Leitfaden zur Anwendung der intraoperativen CT-Bildgebung an die Hand geben soll. Dieser basiert auf den Erkenntnissen der Studie,

dass eine intraoperative Revision signifikant mit der Notwendigkeit einer Orbitabodenrekonstruktion, benachbarten Mittelgesichtsfrakturen und einer Dislokation des Jochbeinkörpers in ≥ 2 Ebenen um ≥ 5 mm zusammenhängt [23]. Dieser Algorithmus könnte für Kliniken, in welchen der routinemäßige CBCT-Einsatz nicht möglich erscheint, interessant sein. Die eigenen Erkenntnisse legen, wann immer möglich, einen standardmäßigen Einsatz nahe, da die Vorteile der intraoperativen Reduktionskontrolle überwiegen und ferner in allen Fällen das postoperative CT-Bild durch die erfolgte intraoperative Aufnahme obsolet war – mit den bekannten Vorteilen (u. a. geringere Strahlenbelastung für die Patienten) [72, 74, 80].

Zusammenfassend zeigt sich, dass die intraoperative CT-Bildgebung sowohl für Patienten als auch für Behandler einen hohen Nutzen bietet. Durch die Vermeidung von sekundären Revisionen sowie zusätzlichem Material- und Personalaufwand lassen sich allgemeine OP-Risiken und Kosten reduzieren. Gleichzeitig können unnötige Orbitarekonstruktionen sowie postoperative CT-Kontrollen mit entsprechender Strahlen- und Kostenbelastung vermieden werden, alles bei gleichzeitig signifikant verbesserter Repositionsqualität des Frakturareals [24, 41, 72, 90, 101, 106]. Die vorliegenden Ergebnisse decken sich mit den Erkenntnissen aus der aktuellen Literatur und unterstreichen die Empfehlung, die intraoperative 3D-Bildgebung durch CBCT als Standardverfahren bei der operativen Versorgung von ZMC-Frakturen flächendeckend zu etablieren.

4.5 Orbitavolumen und Ästhetik

Eine weitere zentrale Erkenntnis ist, dass hinsichtlich der Reposition und des Wiederherstellens des symmetrischen Orbitavolumens kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden untersuchten Gruppen festgestellt werden konnte. In beiden Gruppen ergaben sich symmetrische Repositionsergebnisse der Orbita. Kleinere, geringfügige Abweichungen waren klinisch unerheblich.

Bei ZMC-Frakturen kommen Veränderungen des Orbitavolumens regelmäßig vor [31]. Auch die eigenen Ergebnisse zeigen eine mittlere Zunahme des posttraumatischen

Orbitavolumen in beiden Gruppen, wobei auch hier in Gruppe 2 eine größere Zunahme zu erkennen war (0,86 cm^3 vs 1,06 cm^3). *Ebrahimi et al.* liefern in ihrer Studie konkrete Zahlen für das Ausmaß der Enophthalmusbildung bei Zunahme des Orbitavolumen. Hier wird von 0,7 mm Enophthalmus pro cm^3 Orbitavolumen berichtet [31]. Weitere Studien berichten ähnliche Zahlen und bewegen sich hier stets zwischen 0,4 mm und 1 mm Enophthalmusbildung pro cm^3 Orbitavolumenzunahme [2, 20, 38, 50, 59, 62, 66, 73, 78, 81, 104, 108]. Eine frühzeitige CT-Bildgebung ist somit in jedem Fall angeraten, da Veränderungen des orbitalen Volumens durch die Weichteilschwellung maskiert werden könnten [31].

Die eigenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Wiederherstellung der Symmetrie der Orbita nicht ausschließlich von der Anzahl der Fixationspunkte, sondern vielmehr von der initialen Reposition abhängt. Diese Erkenntnisse decken sich mit den Interpretationen von *Raghoebar et al.* [76]. Dies verdeutlicht erneut die Wichtigkeit der intraoperativen 3D-Bildgebung.

Die aktuelle Literatur und auch die eigenen Erkenntnisse zeigen, dass die Vorteile der *Multiple-Point Fixation* im Hinblick auf die knöcherne Symmetrie nicht zwangsweise Vorteile für die funktionellen Ergebnisse und die Weichteilästhetik haben müssen, wenngleich eine systematische Nachuntersuchung dieses Teilaspektes in der eigenen Studie nicht explizit stattfand und nur auf Basis der routinemäßigen Nachuntersuchungsdaten vermutet werden kann. *Rabhin et al.* zeigten in ihrer Studie zur Nachuntersuchung der Patientenzufriedenheit bei 136 mittels verschiedener Fixationsmethoden operierter ZMC-Frakturen, dass trotz der im postoperativen CT nachweislich besseren knöchernen Ergebnisse, die Langzeit-Zufriedenheit der Patienten mit *3-Point Fixation* nicht höher war als in den anderen untersuchten Gruppen [77]. Bei der über Weichteilpunkte beurteilten malaren Asymmetrie war diese bei *3-Point Fixation* im direkten Vergleich sogar am höchsten [77]. Dies deutet daraufhin, dass rein CT-basierte Untersuchungen der Symmetrie das Langzeit-Weichteilergebnis nur bedingt vorhersagen können und somit Vorsicht bei der Beurteilung geboten ist.

4.6 Operationsintervall

Die angestellten Gruppenvergleiche zeigten, dass ein Zusammenhang zwischen dem Intervall und dem Orbitavolumenunterschied zwischen gesunder und reponierter Seite besteht, speziell für die Gruppe der *Multiple-Point Fixation*. In der Subgruppenanalyse konnte für keine Gruppe ein signifikanter Zusammenhang dargestellt werden. Somit lässt sich vermuten, dass es wahrscheinlich einen Zusammenhang gibt, in diesem Fall aber die Anzahl der betrachteten Patientenfälle zu gering war.

In der Literatur findet sich bei *Hurrell et al.* die Angabe, dass der optimale Zeitpunkt für das Operationsintervall etwa nach Abschwellen des Weichteilödems (2-5 Tage), aber vor Beginn der Knochenheilung (10-14 Tage) liegt [47]. Für ein späteres Operieren wurde zwar der Vorteil einer günstigeren Narbenbildung genannt, jedoch war die knöcherne Reposition schlechter [47]. Die Leitlinie der DGMKG empfiehlt eine operative Versorgung binnen 7 bis 14 Tagen, spätestens jedoch nach 21 Tagen. Davon unabhängig kann eine sofortige Intervention notwendig sein [29].

Allgemein sollte eine zeitnahe CT-Diagnostik erfolgen und abhängig von radiografischen und klinischen Akutsymptomen (Visuseinschränkungen/-verlust, Diplopie, retrobulbäres Hämatom, eingeschränkte Bulbusmotilität mit Trap-Door-Mechanismus) sowie bestehender Weichteilschwellung entschieden werden, wann operiert wird [29, 31, 103]. In jedem Fall aber vor Beginn der Konsolidierung [29, 31, 76].

4.7 Stärken und Limitationen der Studie

Neben Stärken weist die vorliegende Studie auch Limitationen auf, welche bei der Gesamtbeurteilung der Ergebnisse ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Beide Aspekte werden im Folgenden dargestellt.

4.7.1 Studiendesign und operatives Vorgehen

Eine grundlegende Limitation stellt das retrospektive Studiendesign dieser Arbeit dar. Die Datenauswertung erfolgte auf Grundlage bereits erhobener klinischer und radiologischer Befunde, wodurch Selektions- und Beobachtungsbias nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Zudem war keine randomisierte Zuteilung der Fixationsmethoden möglich, sodass sich bereits präoperative Unterschiede in der Frakturschwere zwischen den beiden untersuchten Gruppen ergaben, wie die Ergebnisse zeigen konnten. Somit sind kausale Aussagen zur Überlegenheit einer Fixationsmethode nur eingeschränkt möglich. Etwaige Unterschiede hinsichtlich des Repositionsergebnisses können somit auch potenziell dem Ausgangsbefund zugeschrieben werden und nicht eindeutig der gewählten Fixationsstrategie.

Eine wesentliche Stärke hinsichtlich der ausgewerteten Daten liegt in dem standardisierten operativen Vorgehen bei allen Patienten. Nach dem intraoralen Zugang *nach Keen* erfolgte zunächst die Reposition und Fixation im Bereich der *Crista zygomaticoalveolaris*. Anschließend wurde das Repositionsergebnis mittels 3D-Bildgebung durch CBCT überprüft. Dieses Vorgehen als Standardvorgehensweise ist der eigenen klinischen Erfahrung nach nur in wenigen deutschen Kliniken etabliert. Die hier gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse tragen insbesondere innerhalb des Teams der Mund-, Kiefer- und plastischen Gesichtschirurgie des Bundeswehrkrankenhaus Ulm zu einer Steigerung der Lernkurve und zur kontinuierlichen Optimierung der operativen Vorgehensweise bei, wenngleich eine zeitliche Subanalyse zur Überprüfung der Lernkurve nicht stattgefunden hat. Die Ergebnisse können dennoch auch für andere Fachleute auf diesem Gebiet wertvolle Erkenntnisse für die zukünftige Versorgung von Patienten mit Jochbeinfrakturen liefern.

Als limitierender Faktor ist jedoch zu berücksichtigen, dass in unserer Studie der weitere Operationsverlauf nach der intraoralen 3D-Bildgebung keinem standardisierten Operationsprotokoll mehr folgte. Die Entscheidung, ob die Reposition als suffizient bewertet wurde oder ob zusätzliche Fixationspunkte notwendig wurden, oblag in jedem Fall der fachlichen Einschätzung des verantwortlichen Operateurs.

Weiter ist zu erwähnen, dass in über der Hälfte aller Operationen Assistenzärzte die Operation durchgeführt haben. Hier variieren die Ausbildungs- und Erfahrungsstände, was somit ebenfalls ein Faktor für die Variabilität der fachlichen Beurteilung darstellen dürfte.

Hinsichtlich der Stabilität des Repositionsergebnisses soll erwähnt sein, dass die Beurteilung ebendieser klinisch auch eine rein fachliche Einschätzung des operierenden Ärzteteams war. Retrospektiv wurden nun in unserer Studie die beschriebenen Vermessungsdaten für die Einschätzung der Stabilität des Repositionsergebnisses herangezogen. Ein standardisierter Belastungstest zur objektiven Bewertung der Stabilität der verschiedenen Fixationsmethoden fand nicht statt und sollte prospektiv untersucht werden.

4.7.2 Bildgebung, Messmethodik und Auswertungsstrategie

Limitationen ergaben sich auch bei der Analyse der Bilder. Während die intraoperativen CT-Scans eine einheitlich hohe Qualität aufwiesen, variierte die Qualität der präoperativen Bilder. Da die Erstvorstellung der Patienten nicht in allen Fällen im Bundeswehrkrankenhaus Ulm erfolgte, stammten manche präoperative Schädel-CTs aus verschiedenen Einrichtungen mit unterschiedlichen Gerätetypen und sich variierenden Schichtdicken (zwischen < 1mm und 3 mm). Hierdurch lassen sich geringgradige Ungenauigkeiten bei der Beurteilung von anatomischen Strukturen sowie bei der Platzierung der Referenzlinien und Vermessungspunkte nicht ausschließen.

Das Vorgehen, anhand knöcherner Referenzstrukturen und definierter Linien Vermessungen an CT-Scans durchzuführen, wurde bereits in anderen Studien

angewandt [58, 63]. Dennoch unterliegen auch diese Strukturen interindividuellen anatomischen Unterschieden. Die wohl präziseste Methode wäre ein Vergleich der Symmetrie vor und nach Trauma. Da dies ein unrealistisches Szenario darstellt, könnte eine dreidimensionale Vermessung mittels Volumetrie der in dieser Studie angewandten Methode grundsätzlich überlegen sein. Dies war jedoch in unserem klinischen Setting aufgrund fehlender digitaler Instrumente nicht möglich umzusetzen.

Eine weitere Stärke unserer Studie stellt der Asymmetrieindex dar, welcher absolute Messunterschiede zum einen erfasst und zum anderen die Position der Jochbeinprominenz anhand der definierten Referenzpunkte und -linien in Relation setzt. Dadurch lässt sich die Symmetrie zwischen beiden Schädelhälften quantitativ und reproduzierbar darstellen und der prä-, kann mit dem intraoperativen Zustand direkt verglichen werden.

Die ergänzende, volumetrische und KI-gestützte Vermessung der Orbitavolumina stellte sich als wertvolle zusätzliche Variable heraus. Gleichwohl muss auch hier der etwaige Einfluss der oben beschriebenen Bildqualitätsunterschiede erwähnt sein. Da es sich bei der Orbita um ein kleines Volumen (cm^3 - Bereich) handelt, können bereits kleine Fehler beim Einstellen der Orbitabegrenzungen zu größeren Abweichungen beim Messergebnis führen. Hinzu kommt, dass die Orbita keine klar definierte Begrenzung aufweist und insbesondere die ventrale Öffnung schwierig abzugrenzen ist, was ebenfalls zu Messunsicherheiten führen kann.

Subjektive Verzerrungen aufgrund der retrospektiven Auswertung der Bilddaten sind ebenfalls nicht auszuschließen, da sämtliche Vermessungen von einer einzelnen forschenden Person basierend auf deren anatomischer Beurteilung, durchgeführt wurden. Dieses Vorgehen entspricht zwar dem normalen klinischen Vorgehen, kann jedoch beobachterspezifische Schwankungen mit sich bringen. Eine Möglichkeit der Optimierung wären rein KI-basierte und vollautomatische Messverfahren beziehungsweise die unabhängige Vermessung durch mehrere Forschende.

4.7.3 Stichprobenbezogene Limitationen

Eine weitere Limitation stellt das Größenverhältnis der untersuchten Kohorten dar. Das Gesamtkollektiv hat zwar eine ausreichende Größe (*n*=89) und ist vergleichbar mit der Kollektivgröße ähnlicher Studien [57, 58, 63]. Dennoch war die Fallzahl insbesondere in der Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* (*n*=27 bzw. *n*=20 bei Vergleichen des Orbitavolumens) gering, was die statistische Aussagekraft – insbesondere für Subgruppenanalysen – und die Vergleichbarkeit mit der Gruppe der *1-Point Fixationen* einschränkt.

Zwar werden seit 2007 im Bundeswehrkrankenhaus Ulm intraoperative Bildgebungsverfahren standardmäßig eingesetzt, jedoch entsprachen diese nicht der für die in dieser Studie vorgenommenen Vermessungen erforderlichen Qualität. Daher konnten nur Fälle seit Anschaffung des in Kapitel 2.4 beschriebenen C-Bogen-CTs (März 2019) in die Auswertung einfließen, was die mögliche Anzahl an Patientenfällen von vornherein deutlich reduzierte.

Schließlich ist zu beachten, dass nur Patientenfälle aus dem Bundeswehrkrankenhaus Ulm in die Studie einbezogen wurden. Aufgrund dieser demografischen und strukturellen Einschränkung ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Kliniken im deutschen beziehungsweise ausländischen Raum nur eingeschränkt möglich. Für die Zukunft wären multizentrische Studien mit vergleichbarem operativem Vorgehen wünschenswert und könnten die Aussagekraft der Ergebnisse und deren Verallgemeinerbarkeit erhöhen.

4.7.4 Fehlende Langzeitparameter

Darüber hinaus erfolgten in der hier vorliegenden Studie keine standardisierten Nachuntersuchungen oder strukturierten Befragungen der Patienten im Nachgang der Operation. Es konnten lediglich die routinemäßigen ambulanten Nachuntersuchungen ausgewertet werden. Diese liefern zwar wertvolle Momentaufnahmen und ergänzen die intraoperativen Befunde, lassen jedoch keine umfassende Langzeitbeurteilung der

Operationsergebnisse, der Knochenremodellierung oder Aussagen zu möglichen Spätkomplikationen zu.

Für die Zukunft wären prospektive Studien mit einer Nachbeobachtungszeit von etwa einem Jahr sinnvoll, um Parameter wie Frakturheilung, Persistenz sensorischer Defizite, ästhetische Zufriedenheit der Patienten und funktionelle Ergebnisse systematisch erfassen zu können und diese mit den jeweiligen Operationsmethoden zu korrelieren.

4.8 Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend kann die *1-Point Fixation* am zygomaticomaxillären Pfeiler als eine sichere und primär stabile Fixationsmethode bei ZMC-Frakturen eingestuft werden, insbesondere bei einfacheren Frakturmustern [56, 92]. In Kombination mit intraoperativer Repositionskontrolle durch CBCT lassen sich aber auch schwerere Frakturmuster suffizient mit *1-Point Fixation* versorgen wie die Ergebnisse unserer Studie zeigen.

Multiple-Point Fixation ist und bleibt bei höhergradigen Frakturmustern, insbesondere in Abwesenheit von CBCT, eine sichere und bewährte Methode und zeigte in unserer Studie auch die genaueren Messergebnisse im Vergleich zur *1-Point Fixation*. Für die Zukunft wären größer angelegte, prospektive und multizentrische Studien sinnvoll. In diesen sollte der Einfluss der intraoperativen CBCT untersucht werden, um die in dieser Studie dargestellten Ergebnisse, nämlich dass *1-Point Fixation* nach intraoperativer CBCT unter bestimmten Bedingungen auch bei höhergradigen Frakturmustern (*Zingg* Typ B/Typ C) angewendet werden kann, zu bestätigen. Bis sich eine intraoperative CBCT flächendeckend etabliert hat, sollte die Wahl der Anzahl der Fixationsstellen vorerst weiterhin eine interindividuelle Entscheidung des verantwortlichen Chirurgen sein und in Abhängigkeit der diagnostischen Möglichkeiten geschehen.

Unsere Studie zeigt auf, dass das in der Klinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Ulm angewendete, eskalierende Vorgehen viele Vorteile der verschiedenen Fixationsmethoden vereint. Führte eine *1-Point Fixation* zu einer zufriedenstellenden Frakturreduktion und einem radiografisch und intraoperativ stabilen Ergebnis, konnte im direkten Vergleich ressourcenschonend, gewebeschonend und ästhetisch operiert werden – ohne funktionelle Einschränkungen. Genügte die *1-Point Fixation* nach intraoperativer Bildgebung nicht, konnte direkt revidiert werden und im Sinne eines minimalinvasiven Vorgehens bis zu dem Punkt weiter eskaliert werden, der ein stabiles Operationsergebnis präsentierte – zum Vorteil für Patient und Ärzteteam.

5 Zusammenfassung

Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes (ZMC) zählen zu den häufigsten Verletzungen des Mittelgesichts und können neben funktionellen Einschränkungen wie Diplopie, Mundöffnungs- oder Okklusionsstörungen auch relevante ästhetische Beeinträchtigungen verursachen. Aufgrund der konturgebenden Funktion des Jochbeins kommt der operativen Versorgung dieser Frakturen eine besondere klinische Bedeutung zu. Während in der Vergangenheit davon ausgegangen wurde, dass eine möglichst hohe Anzahl an Fixationspunkten erstrebenswert ist, werden zunehmend minimalinvasive Vorgehen unter Einsatz intraoperativer 3D-Bildgebung (*dreidimensionale Bildgebung*) diskutiert und in einzelnen Zentren bereits angewandt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Repositionsergebnisse und knöcherne Symmetrie des ZMC nach *1-Point Fixation* im Vergleich zu *Multiple-Point Fixation* nach intraoperativer 3D-Bildgebung zu untersuchen.

In dieser retrospektiven Studie wurden Daten von insgesamt 89 Patienten, welche im Zeitraum März 2019 bis Dezember 2024 im Bundeswehrkrankenhaus in Ulm wegen einer unilateralen Jochbeinfraktur operativ versorgt wurden, ausgewertet. Alle Eingriffe erfolgten über primären intraoralen Zugang *nach Keen*, initialer Reposition und Fixation im Bereich des zygomaticomaxillären Pfeilers (*Crista zygomaticoalveolaris*). Anschließend wurde das Repositionsergebnis mithilfe von CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) überprüft. In Abhängigkeit der radiologischen Bewertung des Ergebnisses wurden eine oder mehrere Platten im Bereich des Infraorbital- und/oder Lateroorbitalrand angebracht, oder die Operation ohne weitere Osteosynthese und Zugänge abgeschlossen.

Zur Beurteilung der Repositionsqualität wurden prä- und intraoperative CT-Scans (*Computertomographie-Scans*) mittels einheitlicher Referenzlinien vermessen und mithilfe eines Asymmetrieindex quantifiziert. Weiter wurden die Orbitavolumen derselben CT-Scans volumetrisch und KI-unterstützt vermessen. Die Auswertung zeigte, dass beide Fixationsmethoden zu einer signifikanten Verbesserung der knöchernen Symmetrie und Reduktion der Frakturdislokation führten. Die *Multiple-*

Point Fixation erzielte hinsichtlich einiger intraoperativer Symmetrieparameter (Breitendifferenz und Differenz der Diagonale) signifikant geringere Abweichungen. Für die Wiederherstellung des Orbitavolumens ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen. Weiter wiesen Patienten in der Gruppe der *Multiple-Point Fixationen* präoperativ signifikant höhere Werte bei einigen Parametern (Asymmetrieindex und malare Höhendifferenz) auf, was für eine tendenziell höhere Frakturschwere in dieser Gruppe hinweist. Intraoperative Revisionen traten mit ca. 11 % in beiden Gruppen ähnlich häufig auf. Eine sekundäre Revision war in keinem der untersuchten Fälle notwendig. Postoperative Komplikationen betrafen überwiegend Hypästhesien im Ausbreitungsgebiet des *N. infraorbitalis*, die sich basierend auf den vorhandenen Nachuntersuchungsdaten bei allen Patienten im postoperativen Verlauf zurückbildeten. Schwere ästhetische oder funktionelle Folgeerscheinungen waren für keinen Fall dokumentiert, und in keinem Fall war eine nachträgliche korrigierende Operation notwendig.

Die vorliegende Arbeit verdeutlicht zudem den Stellenwert der intraoperativen 3D-Bildgebung mittels CBCT. Durch die standardmäßige Anwendung konnten unzureichende Repositionen bereits intraoperativ detektiert und unmittelbar korrigiert werden, wodurch zum einen die postoperative CT-Kontrolle entbehrlich war und zum anderen sekundäre Revisionen vermieden werden konnten.

Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass eine suffiziente Rekonstruktion des zygomaticomaxillären Komplexes mittels *1-Point Fixation* möglich ist, sofern eine intraoperative radiologische Kontrolle gewährleistet ist. Die *1-Point Fixation* bietet somit insbesondere bei weniger komplexen Frakturmustern eine stabile, gewebeschonende und ästhetisch vorteilhafte Alternative zur *Multiple-Point Fixation*. Für komplexere Frakturmuster mit höherer Dislokation oder Trümmerung bleibt die *Multiple-Point Fixation* eine bewährte Methode, wenngleich es stets einer individuellen Entscheidung durch den operierenden Chirurgen bedarf. Die intraoperative 3D-Bildgebung mittels CBCT stellt in diesem Zusammenhang einen entscheidenden Faktor für die qualitativ hochwertige Versorgung dar und sollte flächendeckend als Standardverfahren in der operativen Versorgung von ZMC-Frakturen etabliert werden.

6 Literaturverzeichnis

1. **Adan AM, Elsobki AA, Elzahzahy AA, Eldegwi AA** (2025) Comparative Evaluation of 1-Point vs 2-Point Fixation of Zygomaticomaxillary Complex Fracture. Egypt J Hosp Med 99:1628–1632. doi: 10.21608/ejhm.2025.422605

2. **Ahn HB, Ryu WY, Yoo KW, Park WC, Rho SH, Lee JH, Choi SS** (2008) Prediction of Enophthalmos by Computer-Based Volume Measurement of Orbital Fractures in a Korean Population. Ophthal Plast Reconstr Surg 24:36–39. doi: 10.1097/IOP.0b013e31815eb7ce

3. **Al-Iryani GM, Alharbi FA, Makrami AM, Maghdi AA** (2020) Patterns and Etiology of Maxillofacial Fractures: A 5-Year Retrospective Study. J Contemp Dent Pract 21:445–452. doi: 10.5005/jp-journals-10024-2808

4. **Aman HM, Alenezi A, Ducic Y, Reddy LV** (2020) Secondary Reconstruction of the Zygomaticomaxillary Complex. Semin Plast Surg 34:254–259. doi: 10.1055/s-0040-1721761

5. **Arjmand H, Billig A, Clement A, Hopfgartner A, Whyne CM, Fialkov JA** (2023) Is three-point fixation needed to mechanically stabilize zygomaticomaxillary complex fractures? J Plast Reconstr Aesthet Surg 84:47–53. doi: 10.1016/j.bjps.2023.04.086

6. **Arjmand H, Fialkov JA, Whyne CM** (2024) Modeling stability post zygomatic fracture reconstruction. J Plast Reconstr Aesthet Surg 91:241–248. doi: 10.1016/j.bjps.2024.02.002

7. **Assouline SL, Meyer C, Weber E, Chatelain B, Barrabe A, Sigaux N, Louvrier A** (2021) How useful is intraoperative cone beam computed tomography in maxillofacial surgery? An overview of the current literature. Int J Oral Maxillofac Surg 50:198–204. doi: 10.1016/j.ijom.2020.05.006

8. **Balakrishnan K, Ebenezer V, Dakir A, Kumar S, Prakash D** (2015) Management of tripod fractures (zygomaticomaxillary complex) 1 point and 2 point fixations: A 5-year review. J Pharm Bioallied Sci 7:242. doi: 10.4103/0975-7406.155937

9. **Benoliel R, Birenboim R, Regev E, Eliav E** (2005) Neurosensory changes in the infraorbital nerve following zygomatic fractures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology 99:657–665. doi: 10.1016/j.tripleo.2004.10.014

10. **Bergeron JM, Hohman MH, Raggio BS** (2025) Zygomatic Arch Fracture. In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)

11. **Bharadwaj PK, Patel K N A, Gowda G, Bhat P, Iyengar S** (2024) A comparison of one point versus two point fixation in the management of zygomatico-maxillary complex fractures. J Oral Med Oral Surg Oral Pathol Oral Radiol 10:20–26. doi: 10.18231/j.jooo.2024.004

12. **Birgfeld CB, Mundinger GS, Gruss JS** (2017) Evidence-Based Medicine: Evaluation and Treatment of Zygoma Fractures. Plast Reconstr Surg 139:168e–180e. doi: 10.1097/PRS.0000000000002852

13. **Bogusiak K, Arkuszewski P** (2010) Characteristics and Epidemiology of Zygomaticomaxillary Complex Fractures. J Craniofac Surg 21:1018–1023. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181e62e47

14. **Bosson JK, Vandello JA, Burnaford RM, Weaver JR, Arzu Wasti S** (2009) Precarious Manhood and Displays of Physical Aggression. Pers Soc Psychol Bull 35:623–634. doi: 10.1177/0146167208331161

15. **Bouguila J, Zairi I, Khonsari RH, Hellali M, Mehri I, Landolsi A, Zitouni K, Mokhtar M, Adouani A** (2008) Les fractures de l'os zygomatique : à propos de 356 cas. Ann Chir Plast Esthét 53:495–503. doi: 10.1016/j.anplas.2008.03.004

16. **Bradley D, Leung B, Saxena S, Dungarwalla M, Chapireau D, Fan K** (2019) Surgical management of zygomatic complex fractures in a major trauma centre. Plast Aesthetic Res 2019. doi: 10.20517/2347-9264.2019.06

17. **Bundeskriminalamt** (2025) Polizeiliche Kriminalstatistik 2024. Bundeskriminalamt (BKA), Wiesbaden

18. **Bundeskriminalamt, Polizeien der Länder** (2023) Sicherheit und Kriminalität in Deutschland - SKiD 2020; Bundesweite Kernbefunde des Viktimisierungssurvey. Bundeskriminalamt (BKA), Wiesbaden

19. **Choi KY, Ryu DW, Yang JD, Chung HY, Cho BC** (2013) Feasibility of 4-Point Fixation Using the Preauricular Approach in a Zygomaticomaxillary Complex Fracture: J Craniofac Surg 24:557–562. doi: 10.1097/SCS.0b013e3182700d23

20. **Choi SH, Kang DH, Gu JH** (2016) The Correlation between the Orbital Volume Ratio and Enophthalmos in Unoperated Blowout Fractures. Arch Plast Surg 43:518–522. doi: 10.5999/aps.2016.43.6.518

21. **Chowdhury SR, Menon PS** (2005) Etiology and Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures in the Armed Forces. Med J Armed Forces India 61:238–240. doi: 10.1016/S0377-1237(05)80162-5

22. **Cohen J** (1988) Statistical Power Analysis for the behavioral sciences, 2. ed. Erlbaum, Hillsdale, NJ [u.a.]

23. **Cuddy K, Dierks EJ, Cheng A, Patel A, Amundson M, Bell RB** (2021) Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures Utilizing Intraoperative 3-Dimensional Imaging: The ZYGOMAS Protocol. J Oral Maxillofac Surg 79:177–182. doi: 10.1016/j.joms.2020.08.028

24. **Cuddy K, Khatib B, Bell RB, Cheng A, Patel A, Amundson M, Dierks EJ** (2018) Use of Intraoperative Computed Tomography in Craniomaxillofacial Trauma Surgery. J Oral Maxillofac Surg 76:1016–1025. doi: 10.1016/j.joms.2017.12.004

25. **Dakir A, Muthumani T, Prabu NP, Mohan R, Maity A** (2015) One point fixation of zygomatic tripod fractures in the zygomatic buttress through Keen's intraoral approach: A review of 30 cases. J Pharm Bioallied Sci 7:S238–S241. doi: 10.4103/0975-7406.155934

26. **Dal Santo F, Ellis E, Throckmorton GS** (1992) The effects of zygomatic complex fracture on masseteric muscle force. J Oral Maxillofac Surg 50:791–799. doi: 10.1016/0278-2391(92)90267-4

27. **De Souza Carvalho ACG, Pereira CCS, Queiroz TP, Magro-Filho O** (2012) Intraoral Approach to Zygomatic Fracture: Modified Technique for Infraorbital Rim Fixation. J Craniofac Surg 23:537–538. doi: 10.1097/SCS.0b013e3182418ea6

28. **Degala S, Radhakrishna S, Dharmarajan S** (2021) Zygomaticomaxillary fracture fixation: a prospective comparative evaluation of two-point versus three-point fixation. Oral Maxillofac Surg 25:41–48. doi: 10.1007/s10006-020-00881-4

29. **Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie** (2014) S2k-Leitlinie - Laterale Mittelgesichtsfrakturen. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), Berlin

30. **Dubron K, Verbist M, Shaheen E, Dormaar TJ, Jacobs R, Politis C** (2022) Incidence, Aetiology, and Associated Fracture Patterns of Infraorbital Nerve Injuries Following Zygomaticomaxillary Complex Fractures: A Retrospective Analysis of 272 Patients. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr 15:139–146. doi: 10.1177/19433875211022569

31. **Ebrahimi A, Kalantar Motamedi MH, Rasouli HR, Naghdi N** (2019) Enophthalmos and Orbital Volume Changes in Zygomaticomaxillary Complex Fractures: Is There a Correlation Between Them? J Oral Maxillofac Surg 77:134.e1-134.e9. doi: 10.1016/j.joms.2018.08.028

32. **El-Gisr MM, Naggar AAE, Khalifa MA, Amer MAE** (2024) Single Versus Multiple Point Fixation of Zygomaticomaxillary Complex Fracture. Pan Arab J Rhinol 14. doi: 10.58595/2090-7559.1232

33. **Elkahwagi M, Eldegwi A** (2022) Minimally Invasive Single-Point Stabilization of Zygomaticomaxillary Complex Fractures. J Maxillofac Oral Surg 21:1355–1362. doi: 10.1007/s12663-021-01520-5

34. **Ellis E, El-Attar A, Moos KF** (1985) An Analysis of 2,067 cases of zygomatico-orbital fracture. J Oral Maxillofac Surg 43:417–428. doi: 10.1016/S0278-2391(85)80049-5

35. **Ellis E, Kittidumkerng W** (1996) Analysis of treatment for isolated zygomaticomaxillary complex fractures. J Oral Maxillofac Surg Off J Am Assoc Oral Maxillofac Surg 54:386–400; discussion 400-401. doi: 10.1016/s0278-2391(96)90107-x

36. **Ellstrom CL, Evans GRD** (2013) Evidence-Based Medicine: Zygoma Fractures. Plast Reconstr Surg 132:1649–1657. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182a80819

37. **Eski M, Sahin I, Deveci M, Turegun M, Isik S, Sengezer M** (2006) A Retrospective Analysis of 101 Zygomatico-Orbital Fractures. J Craniofac Surg 17:1059–1064. doi: 10.1097/01.scs.0000235111.92988.b2

38. **Fan X, Li J, Zhu J, Li H, Zhang D** (2003) Computer-Assisted Orbital Volume Measurement in the Surgical Correction of Late Enophthalmos Caused by Blowout Fractures: Ophthal Plast Reconstr Surg 19:207–211. doi: 10.1097/01.IOP.0000062848.26273.E5

39. **Frank Ras, Luc L.M.H. Habets, Floris C. van Ginkel, Birte Prahl-Andersen** (1995) Method for quantifying facial asymmetry in three dimensions using stereophotogrammetry. Angle Orthod 65:233–239. doi: 10.1043/0003-3219(1995)065%253C0233:MFQFAI%253E2.0.CO;2

40. **Franke A, Matschke JB, Bučkova M, Rahrisch L, Lauer G, Leonhardt H** (2025) Symmetry-based analysis after surgical treatment of zygomaticomaxillary complex fractures using intraoperative cone-beam computed tomography: a retrospective case-control study. Sci Rep 15:5898. doi: 10.1038/s41598-025-90481-7

41. **Gander T, Blumer M, Rostetter C, Wagner M, Zweifel D, Schumann P, Wiedemeier DB, Rücker M, Essig H** (2018) Intraoperative 3-dimensional cone beam computed tomographic imaging during reconstruction of the zygoma and orbit. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 126:192–197. doi: 10.1016/j.oooo.2018.04.008

42. **Gawande MJ, Lambade PN, Bande C, Gupta MK, Mahajan M, Dehankar T** (2021) Two-Point versus Three-Point Fixation in the Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures: A Comparative Study. Ann Maxillofac Surg 11:229–235. doi: 10.4103/ams.ams_75_20

43. **Gerbino G, Autorino U, Borbon C, Marcolin F, Olivetti E, Vezzetti E, Zavattero E** (2021) Malar augmentation with zygomatic osteotomy in orthognatic surgery: Bone and soft tissue changes threedimensional evaluation. J Cranio-Maxillofac Surg 49:223–230. doi: 10.1016/j.jcms.2021.01.008

44. **Gutwald R, Schmelzeisen R** (2002) Traumatologie, in: Curriculum Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Chirurgie Band III, 1st ed. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

45. **Hammuda A** (2018) Intraoral Approach for Reduction and Fixation of Infraorbital Rim Fracture. Egypt J Oral Maxillofac Surg 9:179–184. doi: 10.21608/omx.2019.6195.1021

46. **Heiland M, Schulze D, Blake F, Schmelzle R** (2005) Intraoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using a 3D C-arm system. Int J Oral Maxillofac Surg 34:369–375. doi: 10.1016/j.ijom.2004.09.010

47. **Hurrell MJL, Borgna SC, David MC, Batstone MD** (2016) A multi-outcome analysis of the effects of treatment timing in the management of zygomatic fractures. Int J Oral Maxillofac Surg 45:51–56. doi: 10.1016/j.ijom.2015.08.995

48. **Hwang K** (2010) One-Point Fixation of Tripod Fractures of Zygoma Through a Lateral Brow Incision. J Craniofac Surg 21:1042–1044. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181e48607

49. **Ji SY, Kim SS, Kim MH, Yang WS** (2016) Surgical Methods of Zygomaticomaxillary Complex Fracture. Arch Craniofacial Surg 17:206. doi: 10.7181/acfs.2016.17.4.206

50. **Jin H-R, Shin S-O, Choo M-J, Choi Y-S** (2000) Relationship between the extent of fracture and the degree of enophthalmos in isolated blowout fractures of the medial orbital wall. J Oral Maxillofac Surg 58:617–620. doi: 10.1016/S0278-2391(00)90152-6

51. **Jung S, Yoon S, Nam SH** (2022) Proposal for a modified classification of isolated zygomatic arch fractures. Arch Craniofacial Surg 23:111–118. doi: 10.7181/acfs.2022.00045

52. **Kasrija R, Gupta H, Mittal T, Dang M, Behl R, Kumar M, Gupta S** (2025) Two-Point Versus Three-Point Fixation in Zygomaticomaxillary Complex (ZMC) Fractures: A Narrative Review. Cureus. doi: 10.7759/cureus.85659

53. **Kelley P, Hopper R, Gruss J** (2007) Evaluation and Treatment of Zygomatic Fractures: Plast Reconstr Surg 120:5S-15S. doi: 10.1097/01.prs.0000260720.73370.d7

54. **Khaqani MS, Tavosi F, Gholami M, Eftekharian HR, Khojastepour L** (2018) Analysis of Facial Symmetry After Zygomatic Bone Fracture Management. J Oral Maxillofac Surg 76:595–604. doi: 10.1016/j.joms.2017.10.005

55. **Kim JH, Kim YS, Oh DY, Jun YJ, Rhie JW, Moon S-H** (2020) Efficacy of Altered Two-Point Fixation in Zygomaticomaxillary Complex Fracture. BioMed Res Int 2020:8537345. doi: 10.1155/2020/8537345

56. **Kim JH, Lee JH, Hong SM, Park CH** (2012) The Effectiveness of 1-Point Fixation for Zygomaticomaxillary Complex Fractures. Arch Otolaryngol Neck Surg 138:828. doi: 10.1001/archoto.2012.1815

57. **Kim ST, Go DH, Jung JH, Cha HE, Woo JH, Kang IG** (2011) Comparison of 1-Point Fixation With 2-Point Fixation in Treating Tripod Fractures of the Zygoma. J Oral Maxillofac Surg 69:2848–2852. doi: 10.1016/j.joms.2011.02.073

58. **Kim SY, Nam SM, Park ES, Kim YB** (2019) Evaluation of one-point fixation for zygomaticomaxillary complex fractures using a three-dimensional photogrammetric analysis. J Otolaryngol - Head Neck Surg 48:36. doi: 10.1186/s40463-019-0359-2

59. **Kolk A, Pautke C, Schott V, Ventrella E, Wiener E, Ploder O, Horch HH, Neff A** (2007) Secondary Post-Traumatic Enophthalmos: High-Resolution Magnetic Resonance Imaging Compared With Multislice Computed Tomography in Postoperative Orbital Volume Measurement. J Oral Maxillofac Surg 65:1926–1934. doi: 10.1016/j.joms.2006.06.269

60. **Kostakis G, Stathopoulos P, Dais P, Gkinis G, Igoumenakis D, Mezitis M, Rallis G** (2012) An epidemiologic analysis of 1,142 maxillofacial fractures and concomitant injuries. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 114:S69–S73. doi: 10.1016/j.tripleo.2011.08.029

61. **Lakshmi R, Chitra A, Singh A, Pentapati KC, Gadicherla S** (2022) Neurosensory Assessment of Infraorbital Nerve Injury Following Unilateral Zygomaticomaxillary Complex Fracture – A Prospective Study. Open Dent J 16:e187421062206140. doi: 10.2174/18742106-v16-e2206140

62. **Lee JW, Chiu HY** (1993) Quantitative computed tomography for evaluation of orbital volume change in blow-out fractures. J Formos Med Assoc Taiwan Yi Zhi 92:349–355

63. **Lee KS, Do GC, Shin JB, Kim MH, Kim JS, Kim NG** (2022) One-point versus two-point fixation in the management of zygoma complex fractures. Arch Craniofacial Surg 23:171–177. doi: 10.7181/acfs.2022.00164

64. **Lee P-K, Lee J-H, Choi Y-S, Oh D-Y, Rhie J-W, Han K-T, Ahn S-T** (2006) Single Transconjunctival Incision and Two-point Fixation for the Treatment of Noncomminuted Zygomatic Complex Fracture. J Korean Med Sci 21:1080. doi: 10.3346/jkms.2006.21.6.1080

65. **Makkad AS** (2023) Management of zygomatico maxillary complex fractures among Indian patients. Bioinformation 19:120–125. doi: 10.6026/97320630019120

66. **Mo YW, Kim SW, Shin HK** (2020) Prediction of late enophthalmos using quantitative measures in isolated medial orbital wall fracture: Multiple regression analysis. J Plast Reconstr Aesthet Surg 73:576–585. doi: 10.1016/j.bjps.2019.10.010

67. **Mohan M, P.S. T, Shetty P, Menon A** (2016) Keen's Approach : A Dynamic Approach for Zygomatic Arch Fracture Management. Nitte Univ J Health Sci 6:92–94

68. **Nainoor N, Shobha ES, Prashanth NT, Rangan V, Malick R, Shetty S** (2024) Efficacy of Two-Point Versus Three-Point Fixation for Zygomaticomaxillary Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. J Maxillofac Oral Surg 23:1166–1174. doi: 10.1007/s12663-024-02139-y

69. **Neto RMS, Zotarelli-Filho IJ, Ribeiro Da Silva CEXS** (2023) Meta-analysis of the Major Clinical Results of the Treatment with 1-Point Fixation in Fractures in the Zygomatic-Maxillary Complex: Success Rate and Complications. J Maxillofac Oral Surg 22:1–8. doi: 10.1007/s12663-021-01603-3

70. **Olivetto M, Testelin S** (2024) Use of intraoperative 3D imaging in the maxillofacial operating room: A French national survey. J Stomatol Oral Maxillofac Surg 125:101542. doi: 10.1016/j.jormas.2023.101542

71. **Park JC** (2023) Effects of surgical factors on the outcomes of zygoma reduction malarplasty: a quantitative computed tomography study. Maxillofac Plast Reconstr Surg 45:3. doi: 10.1186/s40902-023-00371-z

72. **Pietzka S, Grieser A, Winter K, Schramm A, Metzger M, Semper-Hogg W, Grunert M, Ebeling M, Sakkas A, Wilde F** (2024) Comparison of the Effective Radiation Dose in the Region of the Facial Skull Between Multidetector CT, Dental Conebeam CT and Intraoperative 3D C-Arms. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr 17:270–278. doi: 10.1177/19433875231213906

73. **Ploder O, Klug C, Voracek M, Burggasser G, Czerny C** (2002) Evaluation of computer-based area and volume measurement from coronal computed tomography scans in isolated blowout fractures of the orbital floor. J Oral Maxillofac Surg 60:1267–1272. doi: 10.1053/joms.2002.35722

74. **Pons M, Lutz J-C, Chatelain B, Weber E, Barrabé A, Meyer C, Sigaux N, Louvrier A** (2021) Impact of intraoperative cone beam computed tomography in the management of zygomatic fractures. J Stomatol Oral Maxillofac Surg 122:349–354. doi: 10.1016/j.jormas.2020.11.005

75. **Prajapati V, Shahi A, Prakash O, Ekram S** (2021) Etiology, Modalities of Zygomaticomaxillary Complex Fracture, open reduction and fixation. J Clin Exp Dent e215–e220. doi: 10.4317/jced.57445

76. **Raghoebar II, Rozema FR, De Lange J, Dubois L** (2022) Surgical treatment of fractures of the zygomaticomaxillary complex: effect of fixation on repositioning and stability. A systematic review. Br J Oral Maxillofac Surg 60:397–411. doi: 10.1016/j.bjoms.2021.07.006

77. **Rahbin S, Sunnergren O, McBride E, Darabi H, Alinasab B** (2024) Does More Invasive Surgery Result in Higher Patient Satisfaction? A Long-Term Follow-Up of 136 Zygomaticomaxillary Complex Fractures. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr 17:NP271–NP280. doi: 10.1177/19433875241286544

78. **Ramieri G, Spada MC, Bianchi SD, Berrone S** (2000) Dimensions and volumes of the orbit and orbital fat in posttraumatic enophthalmos. Dentomaxillofacial Radiol 29:302–311. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600551

79. **Rana M, Warraich R, Tahir S, Iqbal A, Von See C, Eckardt AM, Gellrich N-C** (2012) Surgical treatment of zygomatic bone fracture using two points fixation versus three point fixation-a randomised prospective clinical trial. Trials 13:36. doi: 10.1186/1745-6215-13-36

80. **Rashid A, Feinberg L, Fan K** (2024) The Application of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) on the Diagnosis and Management of Maxillofacial Trauma. Diagnostics 14:373. doi: 10.3390/diagnostics14040373

81. **Raskin EM, Millman AL, Lubkin V, Delia Rocca RC, Lisman RD, Maher EA** (1998) Prediction of Late Enophthalmos by Volumetric Analysis of Orbital Fractures: Ophthal Plast Reconstr Surg 14:19–26. doi: 10.1097/00002341-199801000-00006

82. **Refahee SM, Khalifa ME, Askar MG, Breshah MN** (2024) Role of finite element analysis for selection of single point fixation in zygomaticomaxillary complex fracture. BMC Oral Health 24:15. doi: 10.1186/s12903-023-03822-1

83. **Rohit R, Vishal, Prajapati V-K, Shahi A-K, Prakash O, Ekram S** (2021) Etiology, Modalities of Zygomaticomaxillary Complex Fracture, open reduction and fixation. J Clin Exp Dent 13:e215–e220. doi: 10.4317/jced.57445

84. **Sakavicius D, Juodzbalys G, Kubilius R, Sabalys GP** (2008) Investigation of infraorbital nerve injury following zygomaticomaxillary complex fractures. J Oral Rehabil 35:903–916. doi: 10.1111/j.1365-2842.2008.01888.x

85. **Sakkas A, Schulze J, Scheurer M, Rana M, Kasper R, Ebeling M, Schramm A, Wilde F, Knitz M** (2025) Intraoperative CT evaluation of repositioning accuracy in zygomaticomaxillary complex fractures: 1-point versus multiple-point fixation. Head Face Med 21:83. doi: 10.1186/s13005-025-00558-x

86. **Sakkas A, Weiß C, Pietzka S, Wilde F, Thiele OC, Mischkowski RA** (2024) Evaluation of Different Patterns of Zygomaticoorbital Complex Fractures. Craniomaxillofacial Trauma Reconstr 17:92–103. doi: 10.1177/19433875231161906

87. **Sarkarat F, Ebrahimi S, Kahali R, Pirhadi Rad A, Khosravi M, Rakhshan V** (2019) Finite Element Simulation of Displacement of the Broken Zygoma and Forces Exerted to the Complex After Fixation with Resorbable and Non-Resorbable One-Point Mini-Plates and Applying Normal or Severe Occlusal Loads. Trauma Mon In Press. doi: 10.5812/traumamon.85586

88. **Schultze-Mosgau S, Erbe M, Rudolph D, Ott R, Neukam FW** (1999) Prospective study on post-traumatic and postoperative sensory disturbances of the inferior alveolar nerve and infraorbital nerve in mandibular and midfacial fractures. J Cranio-Maxillofac Surg 27:86–93. doi: 10.1016/S1010-5182(99)80019-5

89. **Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker KH** (2022) PROMETHEUS Kopf, Hals und Neuroanatomie: LernAtlas der Anatomie, 6th ed. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart

90. **Schwenzer N, Ehrenfeld M** (2011) Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, 4th ed. Georg Thieme Verlag, Stuttgart

91. **SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration, Hageman S, Pennells L, Ojeda F, Kaptoge S, Kuulasmaa K, De Vries T, Xu Z, Kee F, Chung R, Wood A, McEvoy JW, Veronesi G, Bolton T, Achenbach S, Aleksandrova K, Amiano P, Sebastian D-S, Amouyel P, Andersson J, Bakker SJL, Da Providencia Costa RB, Beulens JWJ, Blaha M, Bobak M, Boer JMA, Bonet C, Bonnet F, Boutron-Ruault M-C, Braaten T, Brenner H, Brunner F, Brunner EJ, Brunström M, Buring J, Butterworth AS, Capkova N, Cesana G, Chrysohoou C, Colorado-Yohar S, Cook NR, Cooper C, Dahm CC, Davidson K, Dennison E, Di Castelnuovo A, Donfrancesco C, Dörr M, Doryńska A, Eliasson M, Engström G, Ferrari P, Ferrario M, Ford I, Fu M, Gansevoort RT, Giampaoli S, Gillum RF, Gómez De La Cámara A, Grassi G, Hansson P-O, Huculeci R, Hveem K, Iacoviello L, Ikram MK, Jørgensen T, Joseph B, Jousilahti P, Wouter Jukema J, Kaaks R, Katzke V, Kavousi M, Kiechl S, Klotsche J, König W, Kronmal RA, Kubinova R, Kucharska-Newton A, Läll K, Lehmann N, Leistner D, Linneberg A, Pablos DL, Lorenz T, Lu W, Luksiene D, Lyngbakken M, Magnussen C, Malyutina S, Ibañez AM, Masala G, Mathiesen EB, Matsushita K, Meade TW, Melander O, Meyer HE, Moons KGM, Moreno-Iribas C, Muller D, Münzel T, Nikitin Y, Nordestgaard BG, Omland T, Onland C, Overvad K, Packard C, Pająk A, Palmieri L, Panagiotakos D, Panico S, Perez-Cornago A, Peters A, Pietilä A, Pikhart Hynek, Psaty BM, Quarti-Trevano F, Garcia JRQ, Riboli E, Ridker PM, Rodriguez B, Rodriguez-Barranco M, Rosengren A, Roussel R, Sacerdote C, Sans S, Sattar N, Schiborn C, Schmidt B, Schöttker B, Schulze M, Schwartz JE, Selmer RM, Shea S, Shipley MJ, Sieri S, Söderberg S, Sofat R, Tamosiunas A, Thorand B, Tillmann T, Tjønneland A, Tong TYN, Trichopoulou A, Tumino R, Tunstall-Pedoe H, Tybjaerg-Hansen A, Tzoulaki J, Van Der Heijden A, Van Der Schouw YT, Verschuren WMM, Völzke H, Waldeyer C, Wareham NJ, Weiderpass E, Weidinger F, Wild P, Willeit J, Willeit P, Wilsgaard T, Woodward M, Zeller T, Zhang D, Zhou B, Dendale P, Ference BA, Halle M, Timmis A, Vardas P, Danesh J, Graham I, Salomaa V, Visseren F, De Bacquer D, Blankenberg S, Dorresteijn J, Di Angelantonio E** (2021) SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. Eur Heart J 42:2439–2454. doi: 10.1093/eurheartj/ehab309

92. **Shokri T, Sokoya M, Cohn JE, Bahrami A, Inman J, Ducic Y** (2020) Single-Point Fixation for Noncomminuted Zygomaticomaxillary Complex Fractures—A 20-Year Experience. J Oral Maxillofac Surg 78:778–781. doi: 10.1016/j.joms.2019.12.030

93. **Sridhar P, Sandeep S, Prasad K, R. M. L, K. R, Munoyath K. S** (2017) Comparative Evaluation of Single Point Fixation at Zygomatic Buttress and Fronto Zygomatic Rim in Zygomatic Complex Fractures -A Prospective Study. J Dent Oro-Facial Res 13:27–39

94. **Starch-Jensen T, Linnebjerg LB, Jensen JD** (2018) Treatment of Zygomatic Complex Fractures with Surgical or Nonsurgical Intervention: A Retrospective Study. Open Dent J 12:377–387. doi: 10.2174/1874210601812010377

95. **Strong E, Sykes J** (1998) Zygoma Complex Fractures. Facial Plast Surg 14:105–115. doi: 10.1055/s-0028-1085306

96. **Strong EB, Gary C** (2017) Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures. Facial Plast Surg Clin N Am 25:547–562. doi: 10.1016/j.fsc.2017.06.006

97. **Taicher S, Ardekian L, Samet N, Shoshani Y, Kaffe I** (1993) Recovery of the infraorbital nerve after zygomatic complex fractures: A preliminary study of different treatment methods. Int J Oral Maxillofac Surg 22:339–341. doi: 10.1016/S0901-5027(05)80662-9

98. **Ţent PA, Juncar R-I, Juncar M** (2020) Epidemiological Analysis of Zygomatic Bone Fractures in North-Western Romanian Population: A 10-Year Retrospective Study. In Vivo 34:2049–2055. doi: 10.21873/invivo.12006

99. **Tripathi N, Goyal M, Mishra B, Dhasmana S** (2013) Zygomatic complex fracture: A comparative evaluation of stability using titanium and bio-resorbable plates as one point fixation. Natl J Maxillofac Surg 4:181. doi: 10.4103/0975-5950.127648

100. **Ungari C, Filiaci F, Riccardi E, Rinna C, Iannetti G** (2012) Etiology and incidence of zygomatic fracture: a retrospective study related to a series of 642 patients. Eur Rev Med Pharmacol Sci 16:1559–1562

101. **Van Hout WMMT, De Kort WWB, Ten Harkel TC, Van Cann EM, Rosenberg AJWP** (2022) Zygomaticomaxillary complex fracture repair with intraoperative CBCT imaging. A prospective cohort study. J Cranio-Maxillofac Surg 50:54–60. doi: 10.1016/j.jcms.2021.09.009

102. **Van Hout WMMT, Van Cann EM, Koole R, Rosenberg AJWP** (2016) Surgical treatment of unilateral zygomaticomaxillary complex fractures: A 7-year observational study assessing treatment outcome in 153 cases. J Cranio-Maxillofac Surg 44:1859–1865. doi: 10.1016/j.jcms.2016.09.002

103. **Wang HD, Dillon J** (2021) Contemporary Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures. Semin Plast Surg 35:256–262. doi: 10.1055/s-0041-1735812

104. **Whitehouse RW, Batterbury M, Jackson A, Noble JL** (1994) Prediction of enophthalmos by computed tomography after “blow out” orbital fracture. Br J Ophthalmol 78:618–620. doi: 10.1136/bjo.78.8.618

105. **Widodo DW, Dewi DJ, Ranakusuma RW, Irawati Y** (2021) Evaluation of 3 and 2-point internal fixation in the management of zygomaticomaxillary complex fractures: Case report. Ann Med Surg 67. doi: 10.1016/j.amsu.2021.102539

106. **Wilde F, Lorenz K, Ebner A-K, Krauss O, Mascha F, Schramm A** (2013) Intraoperative Imaging With a 3D C-Arm System After Zygomatico-Orbital Complex Fracture Reduction. J Oral Maxillofac Surg 71:894–910. doi: 10.1016/j.joms.2012.10.031

107. **World Medical Association Declaration of Helsinki** (2013) World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. JAMA 310:2191. doi: 10.1001/jama.2013.281053

108. **Yab K, Tajima S, Ohba S** (1997) Displacements of Eyeball in Orbital Blowout Fractures: Plast Reconstr Surg 100:1409–1417. doi: 10.1097/00006534-199711000-00005

109. **Yang S, Cho J-Y, Shim W-C, Kim S** (2021) Retrospective study about the postoperative stability of zygomaticomaxillary complex fracture. Maxillofac Plast Reconstr Surg 43:36. doi: 10.1186/s40902-021-00311-9

110. **Yarboro SR, Richter PH, Kahler DM** (2016) Entwicklung der 3-D-Bildgebung in der Versorgung orthopädischer Verletzungen. Unfallchirurg 119:811–816. doi: 10.1007/s00113-016-0240-y

111. **Zachariades N, Papavassiliou D, Papademetriou I** (1990) The alterations in sensitivity of the infraorbital nerve following fractures of the zygomaticomaxillary complex. J Cranio-Maxillofac Surg 18:315–318. doi: 10.1016/S1010-5182(05)80539-6

112. **Zhang Q-B, Dong Y-J, Li Z-B, Zhao J-H** (2011) Minimal Incisions for Treating Zygomatic Complex Fractures: J Craniofac Surg 22:1460–1462. doi: 10.1097/SCS.0b013e31821d1832

113. **Zingg M, Laedrach K, Chen J, Chowdhury K, Vuillemin T, Sutter F, Raveh J** (1992) Classification and treatment of zygomatic fractures: A review of 1,025 cases. J Oral Maxillofac Surg 50:778–790. doi: 10.1016/0278-2391(92)90266-3

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie des zygomaticomaxillären Komplexes, Sicht von lateral: Suturen des Jochbeinkörpers. Roter Stern markiert die Jochbeinprominenz. (Quelle: eigene Darstellung nach: Henry Vandyke Carter - Henry Gray (1918) Anatomy of the Human Body, Bartleby.com: Gray's Anatomy, Plate 164, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=350549, Änderungen: Beschriftungen eingefügt, Pfeile eingefügt, farbigen Stern eingefügt) 3

Abbildung 2: Übersicht über die Lokalisation der Osteosyntheseplatten, (**a**) 1-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris links, (**b**) 2-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris und dem Infraorbitalrand links, (**c**) 2-Point Fixation im Bereich der Crista zygomaticoalveolaris und dem Lateroorbitalrand rechts. (Quelle: Unverändert übernommen aus [85], Fig. 1, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 7

Abbildung 3: Einteilung der Frakturklassifikationen. (**a**) Typ A Fraktur: inkomplette Fraktur mit sichtbar intaktem Jochbogen und Lateroorbitalrand, (**b**) Typ B Fraktur: komplette Fraktur aller vier Pfeiler, (**c**) Typ C Fraktur: Trümmerfraktur mit Mehrfragmentierung im Bereich des Infraorbitalrandes und des Jochbeinkörpers. (Quelle: eigene Darstellung) 17

Abbildung 4: Processus condylaris mandibulae in retralster Position (rot markiert). Lila Referenzlinie verläuft mittig durch die beiden Processus condylaris mandibulae. Rote Referenzlinie noch nicht eingestellt. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 3, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: rote Pfeile ergänzt) 22

Abbildung 5: Symmetrische Darstellung der beiden aufsteigenden Rami mandibulae (rot markiert) in der axialen Schnittebene. Lila und rote Referenzlinie noch nicht eingestellt. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 2, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: rote Pfeile ergänzt) 22

Abbildung 6: Jochbeinprominenzen in anterolateralster Position dargestellt (gelb). Rote, sagittale Referenzlinie orthogonal zu lila, axialer Referenzlinie, verlaufend durch Vorderrand Foramen magnum (rot) und mittig durch Rostrum sphenoidale (grün). (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 4, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: farbige Pfeile ergänzt) 22

Abbildung 7: Anterolateralster Punkt der Jochbeinprominenz (gelb) als Referenzpunkt für die Vermessungen. (Quelle: modifiziert nach [85], Fig. 5, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/; Änderungen: Pfeil ergänzt, Bildausschnitt angepasst) 23

Abbildung 8: (**a**) Messung der Diagonalen von Jochbeinprominenz zum Schnittpunkt der Referenzlinien, (**b**) Messung der malaren Höhe von Jochbeinprominenz orthogonal bis zur axialen, lila Referenzlinie, (**c**) Messung der intermalaren Breite von Jochbeinprominenz orthogonal bis zur sagittalen, roten Referenzlinie. (Quelle:

Unverändert übernommen aus [85], Fig. 6, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)..... 23

Abbildung 9: (**a**) Festlegung des Orbitavolumens anterior in der axialen Ansicht, (**b**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Bereich von Frakturspalten, Axialansicht, (**c**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Koronarschnitt, (**d**) Festlegung der Orbitabegrenzung im Sagittalschnitt, (**e**) Festlegung der anterioren Orbitabegrenzung im 3D-Sagittalfenster, (**f**) Festlegung der posterioren Orbitabegrenzung im Axialschnitt. (Quelle: Unverändert übernommen aus [85], Fig.8, lizenziert unter CC BY 4.0, https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 25

Abbildung 10: Verteilung der dokumentierten Patientengeschlechter innerhalb des gesamten Patientenkollektivs (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 30

Abbildung 11: Verteilung der zum Zeitpunkt der Operation erfassten Patientenalter, unterteilt in die drei Altersgruppen. Gesamtes Patientenkollektiv (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 30

Abbildung 12: Grafische Zusammenfassung der allgemeinen Anamnesedaten des gesamten Patientenkollektivs (n=89). Auf der x-Achse sind die jeweiligen Anamnesepunkte aufgeführt. Die Balken spiegeln die Verteilung innerhalb des Gesamtkollektivs wider. Der blaue Balkenanteil beschreibt den Teil der Patienten mit einem positiven Befund in der Anamnese, der orangene Balkenpart den Anteil der Patienten mit einem negativen Anamnesebefund. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 31

Abbildung 13: Verteilung der drei vorab definierten Zahnstatus innerhalb des gesamten Patientenkollektivs (n=89). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 32

Abbildung 14: Übersicht über die frakturierten Seiten innerhalb der beiden Patientengruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) Frakturklassifikation 35

Abbildung 15: Verteilung der Frakturklassifikationen innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung, unterteilt in Typ A, Typ B und Typ C, in Gruppe 1 (n=62) an, die rechte Säulengruppe die entsprechende Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 36

Abbildung 16: Verteilung der Anzahl der betroffenen Suturen innerhalb der beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27) an. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 37

Abbildung 17: Übersicht über die Verteilung der Patientenfälle (n) bei welchen der paranasale Pfeiler mitfrakturiert war. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung

innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Fallverteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 37

Abbildung 18: Übersicht über die Vigilanz bei Erstaufnahme im Bundeswehrkrankenhaus Ulm innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 38

Abbildung 19: Übersicht über die Verteilung einer präoperativ feststellbaren Hypästhesie im Ausbreitungsgebiet des N. infraorbitalis (V2), unterteilt in die beiden beschriebenen Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 39

Abbildung 20: Übersicht über das Vorliegen einer präoperativen, objektivierbaren Okklusionsstörung, aufgeteilt in die beiden Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung in Gruppe 1 (n=62), die Säulengruppe rechts die entsprechende Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 40

Abbildung 21: Übersicht über das präoperative Vorhandensein eines offenen Bisses, aufgeteilt auf die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) auf, die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 40

Abbildung 22: Übersicht über die Verteilung der Qualifikation der operierenden Ärzte, unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) auf, die rechte Säulengruppe die Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 42

Abbildung 23: Übersicht über die verwendeten Plattensysteme im Rahmen der Operationen. Die linke Säulengruppe zeigt dabei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 44

Abbildung 24: Übersicht über die Stückanzahl der verwendeten Osteosyntheseplatten pro Patientenfall (n), unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Die linke Säulengruppe zeigt hierbei die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) Befestigung am paranasalen Pfeiler 46

Abbildung 25: Übersicht über die Anzahl der Fälle, in welchen eine Osteosyntheseplatten am paranasalen Pfeiler befestigt wurde, aufgeteilt in die beiden Gruppen. Die linke Säulengruppe beschreibt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), die rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2

(n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 47

Abbildung 26: Übersicht über die Häufigkeit der Notwendigkeit einer intraoperativen Revision der Osteosyntheseplatte, aufgeteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), dir rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 48

Abbildung 27: Übersicht über die Häufigkeit des Auftretens einer intraoperativen Komplikation, aufgeteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62), dir rechte Säulengruppe die Verteilung innerhalb der Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 49

Abbildung 28: Übersicht über das Auftreten einer postoperativen Komplikation, aufgeteilt auf die beiden untersuchten Patientenkollektive. Gruppe 1 (n=62) ist hierbei in der linken Säulengruppe dargestellt, Gruppe 2 (n=27) in der rechten Säulengruppe. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 50

Abbildung 29: Verteilung der durchgeführten Metallentfernungen nach Operation. Die linke Säulengruppe zeigt die Verteilung innerhalb der Gruppe 1 (n=62) an, die rechte Säulengruppe die Verteilung in Gruppe 2 (n=27). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 51

Abbildung 30: Boxplot: Verteilung der Werte der intraoperativen Differenz der malaren Diagonale zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 55

Abbildung 31: Boxplot: Verteilung der Einzelwerte der intraoperativen Differenz der malaren Höhe zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. Einzelpunkte außerhalb kennzeichnen Ausreißer. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 55

Abbildung 32: Boxplot: Verteilung der Einzelwerte der intraoperativen Differenz der malaren Breite zwischen gesunder und reponierter Seite für beide Patientengruppen. Die Box kennzeichnet den Interquartilsabstand (IQR), die Linie innerhalb der Box markiert den Median, das Kreuz den Mittelwert und die Whiskers zeigen die Spannweite der Werte an. Einzelpunkte außerhalb kennzeichnen Ausreißer. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 56

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Unfallursachen innerhalb des Patientenkollektivs (n=62) der Gruppe 1. Fett markiert hebt hier die Unfallursache ‚Fahrradsturz' heraus, welche in dieser Gruppe den größten Anteil ausmachte. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 33

Tabelle 2: Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Unfallursachen innerhalb des Patientenkollektivs (n=27) der Gruppe 2. Fett markiert ist hier die Unfallursache ‚Gewalt', welche als häufigste Ursache in dieser Gruppe auftrat. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 34

Tabelle 3: Übersicht über die mittlere Intervalldauer ± Standardabweichung in Tagen zwischen Unfalltag und Operationstag, unterteilt in die beiden untersuchten Patientengruppen. Zudem Angabe des minimalen und maximalen Intervalls in Tagen je Patientengruppe (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 41

Tabelle 4: Übersicht über die erhobenen Operationszeiten, aufgeteilt in Gesamt OP-Zeit und Netto OP-Zeit und jeweils wiederum aufgeteilt in die beiden Patientengruppen. Gesamt OP-Zeit schließt je Gruppe alle Patientenfälle (n) ein, unabhängig von der gleichzeitigen, operativen Versorgung von Begleitverletzungen. Die Netto OP-Zeit betrachtet nur die Fälle (n), in welchen ausschließlich die unilaterale Jochbeinfraktur operativ versorgt wurde. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 43

Tabelle 5: Verteilung der verwendeten Plattenlängen innerhalb der beiden untersuchten Gruppen. Es wird die Plattenanzahl (n) pro Gruppe aufgezeigt, sowie der Anteil in % an allen innerhalb der Gruppe verwendeten Plattenlängen. Fett hervorgehoben sind die je Gruppe am häufigsten verwendeten Plattenlängen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 44

Tabelle 6: Verteilung der verwendeten Plattentypen innerhalb der beiden untersuchten Gruppen. Es wird die Plattenanzahl (n) pro Gruppe aufgezeigt, sowie der Anteil in % an allen innerhalb der Gruppe verwendeten Plattentypen. Fett hervorgehoben sind die je Gruppe am häufigsten verwendeten Plattentypen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 45

Tabelle 7: Übersicht über die Verteilung der Lokalisationen der Osteosyntheseplatten, unterteilt in die beiden untersuchten Patientenkollektive. Es werden für beide Gruppen zum einen die Plattenanzahl (n) sowie der Anteil in % je Gruppe und Lokalisationsort angegeben. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 47

Tabelle 8: Übersicht über die Verteilung der Anzahl der postoperativen Komplikationen innerhalb der beiden Patientenkollektive. Die Anzahl der aufgetretenen Komplikationen ist dabei als Anzahl (n) und als Prozentwert für alle detektierten Komplikationen innerhalb der jeweils betrachteten Patientengruppe angegeben. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 50

Tabelle 9: Übersicht über die mittlere Dauer ± Standardabweichung der Follow-up Untersuchungen in Monaten, unterteilt in die beiden untersuchten Gruppen. Zudem Angabe der medianen Dauer, sowie der minimalen und der maximalen Follow-up Dauer in Monaten. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 52

Tabelle 10: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen der Einpfeiler- und Mehrpfeiler-Methode. Aufgeführt sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). Fett markiert sind diejenigen p-Werte, welche auf eine statistische Signifikanz hindeuten. [1]Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem Student´s-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 53

Tabelle 11: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen präoperativem und intraoperativem Zustand für Gruppe 1 (Einpfeiler-Methode). Angegeben sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). Fett markiert sind diejenigen p-Werte, welche auf eine statistische Signifikanz hindeuten. [1]Statistische Analyse mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem gepaarten-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 54

Tabelle 12: Gruppenvergleich der erhobenen Daten aller definierten Variablen zwischen präoperativem und intraoperativem Zustand für Gruppe 2 (Mehrpfeiler-Methode). Angegeben sind Patientenanzahl (n), der Mittelwert (M) und die Standardabweichung (SD). [1]Statistische Analyse mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest für nicht-normalverteilte Variablen, [2]Statistische Analyse mit dem gepaarten-t-Test für normalverteilte Variablen. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 54

Tabelle 13: Vergleich der Frakturklassifikationen und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 57

Tabelle 14: Vergleich der Frakturklassifikationen und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max)). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 57

Tabelle 15: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 58

Tabelle 16: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3(min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 58

Tabelle 17: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3(min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 59

Tabelle 18: Vergleich der Frakturklassifikationen und des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Frakturtyp: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 59

Tabelle 19: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 60

Tabelle 20: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 60

Tabelle 21: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024)..... 61

Tabelle 22: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 61

Tabelle 23: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Kruskal-Wallis-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 62

Tabelle 24: Vergleich des Intervalls zwischen Unfall und Operation und der Differenz des Orbitavolumen zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Intervall: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit Univariater Varianzanalyse (ANOVA). (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 62

Tabelle 25: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 63

Tabelle 26: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und des intraoperativen Asymmetrieindex für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median, Interquartilsabstand (IQR), Minimum (min) und Maximum (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 63

Tabelle 27: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 64

Tabelle 28: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 1. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Students t-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 64

Tabelle 29: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und frakturierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Median in cm^3, Interquartilsabstand in cm^3 (IQR), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 65

Tabelle 30: Vergleich der Qualifikation des Operateurs und der Differenz des Orbitavolumens zwischen gesunder und reponierter Seite für Gruppe 2. Angabe je Operateurgruppe: Patientenanzahl (n), Mittelwert in cm^3 (M), Standardabweichung in cm^3 (SD), Minimum in cm^3 (min) und Maximum in cm^3 (max). Statistische Analyse mit dem Student's t-Test. (Patientenfälle am Bundeswehrkrankenhaus Ulm, März 2019 – Dezember 2024) 65

9 Danksagung

Die Danksagung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.

10 Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt.