

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie,
Poliklinik für Orale Chirurgie und Implantologie, Plastische, Rekonstruktive und
Ästhetische Chirurgie der Universität zu Köln

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. C. Linz

Augenärztliche Befunde bei 864 Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen

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

vorgelegt von
Johanna Henriette Dietlein
aus Köln

promoviert am 11. Juni 2026

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

1. Gutachter: Professor Dr. med. Dr. med. dent. M. Kreppel

2. Gutachterin: Privatdozentin Dr. med. S. Schlereth

Erklärung

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

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

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Maximilian Riekert (Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Orale Chirurgie und Implantologie, Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie) und Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Matthias Kreppel (Leitender Oberarzt der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Orale Chirurgie und Implantologie, Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie)

Herrn Dr. Niklas Hagemann (Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik)

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

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

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Orale Chirurgie und Implantologie, Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie von Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Maximilian Riekert zur Verfügung gestellt.

Die statistische Auswertung wurde mit pseudonymisierten Daten durchgeführt. In einer separaten Exceltabelle wurden die Fallnummern der Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2020 codiert und anschließend in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0 Armonk, NY: IBM Corp. Released 2023 zur Datenerhebung exportiert.

Die verwendeten Fallberichte wurden von mir selbst ausgewertet. Nachuntersuchungen der Patientinnen und Patienten wurden nicht durchgeführt.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu

Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 06.12.2025

Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Christian Linz, Direktor der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie in der Uniklinik Köln, und Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Matthias Kreppel, Leitender Oberarzt der MKG der Uniklinik Köln, für die Überlassung des Themas und der Möglichkeit unter Ihnen promovieren zu dürfen, danken.

Zudem möchte ich Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Maximilian Riekert für die ausgezeichnete Betreuung, die Unterstützung bei der Datensammlung und die sorgfältigen Korrekturen bedanken.

Bei Herrn M. Sc. Niklas Hagemann vom Institut für Medizinische Statistik und Bioinformatik bedanke ich mich für die hervorragende Beratung bei der Statistik.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	8
2	EINLEITUNG	10
2.1	Aufbau des Mittelgesichts und Fraktureinteilung	10
2.2	Häufigkeiten und Ursachen von Mittelgesichtsfrakturen	11
2.3	Traumatologie des Auges	15
2.4	Therapie	16
2.5	Fragestellungen	17
3	MATERIAL UND METHODEN	18
3.1	Patientengruppen (Ein- und Ausschlusskriterien)	18
3.2	Einteilung der Unfallmechanismen	19
3.3	Einteilung der Frakturen	20
3.4	Einteilung der Augenbefunde	21
3.5	Statistische Auswertung	24
4	ERGEBNISSE	25
4.1	Gruppe GG (Gesamtgruppe)	25
4.1.1	Alters- und Geschlechterverteilung	25
4.1.2	Unfallmechanismen	26
4.1.3	Frakturen im Mittelgesicht	29
4.2	Gruppe AG (augenärztlich untersuchte Gruppe)	30
4.2.1	Alters- und Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppe AG	30
4.2.2	Unfallmechanismen innerhalb der Gruppe AG	32
4.2.3	Einteilung der Frakturtypen im Mittelgesicht Gruppe AG (n=271)	33
4.3	Vergleich Gruppe GG und Gruppe AG	34
4.4	Spezifische Unfallursachen	36
4.4.1	Gewalt	37

4.4.2	Sturz	37
4.4.3	Unfälle bei niedriger Geschwindigkeit (Fahrrad & E-Roller)	38
4.4.4	Unfälle bei hoher Geschwindigkeit (Auto- und Motorradunfälle)	40
4.5	Spezifische schwere Augenkomplikationen innerhalb der Gruppe AG	41
4.5.1	Einteilung der Augenkomplikationen in leichte und schwere Befunde	41
4.5.2	Amaurosis	44
4.5.3	Retrobulbärhämatom	47
4.5.4	Erhöhter Augeninnendruck	51
4.5.5	Bulbusruptur	52
4.5.6	Nervus Opticusläsion	52
4.5.7	Zentraler Arterienverschluss – deskriptiv	53
4.6	Leichte Augenbefunde	53
4.7	Komplikationen der Zähne (Gruppe GG)	55
5	DISKUSSION	57
5.1	Ursachen/Gruppenstrukturen	57
5.2	Frakturmuster	60
5.3	Augenbeteiligung	63
6	LITERATURVERZEICHNIS	69
7	ANHANG	74
7.1	Abbildungsverzeichnis	74
7.2	Tabellenverzeichnis	74

Abkürzungsverzeichnis

AG	Augenärztlich untersuchte Gruppe
DB	Doppelbilder
GG	Gesamtgruppe
HBW Visus	Handbewegungs-Visus
HNO	Hals-, Nasen-, Ohrenarzt
M	Mittelwert
m	männlich
MG	Mittelgesicht
MKG	Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
n	Grundgesamtheit
NOE	Naso-orbito-ethmoidaler Komplex
OP	Operation
w	weiblich
ZMC	Zygomaticomaxillärer Komplex

1 Zusammenfassung

Hintergrund und Ziele

Ziel der retrospektiven Studie soll sein, eine aktuelle Zusammenstellung über die Häufigkeiten und Frakturlokalisationen von Mittelgesichtsfrakturen sowie okulären Begleitverletzungen der MKG der Uniklinik Köln und deren Ursachen herauszuarbeiten. Dafür wurden die verschiedenen Unfallmechanismen und Frakturlokalisationen zwischen den Geschlechtern und den unterschiedlichen Altersgruppen verglichen und mit den ophthalmologischen Untersuchungsbefunden korreliert.

Methoden

In die vorliegende retrospektive Studie wurden alle Patienten, die zwischen dem 01.01.2016 und dem 31.12.2020 in der MKG der Uniklinik Köln aufgrund einer Mittelgesichtsfraktur operativ behandelt wurden, eingeschlossen. Ausgeschlossen wurden isolierte Unterkieferfrakturen, Plattenentfernungen nach bereits operativ behandelter Mittelgesichtsfraktur und Patienten mit fehlender Dokumentation. Für die Erhebung der Patientendaten wurden alle aus dem digitalen Dokumentationsprogramm Orbis vorhandenen Befunde der MKG und der der Radiologie, das Operationsprotokoll, sowie die ophthalmologischen Befunde, falls vorhanden, verwendet. Die Datenerhebung (u.a. Geschlecht, Alter, Frakturlokalisation, Unfallursache, Begleitverletzungen an Auge und Zähnen sowie blutverdünnende Medikation) wurde pseudonymisiert in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0 Armonk, NY: IBM Corp. Released 2023, übertragen.

Ergebnisse

In die Gesamt-Gruppe (GG) wurden 864 Patienten eingeschlossen, wovon 71,3% Männer und 28,7% Frauen waren. Davon bildeten 271 Patienten, bei denen augenärztliche Befunde vorlagen, die Gruppe AG (69,7% Männern und 30,3% Frauen). In der Studie waren Männer signifikant jünger als Frauen und spezifische Ursachen (z.B. äußere Gewalteinwirkung) waren bei Männern signifikant häufiger vertreten als bei Frauen. Die häufigsten Unfallmechanismen innerhalb der Gruppe GG waren Stürze (35,5%) und äußere Gewalteinwirkung (32,8%), gefolgt von Unfällen mit Fortbewegungsmitteln bei langsamer Geschwindigkeit (Fahrrad und E-Roller, 15,3%), Sportunfällen (4,6%), Kollision im Straßenverkehr (angefahren, 3,1%), Unfällen mit Fortbewegungsmitteln bei hoher Geschwindigkeit (Auto, Motorrad, 2,6%) und sonstigen Ursachen (6,1%). Schwere Augenverletzungen traten signifikant häufiger bei älteren Menschen und nach Mittelgesichtsfrakturen durch äußere Gewalteinwirkung und durch hohe Geschwindigkeiten auf. Zu den schweren Augenverletzungen zählten unter anderem die

Amaurose (n=6), das Retrobulbärhämatom (n=31), die Bulbusruptur (n=2) sowie die Läsion des Nervus opticus (n=8). Als besonderer Risikofaktor für eine Bulbusruptur erwies sich der Nachweis einer lateralen Orbitawandfraktur. Signifikante klinische Hinweise für ein visusgefährdendes retroorbitales Kompartiment-Syndrom nach Mittelgesichtsfrakturen waren ein afferenter Defekt der Pupillenreaktion, ein Exophthalmus und erhöhter Augeninnendruck.

Schlussfolgerungen

Insgesamt weist unsere Studie entsprechend unserer nationalen Demographie ein älteres Patientenkollektiv auf als viele andere Untersuchungen weltweit zuvor. Ältere Patienten weisen nach Mittelgesichtsfrakturen - vorrangig nach Stürzen - häufiger als jüngere Patienten schwere Augenkomplikationen auf. Einige Unfallursachen, die in vorherigen Studien beschrieben wurden, wie Schussverletzungen, werden bei uns trotz großer Patientenfallzahl selten beobachtet. Auch Industrieunfälle kamen selten vor. Schwere Augenkomplikationen traten relativ häufig bei Patienten mit Mittelgesichtsfraktur nach Motorradunfällen auf. Aufgrund der teilweise unzureichenden Dokumentation können einige interessante Fragen, wie z.B. zur Schutzwirkung eines Fahrradhelms, nicht klar beantwortet werden.

Da schwere Augenverletzungen bei Mittelgesichtsfrakturen keine Seltenheit sind, sollte eine frühzeitige ophthalmologische Abklärung durchgeführt werden.

2 Einleitung

Traumata des Gesichts zählen zu den häufigsten Verletzungen der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.¹

Laut aktueller Studienlage gehören Mittelgesichtsfrakturen zu den häufigsten Gesichtsschädelverletzungen und machen etwa 30–50 % aller Gesichtsfrakturen aus.^{2,3} Jiang et al. beschreiben sogar eine Häufigkeit von 45.4% bis 79.1% unter den Schädelfrakturen.⁴ Mittelgesichtsfrakturen umfassen Orbitafrakturen, Nasenbeinfrakturen, Jochbogenfrakturen, Jochbeinfrakturen, Frakturen des Naso-orbito-ethmoidalen (NOE) Komplexes, Le-Fort-I-Frakturen, Le-Fort-II-Frakturen oder Le-Fort-III-Frakturen.⁵

2.1 Aufbau des Mittelgesichts und Fraktуреinteilung

Frakturen des MG betreffen das Viszerokranium abzüglich des Unterkiefers. Die Grenze zum Mittelgesicht wird vom oberen Orbitalrand bis hin zum kranialen Oberrand des Gehörganges gebildet. Das Mittelgesicht ist ein komplexes Konstrukt aus einer Vielzahl unterschiedlich großer Knochen, die unbeweglich miteinander ossifiziert sind. So gibt es neben den starken Pfeilern, auch Trajektorien genannt, viele dünne fragile Knochenlamellen und Hohlräume, die das Mittelgesicht bilden. Die Kombination aus horizontalen und vertikalen Stützpfeilern (nasal, maxillojugulär, pterygopalatinal) leitet die physiologischen Kaukräften auf die Schädelbasis weiter und hält auch externen Kräften stand. Die dünnen Knochenlamellen verbinden die Pfeiler unter Bildung von zahlreichen Hohlräumen (Orbitahöhle, Kieferhöhlen, Nasenhöhlen, Keilbeinhöhlen, Siebbeinzellen), wodurch ein stabiles aber trotzdem leichtes Gerüst entsteht. Wirken zu starke externe Kräfte auf den Gesichtsschädel, kann es zu Frakturen einzelner Gesichtsknochen kommen. Weitere Begleitverletzungen können Weichgewebsdefekte, eine gestörte Blutversorgung, die traumatische Durchtrennung nervaler Strukturen oder Trümmerfrakturen darstellen. Kommt es zu eingebrochenen Hohlräumen rund um die Orbita, birgt dies die Gefahr von hernierendem Gewebe in diese hinein.^{6,7}

Verheilen Mittelgesichtsfrakturen in Fehlstellung, kann es neben veränderten Gesichtsproportionen und Kaufunktionen auch zu einer gestörten Belüftung der Nase und der Nasennebenhöhlen kommen, bis hin zu einer chronischen Sinusitis. Fehlstellungen in den knöchernen Orbitahöhlen können zu Pathologien einzelner Augenmuskeln oder des Sehnervs

führen und somit zu einer Einschränkung des Sehvermögens oder sogar zu einer vollständigen Erblindung.⁸

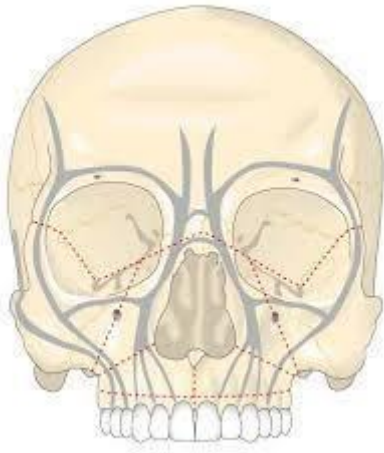


Abbildung 1: Frontale Ansicht des Schädels ohne Mandibula, Darstellung der horizontalen und vertikalen Trajekturen

Quelle: aus Schwenzer u. Ehrenfeld, Bd.2, 2002, Seite 70

2.2 Häufigkeiten und Ursachen von Mittelgesichtsfrakturen

Es gibt verschiedene Klassifikationen, die Mittelgesichtsfrakturen einteilen. Die wohl bekannteste und auch heute noch gängige Frakturbezeichnung ist jene von Rene Le-Fort (1869-1951), die 1901 publiziert wurde.⁹ Sie unterscheidet drei verschiedene Frakturmuster (Le-Fort-I, Le-Fort-II, Le-Fort-III) und kommt unter den Mittelgesichtsfrakturen mit einer Häufigkeit von ca. 10-15% vor. Unter den Schädelfrakturen werden Le-Fort-Frakturen mit einer Häufigkeit von bis zu 25% beschrieben.¹⁰

Bei der Le-Fort-I-Fraktur (auch als Guerin-Fraktur bekannt) kommt es zu einer horizontalen Absprengung des Oberkiefers vom Schädel. Diese Fraktur kann zu einer Beweglichkeit des Oberkiefers und Okklusionsstörungen führen.⁹ Eine Mittelgesichtsfraktur im Sinne von Le-Fort-II ist durch die pyramidale Absprengung der Maxilla unter Einbezug des naso-ethmoidalen Komplexes definiert. Die Orbita ist im Frakturverlauf miteinbezogen. Klinisch kann sich der Verdacht auf eine Le-Fort-II-Fraktur durch extraorale Hämatome, Okklusionsstörungen und Hypästhesien äußern. Die Le-Fort-III-Fraktur zählt zu den zentrolateralen Gesichtsfrakturen und beschreibt die vollständige Ablösung des Mittelgesichts vom Schädel. Die Frakturlinie

verläuft durch die Orbita und das Nasenbein. In vielen Fällen kommt es zu einer Mitbeteiligung der Stirnhöhlen und des Jochbeins.^{6,11} Phillips et al. arbeiteten für ein Literaturreview heraus, dass Le-Fort-I-Frakturen zu 56% durch Stürze aus niedriger Höhe und Gewalt verursacht werden, während Le-Fort-II- und Le-Fort-III-Frakturen überwiegend mit Stürzen aus großer Höhe oder Hochgeschwindigkeitsunfällen assoziiert werden.¹² Ähnliche Ergebnisse beschreibt ein aktuelles Literaturreview aus den USA (2025).¹⁰ Abbildung 2 zeigt neben der Einteilung der Gesichtsknochen des Schädels auch die Frakturverläufe nach Le-Fort.

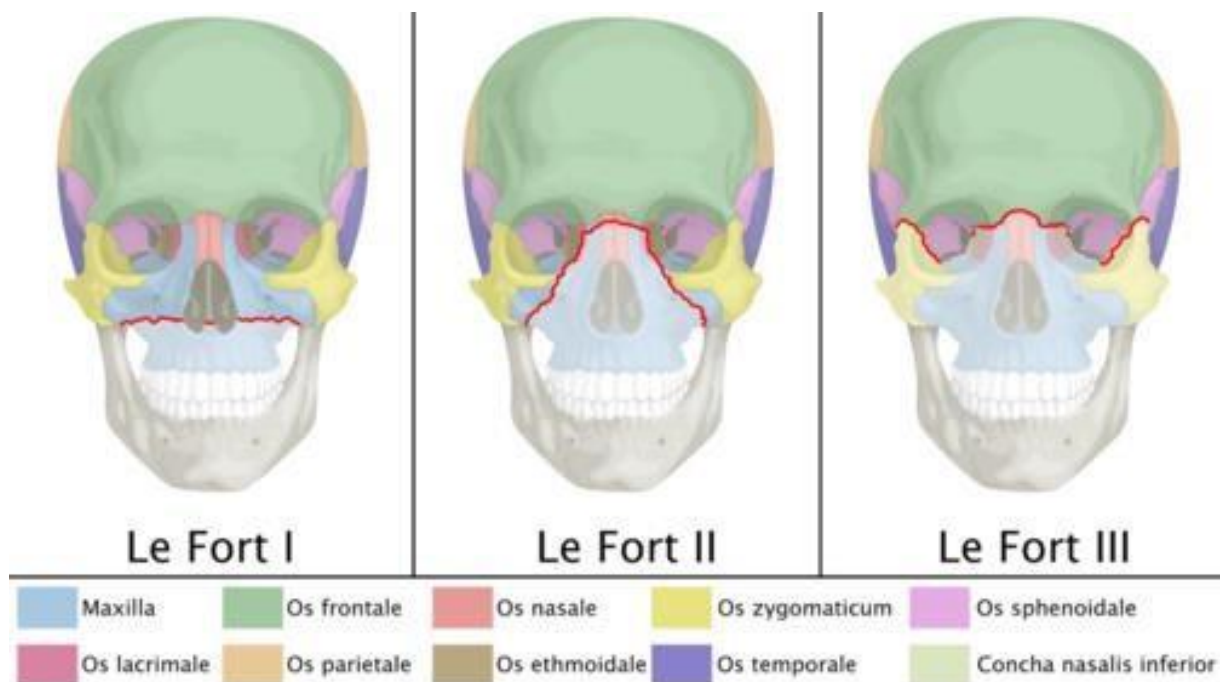


Abbildung 2: Schädelknochen und Frakturverläufe nach Le-Fort

Quelle:<https://quizlet.com/de/481057137/tag-56-gesichts-und-felsenbeinfrakturen-flashcards/>
(abgerufen am 20.01.2025)

Die klassischen Le-Fort-Frakturen sind in der klinischen Praxis eher selten. Häufig lassen sich Schädelbrüche nicht eindeutig in dieses Schema einordnen, da Frakturen auch einseitig auftreten oder durch zusätzliche komplexe Brüche weiterer Gesichtsknochen ergänzt werden können.¹³ Nur etwa 24% aller Le-Fort-Frakturen ähneln dem klassischen Frakturverlauf von Le-Fort.¹⁴ Aus diesem Grund werden die meisten Frakturen im Mittelgesicht nach radiologischer Präsenz dem entsprechenden Knochen des Mittelgesichts zugeordnet. Dabei wird zwischen zentralen und lateralen Gesichtsfrakturen differenziert. Bei einer Kombination spricht man von einer zentrolateralen Gesichtsfaktur (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung des Mittelgesichts in zentral, lateral und zentrolateral

Zentrales Mittelgesicht	Laterales Mittelgesicht	Zentrolaterales Mittelgesicht
• Nasenbeinfraktur • Oberkieferfraktur • Fraktur des Naso-orbito-ethmoidalen Komplexes • Le-Fort-I-Fraktur • Le-Fort-II-Fraktur	• Jochbeinfraktur • Jochbogenfraktur	• Le-Fort-III-Fraktur

Zentrale Mittelgesichtsfrakturen

Zu den zentralen Mittelgesichtsfrakturen zählen die Nasenbeinfraktur, die Fraktur des Naso-orbito-ethmoidalen Komplexes und die Oberkieferfraktur. Auch die Le-Fort-I- und Le-Fort-II-Frakturen betreffen das zentrale Mittelgesicht (siehe Tabelle 1).

Eine Nasenbeinfraktur ist durch eine Fraktur des Os nasale definiert. Nasenfrakturen zählen mit 12-37% bei den Frauen und 63-88% bei den Männern zu den häufigsten Frakturen des Mittelgesichts, in den meisten Fällen durch Gewalteinwirkung bedingt.⁶

Als Naso-orbito-ethmoidaler Komplex wird der Bereich zwischen den beiden Augen bezeichnet. Er macht 5-15% aller Frakturen aus. Hierbei kommt es zu einer Kombinationsfraktur des Nasenbeins, der Orbita, des Os ethmoidale, des Os lacrimale und der Lamina cribrosa.⁶

Bei einer Oberkieferfraktur handelt es sich um die Fraktur der Maxilla. Zusätzlich kann es auch zu Verletzungen der Zähne oder einer Veränderung der Okklusion, also dem Biss, kommen. In Studien werden Oberkieferfrakturen mit einem Vorkommen von etwa 25-48% unter den Mittelgesichtsfrakturen beschrieben.¹⁵⁻¹⁷ Laine et al. beschrieben 1993, dass es in etwa 0,8-15% der Schädelverletzungen ebenfalls zu Verletzungen des Alveolarfortsatzes und/oder der Zähne kommt.¹¹ Hierbei sind meistens die mittleren Schneidezähne des Oberkiefers betroffen.¹⁸

Laterale Mittelgesichtsfrakturen

Zu den lateralen Mittelgesichtsfrakturen zählt unter anderem die Fraktur des Jochbeins, welches die knöcherne Wange und einen großen Teil des Orbitabodens bildet und in den

meisten Studien unter den Frakturen des Zygomaticomaxillären Komplexes (ZMC) aufgeführt wird.¹⁹ Die Klassifizierung des ZMC basiert auf der Tatsache, dass bei etwa 76% aller Jochbeinfrakturen aufgrund der Nähe zur Orbita auch begleitende Frakturen der Orbitawände und/oder des Orbitabodens sowie des Oberkiefers auftreten.^{6,20} Typischerweise verläuft die Frakturlinie bei einer Jochbeinfraktur vom lateralen Orbitarand zum vorderen Orbitaboden, was häufig zu augenärztlichen Komplikationen führt. Das laterale Mittelgesicht ist aufgrund seiner exponierten Lage und der Schutzreaktion des Wegdrehens des Kopfes bei traumatischen Einwirkungen besonders anfällig für Frakturen.

Aktuelle Arbeiten zeigen, dass der ZMC der am häufigsten von Frakturen betroffene Bereich im MG ist.²¹ Die Prävalenzwerte variieren in der Literatur zwischen 25% und 66%.^{22,23} Zu den häufigsten Symptomen gehören Diplopie (Doppeltsehen), die durch Schädigungen der Augenmuskulatur oder Schwellungen verursacht wird, sowie Enophthalmus (Zurücksinken des Augapfels in die Orbita). Einschränkungen der Augenbeweglichkeit und Bewegungsschmerzen können durch das Einklemmen oder die Verletzung der Augenmuskeln entstehen. Zusätzlich tritt häufig eine Hypästhesie im Bereich des Nervus infraorbitalis auf, der durch das Jochbein verläuft und bei einer Fraktur geschädigt werden kann. Begleitbefunde wie periorbitale Hämatome und Schwellungen sind ebenfalls häufig zu beobachten.

Isolierte Frakturen des Jochbogens zählen ebenfalls zum lateralen Mittelgesicht. Gebildet wird er durch den Processus temporalis des Os zygomaticum und dem Processus zygomaticus des Os temporale.²⁴ Isolierte nichtdislozierte Jochbogenfrakturen werden in vielen Fällen konservativ behandelt.²⁴ Wang et al. empfehlen ab einer Frakturdislokation von 0,36 cm eine operative Versorgung der Fraktur.²⁵

Orbitafrakturen lassen sich je nach Lokalisation sowohl den zentralen, als auch den lateralen Mittelgesichtsfrakturen zuordnen. Kommt es zu einer isolierten, alleinigen Fraktur der Orbita, spricht man von einer Blow-Out-Fraktur oder einer Blow-In-Fraktur. Bei einer Blow-Out-Fraktur kommt es - meist durch eine große Krafteinwirkung auf das Auge - zu einer Aussprengung der Frakturfragmente in die Kieferhöhle. Das Gegenteil ist die Blow-In-Fraktur, bei der die Knochenfragmente in die Orbita einsprengen.²⁶ Am häufigsten ist hierbei der Orbitaboden betroffen. Dieser zählt zu der häufigsten Frakturlokalisation der Orbitahöhle. Auch können Orbitafrakturen zusammen mit weiteren Mittelgesichtsfrakturen wie einer Jochbein-, Jochbogen- oder Nasenbeinfraktur auftreten. Je nach Frakturtyp können weitere Wände der Orbitahöhle frakturiert sein.

Neben den Mittelgesichtsfrakturen kann es am Schädel auch zu Frakturen der Mandibula oder des Neurokraniums kommen. In einer Studie aus Rumänien kam es bei 62,46% der Patienten zu einer isolierten Unterkieferfraktur, während nur 29,49% eine isolierte Mittelgesichtsfraktur

hatten und 8,04% kombiniert den Unterkiefer und das Mittelgesicht frakturiert hatten.¹ Auch andere Studien bestätigen, dass durch die Prominenz des Unterkiefers dieser von den Gesichtsknochen am häufigsten gebrochen ist.^{21,27,28} Eine retrospektive Studie aus Innsbruck von 1991-2000 dagegen beschrieb, dass bei 71,5% der Patienten mit maxillofazialen Traumata Mittelgesichtsfrakturen vorlagen und nur bei 24,3% Unterkieferfrakturen diagnostiziert wurden.²⁹ In unserer Studie wurden nur die operierten Mittelgesichtsfrakturen ausgewertet, aber nicht die Anzahl von jenen erhoben, die ohne einen operativen Eingriff behandelt wurden.

2.3 Traumatologie des Auges

Mittelgesichtsfrakturen können von einer Vielzahl okulärer Komplikationen, die in ihren Auswirkungen von der Art des Unfallmechanismus, deren Schweregrad und auch anschließender medizinischer Versorgung abhängen, begleitet werden.³⁰⁻³² Bei 38,7-95,7% aller Mittelgesichtsfrakturen kommt es zu Augenverletzungen.³³ Langzeitfolgen von ophthalmologischen Verletzungen - bis hin zur Erblindung - können trotz aller therapeutischen Möglichkeiten nicht in allen Fällen vermieden werden.³⁰

Zu den hochgradig schwerwiegenden Augenverletzungen im Rahmen von Mittelgesichtsfrakturen gehören die Bulbusruptur (gedeckte oder ungedeckte Skleraeröffnung, d.h. nach außen hin offen oder noch durch Gewebe wie der Bindehaut bedeckt), der intraokulare Fremdkörper (z.B. Metallsplinter), die Hornhautperforation (meist durch scharfe Gegenstände wie Messer oder Schraubenzieher), Einblutungen in das retrobulbäre Kompartiment mit der Folge eines Augendruckanstiegs und Sistieren der arteriellen Durchblutung sowie die traumatische Optikusneuropathie durch massive Dehnung, Streckung oder Stauchung des Nervus opticus im orbitalen Verlauf bzw. im schlimmsten Fall die Avulsion des N. opticus.³⁴

Alle diese Verletzungen haben das Potential, insbesondere bei fehlender Behandlung, in der Erblindung eines Auges zu enden. Bei Verletzungen wie der Avulsion des N. opticus oder des Bulbus, ist keine restitutio ad integrum möglich und die Behandlung häufig frustan.

Eine ganze Reihe von ophthalmologischen Symptomen ist - ohne ein eigenständiges Krankheitsbild darzustellen - wichtiger Hinweisgeber für schwere Augenverletzungen. So z.B. das Hyphäma oder die Vorderkammereinblutung, die zwar auch bei stumpfen Traumen ohne

Bulbuseröffnung häufig vorkommt, aber auch Hinweis auf eine Bulbusruptur (insbesondere wenn der Augendruck sehr niedrig ist) oder einen intraokulären Fremdkörper, wenn der Unfallmechanismus damit vereinbar ist, sein kann.³⁴ Auch die Protrusio bulbi/Exophthalmus kann in Kombination mit Motilitätseinschränkungen/Doppelbildern und kombiniert mit erhöhtem Augeninnendruck einen Hinweis auf eine visusbedrohende Retrobulbärblutung im Rahmen von Mittelgesichtsfrakturen bieten.³⁵

Viele andere okuläre Symptome sind in aller Regel eher harmloser Natur. So etwa die Chemosis, eine wässrige Bindehautschwellung, ein periokuläres Hämatom, solange es nicht mit einem retrobulbärem Hämatom verbunden ist, oberflächliche Lidverletzungen bis hin zur zwar schmerzhaften Erosio corneae, die aber in aller Regel folgenlos nach einigen Tagen abheilt.³⁴

Die Einordnung der okulären Symptome ist auch deshalb in der Notfallaufnahme oft schwierig, da Patienten mit ganz unterschiedlichen Graden des Bewusstseins bzw. Vigilanz eingeliefert werden und somit eine Visuserfassung nicht möglich oder erheblich eingeschränkt ist. Auch die Schmerzangabe am Auge kann irreführend sein, da ein Auge mit einer ganz oberflächlichen Erosio corneae häufig schmerzhafter empfunden wird, als eine schwere gedeckte Ruptur des Auges. Die Erkennung von Doppelbildern durch einen allgemein üblichen „Fingertest“ zeigt ebenfalls eine niedrigere Sensitivität als ein kompletter orthoptischer Status.³⁶

Insofern ist es notwendig, anhand von Unfallhergang, Verletzungsmuster, subjektiven Angaben und okulären Symptomen eine Wahrscheinlichkeit für schwere Augenverletzungen abzuschätzen und dementsprechende Fälle dem augenärztlichen Notdienst konsiliarisch vorzustellen, wenn nicht schon dort die Erstvorstellung erfolgte.

2.4 Therapie

Mittelgesichtsfrakturen können sowohl konservativ als auch operativ behandelt werden. Bei der konservativen Therapie wird dabei die Spontanheilung der nicht dislozierten oder geringfügig dislozierten Fraktur abgewartet, sofern keine Funktionsbeeinträchtigungen der Nachbarstrukturen vorliegen. Neben der regelmäßigen Verlaufskontrolle wird die Therapie mit physikalischen und medikamentösen Maßnahmen sowie einer funktionellen Entlastung durch weiche Kost unterstützt. Auch bei Kontraindikationen gegen eine Operation, z.B. aufgrund des allgemeinmedizinischen Zustandes, kann die konservative Therapie angewendet werden.

Eine operative Versorgung wird gewählt, wenn die Fraktur disloziert ist bzw. geschlossen, aber nicht manuell repositionierbar ist. Auch bei motorischen Funktionseinschränkungen der Augenmuskulatur und/oder Sensibilitätsstörung des zweiten Trigeminusastes erfolgt ein chirurgischer Eingriff. Hier wird die Fraktur manuell repositioniert und ggf. osteosynthetisch fixiert. Bei einer Orbitabodenrevision kann auch eine Rekonstruktion des Orbitabodens durch patientenspezifische Implantate (PSI) oder resorbierbare Materialien bzw. individualisierbare Titangitter erforderlich werden. Die chirurgische Versorgung sollte je nach Literatur und Lokalisation in aller Regel zwischen dem 2-21 Tag nach Verletzung erfolgen.⁵

2.5 Fragestellungen

Mittelgesichtsfrakturen können viele verschiedene Ursachen haben, von denen die häufigsten Stürze, Gewalteinwirkungen, Verkehrsunfälle und Sportunfälle sind.¹³

In der zum MG gehörenden Augenhöhle liegt eine Vielzahl von empfindlichen Strukturen, die für die Innervation und Funktion des Sehorgans zuständig sind und bei Verletzung dieser in Mitleidenschaft gezogen werden können. Häufig einhergehende Symptome sind neben sichtbaren Schwellungen und Unterblutungen auch Traumata des Auges, sodass in aller Regel zusätzlich eine ophthalmologische Untersuchung erfolgt.

Okuläre Symptome bei Mittelgesichtsfrakturen umfassen sowohl klinisch harmlose Veränderungen, z.B. Hyposphagma (Bindehautblutung) oder Lidschwellung, als auch höchst gravierende z.T. irreversible Schäden, z.B. Trauma des Nervus opticus.

Studien zur Häufigkeit okulärer Komplikationen nach Mittelgesichtsfrakturen existieren aus ganz unterschiedlichen Ländern und Erdteilen, unter anderem Indien, Nigeria, USA, Schweiz und Deutschland.^{1,6,21,22,30,32,37} Hierbei zeigen sich unterschiedliche Häufigkeiten und Schweregrade bei den Frakturen und einhergehenden Befunden in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus. Es ist anzunehmen, dass sowohl Veränderungen in der Mobilität (EScooter, E-Roller), als auch neue Sicherheitsmaßnahmen bei bekannten Fortbewegungsmitteln zu Veränderungen der Verletzungsmuster und Schwere führen.¹³ Auch die Alterszusammensetzung der untersuchten Patientengruppen und gegebenenfalls regionale Besonderheiten dürften eine Rolle spielen.

Ziel unserer retrospektiven Untersuchung soll sein, einen aktuellen Überblick über die Häufigkeit und Ursache der verschiedenen Mittelgesichtsfrakturen in der MKG der Uniklinik Köln zu erhalten und zusätzlich das Auftreten von leichten bzw. schweren Augenverletzungen

zu analysieren. Weiterhin soll anhand der Datenlage untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Art der Mittelgesichtsfraktur, dem Unfallmechanismus, den spezifischen Patientencharakteristika und dem Schweregrad der Augenverletzungen gibt.

3 Material und Methoden

3.1 Patientengruppen (Ein- und Ausschlusskriterien)

Für die retrospektive Datenanalyse wurden mit der Datenbank ORBIS alle Patienten ermittelt, die zwischen dem 01.01.2016 und dem 31.12.2020 in der MKG der Uniklinik Köln aufgrund einer klinisch und röntgenologisch gesicherten Mittelgesichtsfraktur operativ behandelt wurden. Patienten mit Metallplattenentfernungen nach bereits operativ behandelter Mittelgesichtsfraktur und Patienten mit isolierten Frakturen des Unterkiefers wurden von den Auswertungen ausgeschlossen. Ebenso konnten neun Patienten mit fehlender perioperativer Dokumentation nicht eingeschlossen werden.

Die klinischen Patientendaten wurden aus dem digitalen Informationssystem ORBIS der Uniklinik Köln ermittelt. Einsehbar waren hierbei alle Dokumentationen der Unfallchirurgie, der Radiologie, der MKG-Chirurgie sowie des Zentrums für Augenheilkunde der Uniklinik Köln. Für die Datenanalyse wurden der Unfallhergang, das Patientenalter zum OP-Zeitpunkt, das Frakturmuster und die mit der Verletzung einhergehenden augenärztlichen Befunde prä- und postoperativ, sofern vorhanden, erhoben. Begleitverletzungen der Zähne wurden ebenfalls erhoben. Anhand der OP-Protokolle wurden die Art und Dauer der jeweiligen Eingriffe sowie die weitere augenärztliche Diagnostik dokumentiert. Art und Ausmaß der Augenbeteiligung wurden anhand der elektronischen Aktenlagen der Augenklinik gesichert, wobei die augenärztliche Diagnostik in den allermeisten Fällen konsiliarisch im Rahmen der kieferchirurgischen Behandlung angefordert wurde und selten bereits initial durch augenärztliche Kollegen erfolgt war. Auch perioperative, ophthalmologische Befunde von externen Augenarztpraxen/-kliniken wurden, wenn vorhanden, in die digitale Akte eingescannt und mitberücksichtigt. Die Indikationsstellung zur augenärztlichen Vorstellung erfolgte in der Regel bei klinischem Verdacht auf Augenbeteiligung bei vorliegender Gesichtsschädelfraktur. Allgemeinmedizinische Belange wie Medikamentenanamnese (blutverdünnende Medikamente) und Auffälligkeiten der Gerinnung wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Gruppe aller nach den o.g. Kriterien eingeschlossenen Patienten - unabhängig vom Vorliegen eines augenärztlichen Befundes - wurde als Gesamt-Gruppe (GG) definiert. Alle Patienten aus der augenärztlich untersuchten Gruppe, bei denen ein augenärztlicher Befund erhoben und dokumentiert wurde, wurde als Gruppe AG definiert.

Da die Indikationsstellung zur augenärztlichen Untersuchung im Zeitraum 2016-2020 je nach Ermessen des Erst- bzw. MKG-Behandelnden in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit einer Augenbeteiligung definiert war und somit keine ganz klaren einheitlichen Standards bestanden, soll durch die zusätzliche Gruppenbildung das Bias-Risiko bei Häufigkeitsangaben (Sicht des MKG-Behandelnden bzw. Sicht des augenärztlich Behandelnden) verringert werden.

3.2 Einteilung der Unfallmechanismen

Die Ursache der Verletzungsmuster wurde in folgende Unfallmechanismen unterteilt: 1. Sturz, 2. äußere Gewalteinwirkung (u.a. Pferdetritt), 3. Verkehrsunfall (u.a. Unfall bei hoher Geschwindigkeit mit Auto oder Motorrad), Unfall bei langsamer Geschwindigkeit (Fahrrad mit/ohne Helm oder E-Roller), Kollision (passiv), 4. Sportunfall und 5. Sonstiges. Zu Sonstiges zählten nicht eindeutig definierbare oder seltene Unfallmechanismen sowie unbekannte Ursachen.

Tabelle 2: Definition der Unfallmechanismen

Bezeichnung	Definition
Sturz	Ereignis, bei dem eine Person unbeabsichtigt auf den Boden oder auf einen Gegenstand fällt
Äußere Gewalteinwirkung - durch Person - Pferdetritt	Ereignis, bei dem einer Person von einer zweiten Person körperliche Gewalt zugefügt wird

Verkehrsunfall - Unfall bei hoher Geschwindigkeit (Aktiv) - Autounfall - Motorradunfall - Unfall bei langsamer Geschwindigkeit (Aktiv) - Fahrradunfall - E-Rollerunfall - Kollision (Passiv)	Unabhängig ob Fahrer oder Mitfahrer Zweiradunfälle mit und ohne Helm Unfall, bei dem eine Person im Verkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern kollidiert (z.B. Fußgänger/Fahrradfahrer vom Auto erfasst)
Sportunfall	Unfall, der im Rahmen einer sportlichen Aktivität passiert
Sonstiges	Jegliche Unfälle, die nicht eindeutig definierbar sind oder so selten vorkommen, dass diese nicht in der Einteilung berücksichtigt werden können. Des Weiteren sind hier auch unbekannte/nicht dokumentierte Unfallmechanismen vertreten

3.3 Einteilung der Frakturen

Für alle Patienten der Gruppe GG wurde unterteilt nach

- Le-Fort-I-Fraktur
- Le-Fort-II-Fraktur
- Le-Fort-III-Fraktur
- Orbitafraktur
- Nasenbeinfraktur
- Jochbeinfraktur
- Jochbogenfraktur
- Maxillafraktur
- Naso-orbito-ethmoidale Fraktur (NOE)

Zusätzlich wurde für die Gruppe AG eine detaillierte Einteilung der Lokalisation der Orbitafrakturen vorgenommen, die eine Abgrenzung zwischen der medialen, lateralen, kaudalen und kranialen Wand erlaubte.

Unter Zahnverletzungen wurden traumatische Frakturen und Dislokationen der Zähne, Malokklusion und Aufbisschmerz dokumentiert.

3.4 Einteilung der Augenbefunde

Wie oben erwähnt, wurde ein kompletter augenärztlicher Befund nur für einen Teil der Patienten (Gruppe AG) erhoben bzw. dokumentiert, meist auf Indikationsstellung der MKG-chirurgischen Klinik, seltener bereits durch den ambulanten Erstbehandler.

Folgende augenärztliche Parameter wurden in der Auswertung - soweit vorhanden - berücksichtigt und nach Schweregrad in 2 Gruppen (leicht/schwer) unterteilt. Die Einteilung wurde in Anlehnung an zu diesem Thema bereits publizierten vorherigen Studien erarbeitet.

37-41

Dabei wurde jeder Patient seinem schwersten Augenbefund entsprechend in die Gruppe der schweren oder leichten Augenverletzungen eingeteilt.

Zu den schweren Augenbefunden zählten: Nicht vorhandene Lichtreaktion eines Auges, Amaurosis (fehlende Lichtscheinwahrnehmungsangabe durch den Patienten), deutliche Visuseinschränkung (0,4 und schlechter - siehe Tabelle 5), Okulomotoriusparese, Optikuskompression, Nervus-opticus-Läsion, Enophthalmus, Exophthalmus, Retrobulbärhämatom, Orbitakompartmentsyndrom, harter Bulbus/hoher Augendruck (über 35 mmHg), hoher Bulbusstand, trübe Hornhaut, Hyphema/Glaskörperblutung, Sphinkterriß, Irisdefekt, Bulbusberstung, Berlin-Ödem, Netzhautriß, Netzhautödem, Linsenluxation, Lidriß mit einhergehendem Tränenwegriß, Einriß der Bindehaut, Zentralarterienverschluss, Orbitahämatom und Orbitaspitzensyndrom (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Schwere Augenbefunde

Schwere Augenbefunde	Quellen
Nicht vorhandene Lichtreaktion eines Auges	
Amaurose (fehlende Lichtscheinwahrnehmungsangabe durch den Patienten)	Jain et al. 2022 ³⁷
Visuseinschränkung (0,4 und schlechter - s. Tabelle)	
Okulomotoriosparese	
Optikuskompression	
Nervus opticus Läsion	Jain et al. 2022 ³⁷ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Enophthalmus	Terrill et al. 2020 ³⁸ bei leicht zugeordnet Jain et al. 2022 ³⁷ bei moderat zugeordnet
Exophthalmus	
Retrobulbärhämatom	Jain et al. 2022 ³⁷ , Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Orbitakompartmentssyndrom	Siehe Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom
Harter Bulbus/hoher Augendruck (über 35mmHg)	
Hoher Bulbusstand	
Trübe Hornhaut	
Hyphema/Glaskörperblutung	Jain et al. 2022 ³⁷ , Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Sphinkterriß	
Irisdefekt	
Bulbusberstung	
Berlin-Ödem	Etheridge et al. 2024 ⁴¹ bei mild zugeordnet
Netzhautriß	Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Netzhautödem	
Linsenluxation	
Tränenwegriß	
Bulbusruptur	Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹

Bindehautriss	Etheridge et al. 2024 ⁴¹ , bei Richani et al. 2019 ³⁹ und Zhong et al. 2022 ⁴⁰ bei moderat zugeordnet
Zentralarterienverschluss	
Orbitahämatom	
Orbitaspitzensyndrom	

Zu den leichten Augenbefunden zählten jene, bei denen vorübergehende, nicht schwerwiegenden Funktionseinschränkungen für das Auge zu erwarten waren, und eine spätere augenärztliche Operation zunächst unwahrscheinlich war (siehe Tabelle 4):

Periorbitale Hämatome (ohne Retrobulbärhämatom), Schwellungen, Hyposphagma (Bindehautblutungen), Bindehautreizungen, Hornhauterosio, Ptosis, Lidschlussdefekte, Lidemphysem, Ektropium, Entropium, Unterlidtiefstand, Bewegungsschmerz, Motilitätseinschränkungen, Doppelbilder, Exotropie, Exophorie, leichte Visuseinschränkungen (besser als 0,4), verzögerte Lichtreaktionen, leicht erhöhter Augeninnendruck (siehe Tabelle 5), Hypästhesien, Anästhesie V2, Phorien, Tortuositas.

Tabelle 4: Leichte Augenbefunde

Leichte Augenbefunde	Quellen
Periorbitale Hämatome/Ödeme/Chemosis	Jain et al. 2022 ³⁷ , Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Hyposphagma/Subkonjunktivale Blutung/ BH-Reizung	Jain et al. 2022 ³⁷ , Terrill et al. 2020 ³⁸ , Richani et al. 2019 ³⁹ , Zhong et al. 2022 ⁴⁰ Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Hornhauterosion	Zhong et al. 2022 ⁴⁰ und Etheridge et al. 2024 ⁴¹ bei moderat zugeordnet
Ptosis	
Lidschlussdefekt	
Lidemphysem	
Ektropium	
Entropium	
Unterlidtiefstand	
Bewegungsschmerz	
Motilitätseinschränkungen	
Doppelbilder	Jain et al. 2022 ³⁷ bei moderat zugeordnet

Exotropie/Exophorie	
Leichte Visuseinschränkung (besser als 0,4)	Jain et al. 2022 ³⁷ bei moderat zugeordnet
Verzögerte Lichtreaktion	
Leicht erhöhter Augeninnendruck (siehe Tabelle 5)	
Hypästhesien	Terrill et al. 2020 ³⁸ , Etheridge et al. 2024 ⁴¹
Anästhesie V2	
Phorien	
Tortuositas	

Der Augeninnendruck der Patienten wurde, falls dokumentiert, in präoperativ und postoperativ unterteilt und in die folgenden drei Kategorien eingeteilt:

Tabelle 5: Augeninnendruck

Normaler Augeninnendruck	Bis 20 mmHg
Pathologisch erhöhter Augeninnendruck, kontrollbedürftig	21 bis 34 mmHg
Dramatisch erhöhter Augeninnendruck	>35mmHg

Die Ethikkommission des Fachbereichs für Medizin der Universitätsklinik zu Köln genehmigte die Datenerhebung und Auswertung der retrospektiven Arbeit am 06.05.2024 unter der Antragsnummer 24-1130-retro.

3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit pseudonymisierten Daten durchgeführt. In einer separaten Exceltabelle wurden die Fallnummern der Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2020 codiert und anschließend in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0 Armonk, NY: IBM Corp. Released 2023 zur Datenerhebung exportiert.

Anfangs wurde eine deskriptive Datenanalyse der zwei Gruppen durchgeführt, die Minimum, Maximum und Mittelwerte beinhaltet. Darstellungen in Form von Häufigkeitstabellen und Boxplots veranschaulichen die Daten.

Für kategoriale Parameter wurde der verteilungsunabhängige Chi Quadrat Test bzw. das 95% Konfidenzintervall angewendet. Beim Signifikanzniveau wurde $p \leq 0,05$ als signifikant und $p \leq 0,001$ als hochsignifikant gewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Gruppe GG (Gesamtgruppe)

4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Für die Gesamt-Gruppe GG konnten 864 Patienten eingeschlossen werden, die im Zeitraum zwischen dem 01.01.2016 und dem 31.12.2020 in der MKG der Uniklinik Köln operativ behandelt wurden. Die Altersverteilung der 864 Patienten lag zwischen sieben bis 94 Jahren. Davon waren 616 Patienten männliche Probanden (71,3%) und 248 Patienten weibliche Probanden (28,7%) mit einem Durchschnittsalter von 45,9 Jahren. Männer waren mit einem Anteil von über 71,3% deutlich häufiger von Mittelgesichtsfrakturen betroffen als Frauen mit 28,7%. Außerdem waren die männlichen Patienten zum Zeitpunkt der Fraktur durchschnittlich jünger mit einem Alter von 41,6 Jahren, während die weiblichen Patienten mit 56,7 Jahren deutlich älter waren (siehe Abbildung 3).

Tabelle 6: Geschlechterverteilung Gruppe GG

Geschlecht	Anzahl	Anteil (%)
Männer	616	71,3%
Frauen	248	28,7%
Gesamt	864	100%

Tabelle 7: Altersverteilung Gruppe GG

Altersgruppe	Anzahl	Anteil (%)
0-10 Jahre	4	0,5%

11-20 Jahre	84	9,7%
21-30 Jahre	174	20,1%
31-40 Jahre	148	17,1%
41-50 Jahre	117	13,5%
51-60 Jahre	109	12,6%
61-70 Jahre	85	9,8%
71-80 Jahre	76	8,8%
81-90 Jahre	63	7,3%
91-100 Jahre	4	0,5%

Am häufigsten erlitten Patienten in ihrer dritte und vierte Lebensdekade Mittelgesichtsfrakturen.

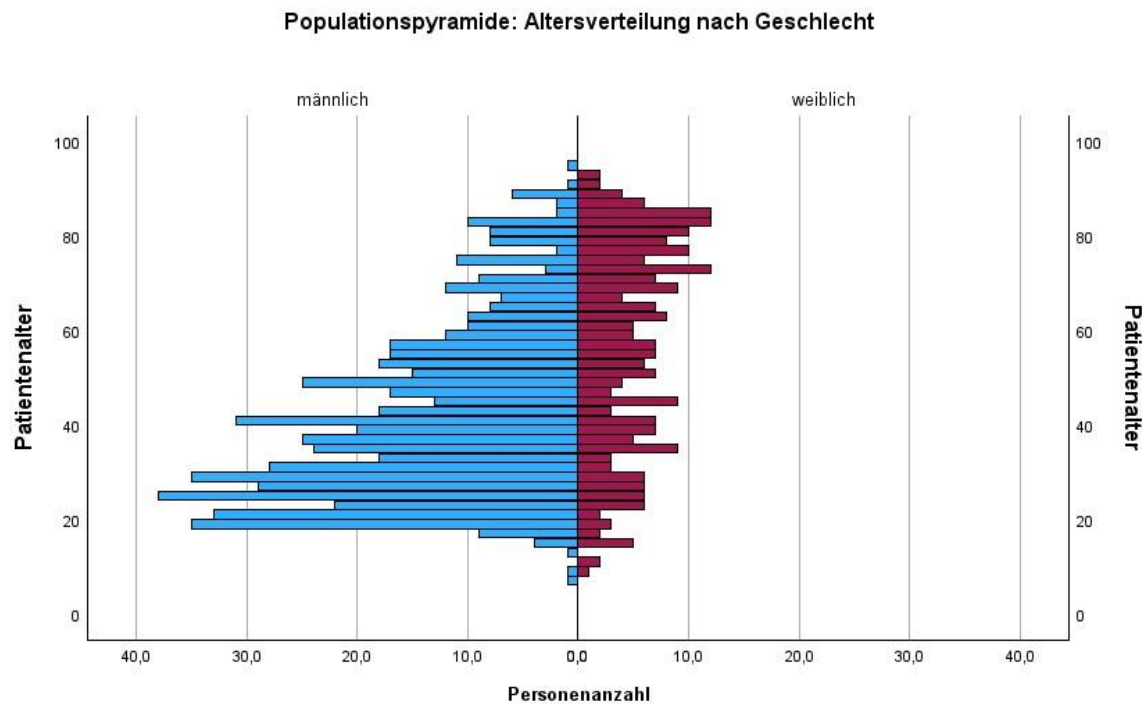


Abbildung 3: Altersverteilung innerhalb der zwei Geschlechter

4.1.2 Unfallmechanismen

Die Erhebung der Unfallmechanismen der Mittelgesichtsfrakturen in Gruppe GG ergab, dass mit jeweils einem Drittel Stürze im täglichen Leben (35,5%) und äußere Gewalteinwirkung (32,8%) die häufigsten Ursachen waren. Einen ebenfalls häufigen Unfallmechanismus stellten

Verkehrsunfälle dar (20,9%). Unterschieden wurde dabei nach Fortbewegungsmittel bei langsamer Geschwindigkeit (15,3%), wie Fahrradunfälle mit 14,3% und E-Rollerunfälle mit einer Häufigkeit von 1,0%. Es folgten Sportunfälle (4,6%) und die passive Kollision im Straßenverkehr (3,1%). Unfälle mit hoher Geschwindigkeit (2,6%) umfassen Autounfälle (1,3%) und Motorradunfälle (1,3%). 4,8% der Unfallmechanismen konnten aufgrund von unklarer Dokumentation oder Seltenheit nicht zugeordnet werden. Bei einem geringen Anteil (1,3%) wurde keine Angabe zur Ursache gemacht.

Tabelle 8: Häufigkeiten der Unfallmechanismen

Unfallmechanismus	Insg. (N=864)	Anteil (%)	m (n=616)	w (n=248)
Sturz	307	35,5%	165	142
Äußere Gewalteinwirkung	283	32,8%	254	29
- Pferdetritt	10	1,2%	2	8
Verkehrsunfall	181	20,9%	120	61
Langsame Geschwindigkeit	132	15,3%	82	50
- Fahrradunfall	123	14,2%	75	48
- E-Rollerunfall	9	1,0%	7	2
Hohe Geschwindigkeit	22	2,5%	20	2
- Autounfall	11	1,3%	9	2
- Motorradunfall	11	1,3%	11	0
Kollision (Passiv)	27	3,1%	18	9
Sport	40	4,6%	36	4
Sonstige	42	4,9%	34	8
Keine Angabe	11	1,3%	7	4

Anteil auf die erste Nachkommastelle gerundet

Die Populationstabelle (Abbildung 4) zeigt, dass deutlich mehr Männer (40,9%) aufgrund von Gewalt Mittelgesichtsfrakturen erleiden als Frauen (8,5%). Bei den Frauen werden Stürze in 57,3% der Fälle als Ursache angegeben, während bei den Männern ein Sturz nur in 26,8% der Fälle als Ursache angegeben wird.

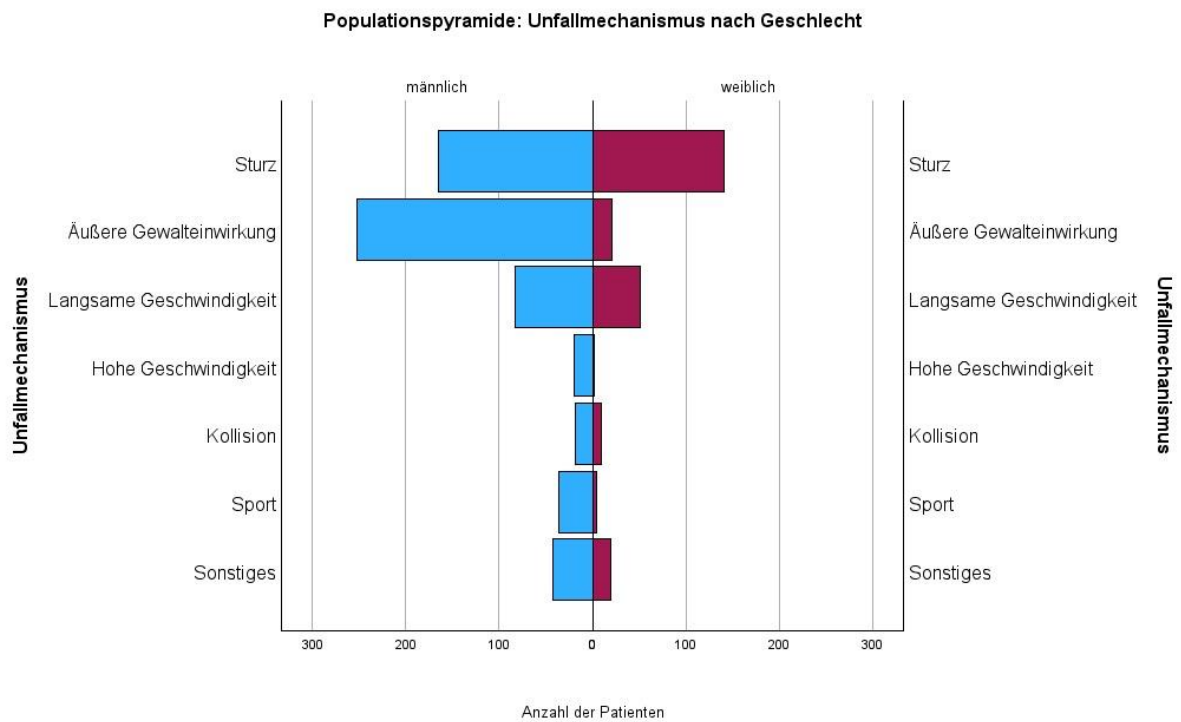


Abbildung 4: Unfallmechanismen nach Geschlecht unterteilt

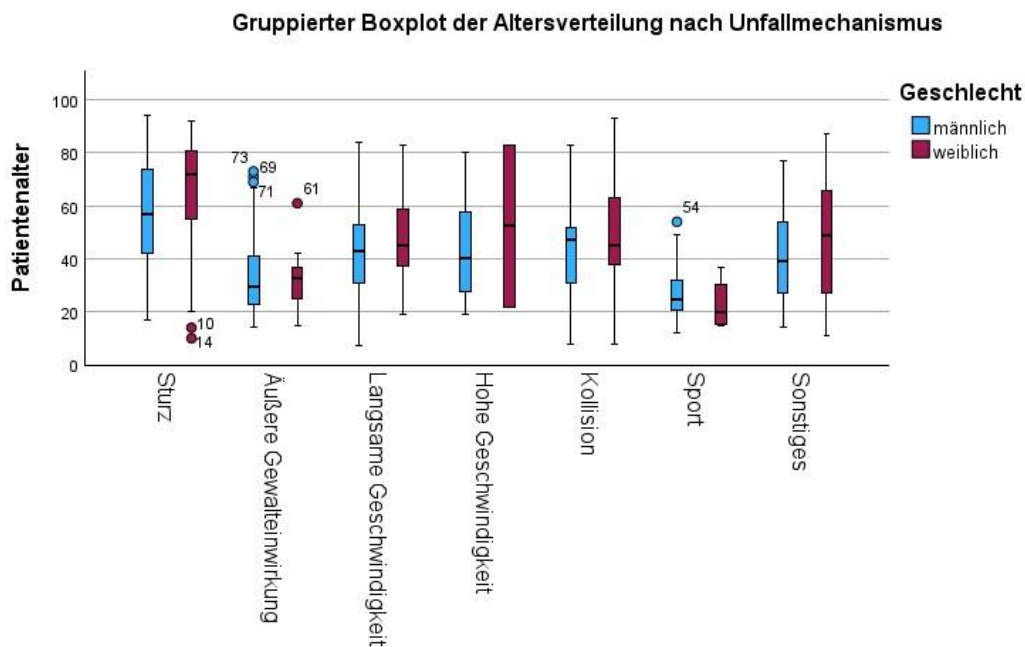


Abbildung 5: Altersverteilung nach Geschlecht und Unfallmechanismus

Mittelgesichtsfrakturen durch äußere Gewalteinwirkung kommen sowohl bei Männern als auch bei Frauen vornehmlich in der zweiten und dritten Lebensdekade vor. Bei sportlichen

Aktivitäten verunfallen eher junge Leute. Der Sturz als Unfallmechanismus häuft sich dagegen bei der älteren Bevölkerung (siehe Abbildung 5).

4.1.3 Frakturen im Mittelgesicht

Die häufigste Frakturform in unserer Studie ist die Orbitafraktur mit 89,8%. 776 der 864 Patienten hatten eine klinisch und radiologisch bestätigte Fraktur der Orbita, wovon 249 Patienten (32,1%) eine isolierte Orbitafraktur hatten, d.h. ohne Begleitfrakturen. Am zweithäufigsten frakturierte das Jochbein zu 52,7%, gefolgt von der Nasenbeinfraktur zu 15,5%, der Jochbogenfraktur zu 14,4%, der Oberkieferfraktur zu 12% und der Fraktur des Naso-orbito-ethmoidalen (NOE) Komplexes zu 2%. Komplexe Frakturen wie die Le-Fort-I-Fraktur kamen zu 7,6% vor, die Le-Fort-II-Fraktur zu 7,1% und die Le-Fort-III-Fraktur zu 5%.

Tabelle 9: Frakturen Gruppe GG

Frakturlokalisation	Anzahl	Anteil (%)
Nasenbeinfraktur	133	15,4%
Orbitafraktur	776	89,8%
- isolierte Orbitafraktur	249	28,8%
Jochbeinfraktur	455	52,7%
Oberkieferfraktur	104	12,0%
Jochbogenfraktur	124	14,4%
NOE-Fraktur	17	2,0%
Le-Fort-I-Fraktur	66	7,6%
Le-Fort-II-Fraktur	61	7,1%
Le-Fort-III-Fraktur	43	5,0%
Zahnverletzung	78	9,0%

Zu Zahnverletzungen in Form von Schmelzfrakturen, Schmelz-Dentin-Frakturen, Wurzelfrakturen, Zahnlockerungen, Avulsionen oder Zahnverlust kam es in 78 Fällen (9%). Bei 36 Patienten (4,2%) wurde eine Malokklusion beschrieben und zwölf weitere (1,4%) klagten über Aufbissschmerz.

4.2 Gruppe AG (augenärztlich untersuchte Gruppe)

Die ophthalmologischen Befunde wurden größtenteils aus den digitalen Einträgen des Zentrums für Augenheilkunde der Uniklinik Köln ausgewertet. Auch externe ophthalmologische Befunde, z.B. Überweisung durch eine Augenarztpraxis, wurden berücksichtigt, wenn diese in der digitalen Akte hinterlegt waren. Dabei wurden 196 präoperative Befunde ausgewertet und 130 postoperative Befunde. Bei 55 Probanden wurde sowohl eine präoperative als auch eine postoperative ophthalmologische Untersuchung durchgeführt.

Das rechte Auge war in 120 Fällen (44,3%) beteiligt, das linke Auge in 128 Fällen (47,2%). Zu einer beidseitigen Augenbeteiligung kam es in 23 Fällen (8,5%).

4.2.1 Alters- und Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppe AG

In die Gruppe AG konnten 271 Patienten eingeschlossen werden, die prä- und/oder postoperativ ophthalmologisch untersucht wurden. Dabei handelte es sich um 189 Männer (69,7%) und 82 Frauen (30,3%). Das Durchschnittsalter lag bei 46,2 Jahren, der älteste Patient mit 88 Jahren, der jüngste Patient mit sieben Jahren.

Tabelle 10: Geschlechterverteilung Gruppe AG

Geschlecht	Anzahl	Anteil (%)
Männer	189	69,7%
Frauen	82	30,3%
Gesamt	271	100%

Tabelle 11: Altersverteilung Gruppe AG

Altersgruppe	Anzahl	Anteil (%)
0-10	2	0,7%
11-20	23	8,5%
21-30	64	23,6%
31-40	42	15,5%
41-50	30	11,1%
51-60	30	11,1%

61-70	29	10,7%
71-80	26	9,6%
81-90	25	9,2%
91-100	0	0%

Auch in der Gruppe AG zogen sich Patienten in ihrer dritten und vierten Lebensdekade am häufigsten Mittelgesichtsfrakturen zu.

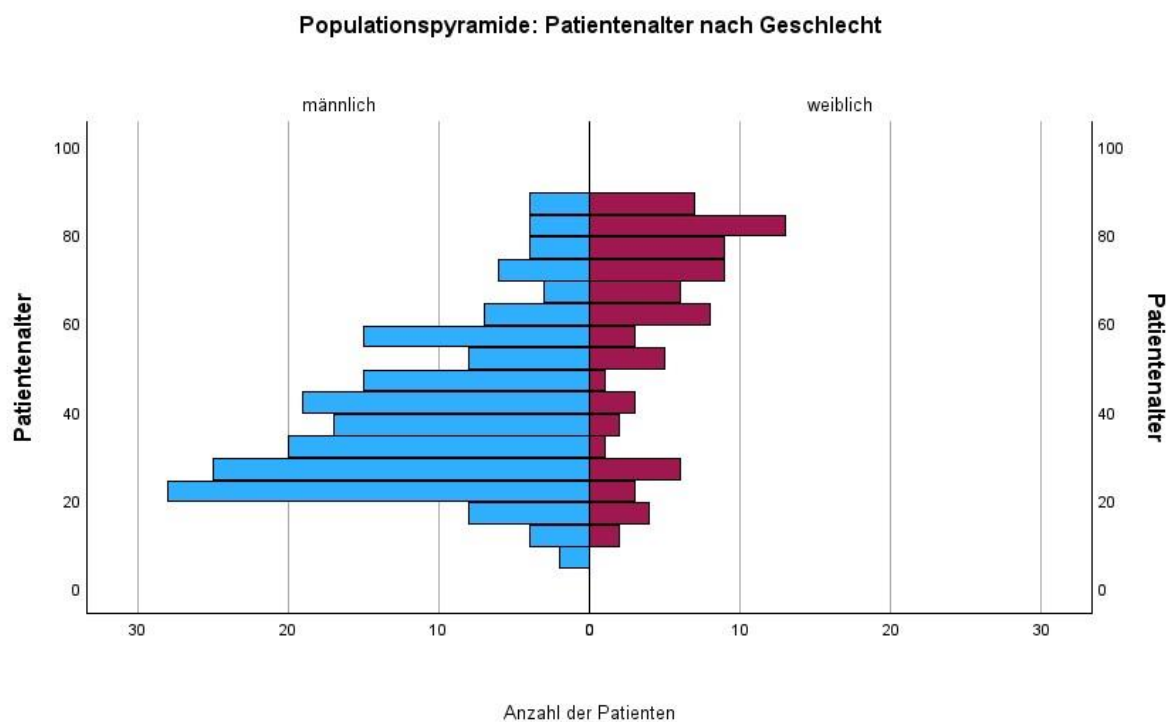


Abbildung 6: Altersverteilung nach Geschlecht innerhalb der Gruppe AG

Die Patientengruppe mit einem perioperativen, ophthalmologischen Untersuchungsbefund wies, bezogen auf die Alterszusammensetzung, kaum Abweichungen zu der Gruppe GG auf. 69,7% der 271 Patienten waren männlich, 30,3% weiblich. Auch hier waren die Männer (40,1 Jahre) durchschnittlich jünger als die Frauen (60,4 Jahre).

In der männlichen Altersgruppe zwischen 21-30 Jahren, die eine Mittelgesichtsfraktur hatten und einer ophthalmologischen Untersuchung unterzogen wurden, waren 68,5% (37/54) der Ursachen äußere Gewalteinwirkung.

4.2.2 Unfallmechanismen innerhalb der Gruppe AG

Tabelle 12: Unfallmechanismus Gruppe AG

Unfallmechanismus	Anzahl (n=271)	Anteil (%)
Sturz	102	37,6%
Äußere Gewalteinwirkung	100	36,9%
- Pferdetritt	3	1,1%
Verkehrsunfall	45	16,6%
Langsame Geschwindigkeit (aktiv)	30	11,1%
- Fahrradunfall	25	9,2%
- E-Rollerunfall	5	1,8%
Hohe Geschwindigkeit (aktiv)	8	3,0%
- Autounfall	5	1,8%
- Motorradunfall	3	1,1%
Kollision (passiv)	7	2,6%
Sonstige	13	4,8%
Sport	11	4,1%

Die Unfallmechanismen innerhalb der Gruppe AG fallen ähnlich wie jene aus Gruppe GG aus. Stürze und äußere Gewalteinwirkung sind die dominierenden Ursachen. Auch bei der Altersverteilung und dem Unfallmechanismus gibt es keine großen Abweichungen.

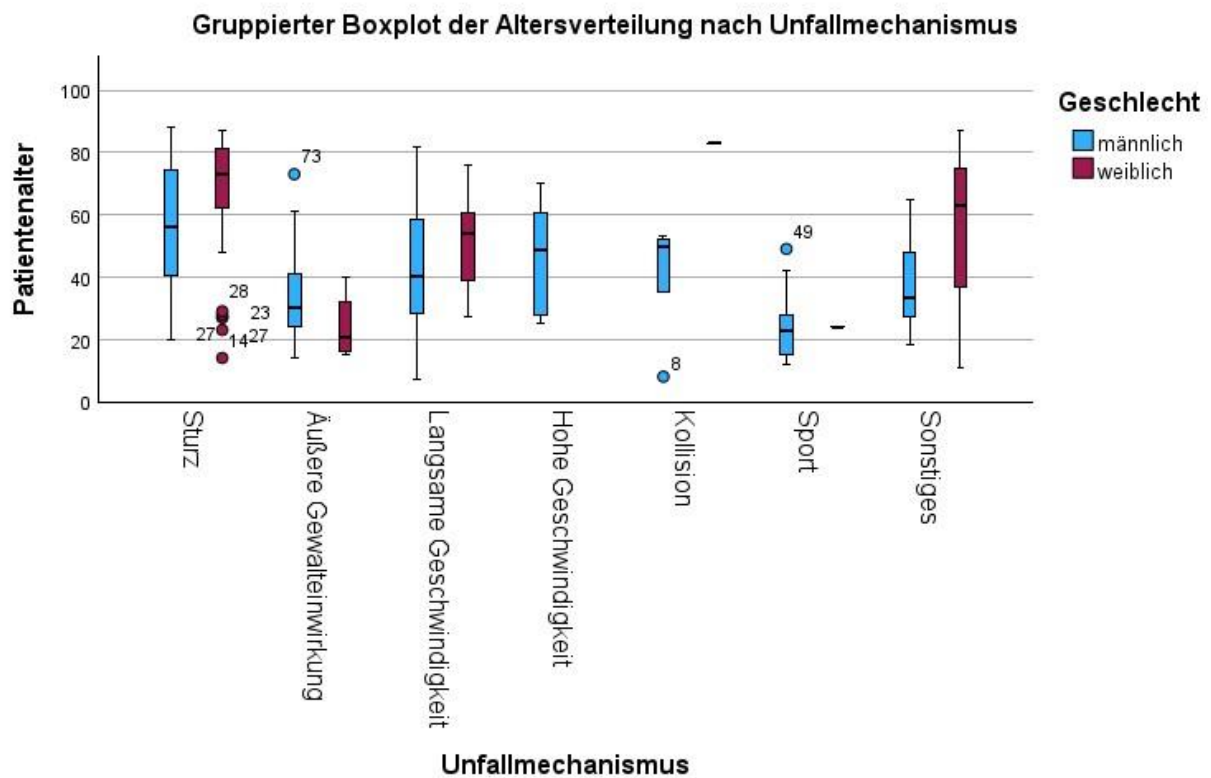


Abbildung 7: Altersverteilung nach Unfallmechanismus

4.2.3 Einteilung der Frakturtypen im Mittelgesicht Gruppe AG (n=271)

Tabelle 13: Frakturen Gruppe AG

Fraktur	Anzahl (n=271)	Anteil (%)
Orbitafraktur	267	98,5%
- davon isoliert	138	50,9%
- davon kombiniert	129	47,6%
Jochbeinfraktur	99	36,5%
Nasenbeinfraktur	55	20,3%
Jochbogenfraktur	24	8,9%
Oberkieferfraktur	23	8,5%
NOE Fraktur	9	3,3%
Le-Fort-I-Fraktur	18	6,6%

Le-Fort-II-Fraktur	26	9,6%
Le-Fort-III-Fraktur	18	6,6%

Innerhalb der Gruppe AG, die auch ophthalmologisch untersucht wurde, hatten 98,5% eine Orbitafraktur. In 138 Fällen lag eine isolierte Orbitafraktur vor, bei 129 Patienten war diese mit weiteren Mittelgesichtsfrakturen kombiniert. Zur genaueren Analyse und um mögliche Zusammenhänge zwischen der Lokalisation der Fraktur und den augenärztlichen Befunden zu erkennen, wurde die Orbitahöhle in die vier Bereiche Orbitaboden, Orbitadach, mediale Orbitawand und laterale Orbitawand, unterteilt. Die am häufigsten vertretene Fraktur war mit 94,4% eindeutig die Orbitabodenfraktur. Deutlich seltener kam es zu Frakturen der lateralen Orbitawand (20,2%), der medialen Wand (11,6%) oder des Orbitadachs (7,5%).

Tabelle 14: Lokalisation der Frakturlinie innerhalb der Orbitahöhle

Frakturlokalisation	Anzahl von insg. 267	Anteil (%)
Orbitaboden	252	94,4%
Laterale Wand	54	20,2%
Mediale Wand	31	11,6%
Orbitadach	20	7,5%

Von den vier Patienten ohne Orbitabeteiligung hatten zwei eine isolierte Jochbogenfraktur und zwei weitere eine isolierte Absprengung des Jochbeinmassivs ohne Beteiligung der knöchernen Orbita.

4.3 Vergleich Gruppe GG und Gruppe AG

Tabelle 15: Vergleich Gruppe GG und Gruppe AG

Frakturlokalisation	GG (N=864)	AG (n=271)	Anteil der Patienten, die einer augenärztlichen Untersuchung zugeführt wurden (31,4%)
isolierte Orbitafraktur	249	138	55,4%
NOE Fraktur	17	9	52,9%
Le-Fort-II-Fraktur	61	26	42,6%

Le-Fort-III-Fraktur	43	18	41,9%
Nasenbeinfraktur	133	55	41,4%
Orbitafraktur (alle)	776	267	34,4%
Le-Fort-I-Fraktur	66	18	27,3%
Oberkieferfraktur	104	23	22,1%
Jochbeinfraktur	455	99	21,8%
Jochbogenfraktur	124	24	19,4%

Bei Patienten mit Oberkiefer-, Jochbogen- und Jochbeinfrakturen war am seltensten eine weitere augenärztliche Diagnostik erforderlich; bei einer NOE- und/oder isolierten Orbitafrakturen erfolgte am häufigsten eine ophthalmologische Diagnostik.

Tabelle 16: Schweregrad der augenärztlichen Befunde aus der Gruppe AG abhängig von Fraktur

Frakturen	Leicht		Schwer	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
Fraktur der Orbita	126	47,2%	141	52,8%
- Isolierte Orbitafraktur	54	39,1%	84	60,9%
- Orbitaboden	120	47,6%	132	52,4%
- Orbitadach	4	20,0%	16	80,0%
- Laterale Wand	27	50,0%	27	50%
- Mediale Wand	18	58,1%	13	41,9%
Jochbeinfraktur	57	57,6%	42	42,4%
Nasenbeinfraktur	25	45,5%	30	54,5%
Jochbogenfraktur	15	62,5%	9	37,5%
Oberkieferfraktur	15	65,2%	8	34,8%
NOE Fraktur	5	55,6%	4	44,4%
Le-Fort-I-Fraktur	10	55,6%	8	44,4%
Le-Fort-II-Fraktur	12	46,2%	14	53,8%
Le-Fort-III-Fraktur	9	50,0%	9	50,0%

Als Risikogruppe wurden in Anlehnung an ähnliche Publikationen Männer zwischen 21-30 Jahren und Patienten ab 60 Jahren genauer betrachtet ^{1,42}.

Die Patientengruppe „männlich, 21-30 Jahre, mit hohem Anteil an Gewaltdelikten“ war nicht signifikant häufiger mit schweren Augenverletzungen vertreten als die anderen Patienten (ChiQuadrat-Test $p > 0,05$).

Tabelle 17: Kreuztabelle, männliche Hochrisikogruppe und Schweregrad der Befunde

	Leichte Befunde	Schwere Befunde	Gesamt
Patienten <21 und >30 Jahre	102	115	217
Männer zw. 21-30 Jahre	26	28	54
Gesamt	128	143	271

Patienten ab 60 Jahren hatten signifikant häufiger schwere Befunde im Hinblick auf die untersuchten Augenverletzungen (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 18: Kreuztabelle Patienten ab 60 Jahren und Schweregrad der Befunde

	Leichte Augenbefunde	Schwere Augenbefunde	Gesamt
Unter 60 Jahren	106	85	191
Ab 60 Jahren	22	58	80
Gesamt	128	143	271

4.4 Spezifische Unfallursachen

Um mögliche Zusammenhänge zwischen dem Unfallmechanismus und den damit einhergehenden Frakturen und Befunden zu erkennen, wurden die Unfallmechanismen einzeln betrachtet.

4.4.1 Gewalt

Innerhalb beider Gruppen GG und AG, die durch äußere Gewalteinwirkung eine Fraktur erlitten, war die Orbitafraktur die häufigste Fraktur im Mittelgesicht, gefolgt von der Jochbeinfraktur, der Nasenbeinfraktur und der Jochbogenfraktur. Seltener konnten komplexe Frakturen vom Typ Le-Fort registriert werden.

Tabelle 19: Frakturen durch äußere Gewalteinwirkung

Frakturlokalisation	Gruppe GG (n=254)	Gruppe AG (n=100)
Orbitafraktur	81,3%	99%
Jochbeinfraktur	44,9%	31%
Nasenbeinfraktur	19,8%	28%
Jochbogenfraktur	15,5%	9%
Oberkieferfraktur	8,1%	6%
NOE Fraktur	2,6%	4%
Le-Fort-I-Fraktur	4,9%	2%
Le-Fort-II-Fraktur	3,9%	6%
Le-Fort-III-Fraktur	1,4%	1%

Für die Gruppe AG wurde der Schweregrad der Augenbefunde in leicht und schwer erhoben. Hierbei zeigt sich eine homogene Verteilung.

Tabelle 20: Schweregrad durch äußere Gewalteinwirkung in der Gruppe AG

Leicht	51% (51/100)
Schwer	49% (49/100)

In der Gruppe GG waren 90% (254/283) der durch äußere Gewalteinwirkung verletzten Patienten Männer mit einem Durchschnittsalter von 33 Jahren.

4.4.2 Sturz

Bei den Patienten, die einen Sturz erlitten, waren überwiegend die Orbita, das Jochbein oder der Oberkiefer und die Nase frakturiert. In der Gruppe GG verunfallten mehr Männer (53,7%, 165/307) als Frauen (46,3%, 142/307) durch Stürze. In der Gruppe AG dagegen waren 56,9% (58/102) weiblich und 43,1% (44/102) männlich mit einem Medianalter von 68 Jahren. (M: 63).

Tabelle 21: Frakturen durch Stürze

Frakturlokalisation	Gruppe GG	Gruppe AG
Orbitafraktur	95,1%	100%
Jochbeinfraktur	54,4%	42,2%
Nasenbeinfraktur	13,4%	15,7%
Jochbogenfraktur	10,4%	10,8%
Oberkieferfraktur	15%	12,7%
NOE Fraktur	2%	2,9%
Le-Fort-I-Fraktur	8,1%	5,9%
Le-Fort-II-Fraktur	9,1%	8,8%
Le-Fort-III-Fraktur	7,2%	7,8%

Innerhalb der Gruppe AG erlitten die Patienten nach Stürzen häufiger schwere als leichte Augenverletzungen.

Tabelle 22: Anteil an leichten und schweren Augenbefunden innerhalb der Gruppe AG

Leicht	39,2%
Schwer	60,8%

4.4.3 Unfälle bei niedriger Geschwindigkeit (Fahrrad & E-Roller)

In beiden Gruppen verunfallten mehr Männer (GG: 62,1%, AG: 63,3%) als Frauen durch Unfälle bei niedriger Geschwindigkeit bei einem mittleren Alter von 46 Jahren. Die meisten Frakturen zeigten sich hier an der Orbita und dem Jochbein.

Tabelle 23: Frakturen durch Unfälle bei niedriger Geschwindigkeit

Frakturlokalisation	Gruppe GG	Gruppe AG
Orbitafraktur	93,2%	100%
Jochbeinfraktur	67,4%	56,7%
Nasenbeinfraktur	9,8%	6,7%
Jochbogenfraktur	15,9%	10%
Oberkieferfraktur	11,4%	6,7%
NOE Fraktur	0,1%	0%
Le-Fort-I-Fraktur	10,6%	16,7%
Le-Fort-II-Fraktur	8,3%	16,7%
Le-Fort-III-Fraktur	5,3%	16,7%

E-Roller (Gruppe GG: n=9, Gruppe AG: n=5)

Unter den E-Roller-Unfällen der Gruppe AG (n=5) verunglückten drei Patienten mit leichten Augenverletzungen und zwei mit schweren. Damit hatten 40% der augenärztlich untersuchten E-Roller-Fahrer mit MG-Fraktur eine schwere Augenkomplikation.

Fahrrad (Gruppe GG: n=122, Gruppe AG: n=25)

Patienten, die mit einem Fahrrad verunfallten, wurden in die zwei Gruppen behelmt und unbehelmt eingeteilt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Schutz des Kopfes durch einen Helm und einer Mittelgesichtsfraktur zu erkennen. Bei 67 der insgesamt 122 Personen mit Fahrradunfall wurde nicht dokumentiert, ob diese einen Helm trugen oder nicht. Bei den dokumentierten Fällen zeigte sich, dass die Fahrradverunfallten in einem Verhältnis von 4,5:1 unbehelmt stürzten.

Von den 122 Fahrradverunfallten wurden 25 Patienten ophthalmologisch untersucht. 14 davon waren unbehelmt und drei behelmt gestürzt (Verhältnis 4,7:1). Zu den restlichen acht Patienten gab es keine Angaben.

Einteilung der Fahrradverunfallten

Tabelle 24: Fahrradunfälle mit und ohne Helm

	Gruppe GG (N=864) 122 Fahrradunfälle (14% aller Unfallmechanismen)		Gruppe AG (n=271) 25 Fahrradunfälle (9,2% aller Unfallmechanismen)	
Kopfschutz	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
unbekannt	67	54,9%	8	32,0%
unbehelmt	45	36,8%	14	56,2%
behelmt	10	8,2%	3	12%
Gesamt	122	100%	25	100%

Gruppe AG (n=271)

Tabelle 25: Schweregrad der augenärztlichen Befunde bei Fahrradunfällen

Kopfschutz	Leicht (n=16)	Schwer (n=9)
Unbekannt	5	3
Unbehelmt	11	3
Behelmt	0	3

Die Auswertung ergab, dass es keine signifikanten Unterschiede bei dem Schweregrad der Augenverletzung von Fahrradverunfallten mit und ohne Helm gab (Chi-Quadrat-Test $p > 0,05$). Tendenziell war der Anteil der Unbehelmteten aus der Gruppe GG, die zu einer weiteren Augenuntersuchung geschickt wurden, höher (31,1%).

Mit dem statistischen Test der binär logistischen Regression wurde eine Regressionstabelle erstellt, bei der als kategoriale Variante die Unfälle bei langsamer Geschwindigkeit gewählt wurden und als abhängige Variable die leichten vs. die schweren augenärztlichen Befunde gegenübergestellt wurden.

Hier zeigte sich mit zunehmendem Alter eine höhere Wahrscheinlichkeit für eine schwere Augenkomplikation.

Die Wahrscheinlichkeit für eine schwere Augenbeteiligung ist, verglichen zu Unfällen bei langsamer Geschwindigkeit, bei den Ursachen äußere Gewalteinwirkung (Chi-Quadrat-Test $p=0,018$) und Unfällen bei hoher Geschwindigkeit (Chi-Quadrat-Test $p=0,035$) signifikant höher. Die sonstigen Ursachen wie Sturz (Chi-Quadrat-Test $p=0,131$) oder Sonstige Unfallursachen (Chi-Quadrat-Test $p=0,051$) liegen nahe am Signifikanzwert.

4.4.4 Unfälle bei hoher Geschwindigkeit (Auto- und Motorradunfälle)

Gruppe GG: n=22, Gruppe AG: n=8

Autounfall (Gruppe GG: n=11, Gruppe AG: n=5)

Motorradunfall (Gruppe GG: n=11, Gruppe AG: n=3)

Bei den Motorradunfällen kam es neben der Orbitafraktur und einer Jochbeinfraktur auch zu einem gehäuften Auftreten von Le-Fort-Frakturen.

Tabelle 26: Frakturen durch Motorradunfälle

Frakturlokalisation	Gruppe GG (n=11)	Gruppe AG (n=3)
Orbitafraktur	100%	100%
Jochbeinfraktur	45,5%	33%
Nasenbeinfraktur	9,1%	0%
Jochbogenfraktur	9,1%	0%
Oberkieferfraktur	36,4%	33%
NOE Fraktur	9,1%	0%
Le-Fort-I-Fraktur	27,3%	66%
Le-Fort-II-Fraktur	27,3%	66%
Le-Fort-III-Fraktur	45,5%	66%

In der Gruppe AG konnte bei drei von insgesamt 271 Patienten als Unfallmechanismus ein Motorradunfall verifiziert werden: zwei von diesen drei Patienten erlitten eine Amaurose.

Ein Patient mit Amaurose zeigte im Befund eine Bulbusruptur mit begleitendem Retrobulbärhämatom (Augeninnendruck pathologisch erhöht). Bei dem zweiten Patienten kam es zu einer Amaurose infolge einer Optikuskompression. Der dritte Patient hatte ausschließlich leichte Augenbefunde.

Auch wenn die geringe Anzahl nicht für eine statistische Beurteilung ausreicht, traten schwerste Augenverletzung in keiner anderen Gruppe so häufig auf wie unter Motorradfahrern.

4.5 Spezifische schwere Augenkomplikationen innerhalb der Gruppe AG

4.5.1 Einteilung der Augenkomplikationen in leichte und schwere Befunde

Für die Gruppe GG wurde bei jedem Patienten, der nicht in die Gruppe AG eingeschlossen wurde, davon ausgegangen, dass nur milde augenärztliche Befunde vorlagen.

Tabelle 27: Einteilung in schwere und leichte Befunde nach Unfallmechanismus

	Leicht Gruppe AG		Schwer Gruppe AG		Schwer GG	Gruppe
Unfallmechanismus	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
Äußere Gewalteinwirkung	51	51%	49	49%	283	17,3%
- Pferdtritt	0	0%	3	100%	10	30%
Sturz	40	39,2%	62	60,8%	307	20,2%
Verkehrsunfälle	25	55,6%	20	44,4%	181	11,0%
Hohe Geschwindigkeit	2	25%	6	75%	22	27,3%
- Auto	1	20%	4	80%	11	36,4%
- Motorrad	1	33%	2	66%	11	18,2%
Niedrige Geschwindigkeit	20	66,7%	10	33,3%	132	7,6%
- Fahrrad	17	68%	8	32%	123	6,5%
- E-Roller	3	60%	2	40%	9	22,2%
Kollision (passiv)	3	42,9%	4	57,1%	27	14,8%
Sport	7	63,6%	4	36,4%	40	10%
Sonstige	5	38,5%	8	61,5%	42	19%

In den folgenden Tabellen wurden die Häufigkeiten der jeweiligen Augenbefunde nach ihrem Schweregrad aus der Gruppe AG aufgelistet.

Leichte Augenbefunde

Tabelle 28: Leichte augenärztliche Befunde

Leichte Verletzungen	Anzahl (n=271)	Anteil (%)
Periorbitale Hämatome/Ödeme/Chemosis	205	75,6%
Hyposphagma/Subkonjunktivale Blutung	125	46,1%
Bewegungsschmerz	15	5,5%
Ptosis	21	7,7%
Lidschlussdefekt	17	6,2%
Unterliddiefstand	4	1,5%

Lidempysem	20	7,4%
Ektropium	29	10,7%
Entropium	1	0,37%
Hypästhesien	130	48%
Motilitätseinschränkungen prä OP	69	25,5%
Motilitätseinschränkungen post OP	67	24%
Doppelbilder prä OP	80	29,5%
Doppelbilder post OP	69	25,5%
Verzögerte Lichtreaktion	10	3,7%
Anästhesie V2	6	2,2%
Exotropie/Exophorie	21	7,7%
Hornhauterosion	6	2,2%
Tortuositas	3	1,1%

Schwere Augenbefunde

Tabelle 29: Schwere augenärztliche Befunde

Schwere Verletzungen	Anzahl (n=271)	Anteil (%)
Hyphema/Glaskörperblutung	6	2,2%
Netzhautriss	1	0,37%
Netzhautödem	2	0,74%
Retrobulbärhämatom prä OP	27	10%
Retrobulbärhämatom post OP	6	2,2%
Amaurosis	6	2,2%
Bulbusruptur	2	0,74%
Nervus opticus Läsion	8	3%
Zentralarterienverschluss	1	0,37%
Keine Lichtreaktion	18	6,6%
Tränenswegriss	4	1,5%
Linsenluxation	1	0,37%
Okulomotoriosparese	6	2,2%
Orbitahämatom	16	5,9%
Orbitaspitzensyndrom	3	1,1%
Visuseinschränkung prä OP	46	17%
Visuseinschränkung post OP	9	3,3%

Harter Bulbus	6	2,2%
Enophthalmus	19	7%
Exophthalmus	30	11,1%
Hoher Bulbus	8	3%
Trübe Hornhaut	2	0,74%
BH-Riss	3	1,1%
Sphinkterriss	3	1,1%
Berlin-Ödem	12	4,4%

4.5.2 Amaurosis

Zu einem Verlust der Lichtscheinwahrnehmung (Amaurosis) kam es bei sechs Patienten, d.h. bezogen auf alle Patienten (GG) bei 0,8%, bezogen auf die augenärztlich untersuchten Patienten (AG) bei 2,2%.

Auffällig war hier das Geschlechterverhältnis (m = 83,3%, w = 16,7%) und die Häufung von Motorradunfällen als Ursache (33%). Das mittlere Alter der Patienten mit Amaurose lag bei 52 Jahren. Bei einem Patienten war die Ursache äußere Gewalteinwirkung (17%), bei zwei Patienten ein Motorradunfall (33%) und bei drei weiteren ein Sturz (50%).

Tabelle 30 stellt die genauen Befunde der einzelnen Patienten mit Amaurose dar.

Patienten mit Amaurose:

Tabelle 30: Patienten mit Amaurose

n=6	Alter und Geschlecht (m/w)	Unfall-mechanismus	Frakturlokalisation	Schwerste Augenbefunde
Patient 1	28 (m.)	Äußere Gewalteinwirkung	Jochbein- & Orbitafraktur (b+d+l)	Orbitaspitzensyndrom, Okulomotoriusparese, eingesprengtes Knochenfragment in den c. opticus
Patient 2	38 (m.)	Sturz	Le-Fort-I, II & III- Fraktur	Bulbustrauma

Patient 3	55 (m.)	Sturz	Jochbein, Orbitaboden	Retrobulbärhämatom, Optikuskompression
Patient 4	76 (w.)	Sturz	Orbitafraktur (b+m)	Retrobulbärhämatom, Optikusläsion
Patient 5	56 (m.)	Motorrad	Le-Fort-I, II & III- Fraktur	Bulbusruptur, Retrobulbärhämatom
Patient 6	58 (m.)	Motorrad	Le-Fort-I, II & III- Fraktur	Optikuskompression

m.: männlich, w.: weiblich

b: Orbitaboden, l: laterale Orbitawand, m: mediale Orbitawand, d: Orbitadach

Tabelle 31: Zusammenhang zwischen Amaurosis und Frakturtypen

Frakturlokalisation	Anzahl n=6	Rel. Häufigkeit bezogen auf Amaurose	Rel. Häufigkeit bezogen auf den jeweiligen Frakturtypen AG
Orbitaboden	5	83,3%	2%
Orbitadach	1	16,7%	5,6%
Mediale Wand	3	50%	11,1%
Laterale Wand	4	66,7%	8,5%
Isolierte Orbitafraktur	1	16,7%	0,7%

Tabelle 32: Zusammenhang zwischen Amaurosis und anderen Augenbefunden

Augenbefunde	Keine Amaurose	Amaurose	Häufigkeiten der Amaurosis bei spezifischen Augenbefunde
Normaler Augeninnendruck	144	3	2%
Pathologisch erhöhter Augeninnendruck	50	1	2%

Dramatisch erhöhter Augeninnendruck		6	1	14,3%
Optikusläsion	Nein	260	3	1,1%
	Ja	5	3	37,5%
Bulbusruptur	Nein	264	5	1,9%
	Ja	1	1	50%
Präoperatives Retrobulbärhämatom	Nein	241	3	1,3%
	Ja	24	3	11,1%
Postoperatives Retrobulbärhämatom	Nein	260	5	1,9%
	Ja	5	1	16,6%
Glaskörperblutung	Nein	260	5	1,9%
	ja	5	1	16,6%

Tabelle 32 zeigt die Häufigkeiten von besonders schweren Augenbefunden bei Amaurose.

Eine Optikusläsion trat hierbei in 37,5% der Fälle mit einer Amaurose auf. Auch bei der Bulbusruptur kam es bei einer der insgesamt zwei zu einer Amaurose. Bei 16,6% der Patienten mit Glaskörperblutung und/oder postoperativem Retrobulbärhämatom kam es zu einer Amaurose. Auch bei einem präoperativem Retrobulbärhämatom kam es in 11,1% der Fälle zu einer Amaurose. Ebenfalls auffällig ist, dass es bei einem dramatisch erhöhten Augeninnendruck häufiger zu einer Amaurose kam als bei einem leicht erhöhten oder normalen Augeninnendruck.

Patienten mit Amaurose zeigten signifikant häufiger keine Lichtreaktion (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 33: Kreuztabelle, Korrelation Lichtreaktion und Amaurose

Anzahl

	Lichtreaktion	Keine Lichtreaktion	Gesamt
Keine Amaurose	252	13	265
Amaurose	2	4	6
Gesamt	254	17	271

Bei Patienten mit Amaurose trat signifikant häufiger ein Orbita-Kompartiment-Syndrom auf (Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom) (Chi-Quadrat-Test, $p=0,004$).

Tabelle 34: Kreuztabelle, Korrelation Amaurose und Orbita-Kompartiment-Syndrom (Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom)

	Kein Orbita- Kompartiment- Syndrom	Orbita-Kompartiment- Syndrom	Gesamt
Keine Amaurose	231	34	265
Amaurose	2	4	6
Gesamt	233	38	271

Bei Patienten mit Amaurose gab es keinen signifikanten Zusammenhang mit einer Mydriasis ($p<0,005$).

4.5.3 Retrobulbärhämatom

Bei insgesamt 31 Patienten trat ein Retrobulbärhämatom auf, in 27 Fällen präoperativ, in vier Fällen postoperativ. Folgende Strukturen der knöchernen Orbita waren dabei frakturiert:

Tabelle 35: Frakturverlauf durch die Orbita bei Retrobulbärhämatom

Frakturverlauf	Anzahl	Rel. Häufigkeit bezogen auf Anzahl Retrobulbärhämatom	Rel. Häufigkeit bezogen auf Frakturtypen AG
Orbitaboden	27	87,1%	10,9%
Orbitadach	7	22,6%	38,9%
Mediale Orbitawand	6	19,4%	22,2%
Laterale Orbitawand	2	6,5%	4,3%

18 Patienten hatten eine isolierte Orbitabodenfraktur, die 13 anderen wiesen kombinierte Orbitafrakturen auf.

Tabelle 36: Unfallmechanismen bei Retrobulbärhämatom

Unfallmechanismus	Anzahl
Gewalt	6
Sturz	20
Auto	3
Sonstige	1
Motorrad	1

Für die weitere statistische Auswertung wurden Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom und Orbitaspitzensyndrom zu einer Gruppe (Orbita-Kompartiment-Syndrom) zusammengefügt.

Die Altersverteilung lässt erkennen, dass blutverdünnende Medikamente einen Einfluss auf die Bildung eines Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom und/oder Orbitaspitzensyndrom hatten. Der Chi-Quadrat-Test bestätigt, dass ein signifikanter Zusammenhang ($p=0,006$) zwischen dem Befund eines Retrobulbärhämatoms und der Einnahme von Blutverdünnern bestand.

Tabelle 37: Einnahme von Blutverdünnern bei Patienten mit Retrobulbärhämatom

Alter	Anzahl	Anzahl mit Blutverdünnern	Anteil an Patienten, die in der Altersgruppe Blutverdünner nehmen
0-10	0	0	0%
11-20	2	0	0%
21-30	4	0	0%
31-40	3	0	0%
41-50	7	1 (14,3%)	3,3%
51-60	5	2 (40%)	6,7%
61-70	4	2 (50%)	6,8%
71-80	5	3 (60%)	11,5%
81-90	8	6 (75%)	24,0%

Tabelle 38: Kreuztabelle Blutverdünner und Orbita-Kompartiment-Syndrom (Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom)

	Keine Blutverdünner	Blutverdünner	Gesamt
Kein Orbita-Kompartiment-Syndrom	196	37	233
Orbita-Kompartiment-Syndrom	24	14	38
Gesamt	220	51	271

Um zu klären, ob ein erhöhter Augendruck als wegweisender Risikofaktor für ein Retrobulbärhämatom bzw. als klinischer Indikator anzusehen ist, wurde der Chi-Quadrat-Test durchgeführt.

Tabelle 39: Augeninnendruck bei Patienten mit Retrobulbärhämatom

Alter	Anzahl	Keine Angabe	Normal Bis 20mmHg	Path. erhöht 21-34mmHg	Dramatisch erhöht Ab 35mmHg
0-10	0				
11-20	2		1	1	
21-30	4		2	1	1
31-40	3		3		
41-50	7	2	2	2	1
51-60	5		2	3	
61-70	4	1		2	1
71-80	5	1	3	1	
81-90	8	3	3		2

Hierbei zeigte sich, dass Patienten mit Retrobulbärhämatom signifikant häufiger einen erhöhten Augeninnendruck aufwiesen ($p=0,002$). Ähnlich ist der Trend für den palpatorisch als hoch eingeschätzten Augendruck, was aufgrund der niedrigen Fallzahl aber statistisch nicht eindeutig auswertbar war.

Tabelle 40: Kreuztabelle: Kompartement-Syndrom und Augeninnendruck

	Augeninnendruck				Gesamt
	Keine Angabe	normal	Path. erhöht, kontrollbedürftig	Dramatisch erhöht	
Kein Orbita-Kompartement-Syndrom	59	131	41	2	233
Orbita-Kompartement-Syndrom	7	16	10	5	38
Gesamt	66	147	51	7	271

Tabelle 41: Kreuztabelle Kompartementsyndrom und Harter Bulbus

	Kein Harter Bulbus	Präoperativ harter Bulbus	Postoperativ harter Bulbus	Gesamt
Kein Orbita-Kompartement-Syndrom	233	0	0	233
Orbita-Kompartement-Syndrom	32	5	1	38
Gesamt	265	5	1	271

Patienten mit Retrobulbärhämatom hatten signifikant häufiger einen Exophthalmus (ChiQuadrat-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 42: Kreuztabelle Kompartementsyndrom und Exophthalmus

	Kein Exophthalmus	Exophthalmus	Gesamt
Kein Orbita-Kompartement-Syndrom	225	8	233
Orbita-Kompartement-Syndrom	22	16	38
Gesamt	247	24	271

4.5.4 Erhöhter Augeninnendruck

Bei insgesamt 205 (75%) von den 271 Patienten wurde der Augeninnendruck entweder prä- und/oder postoperativ gemessen. Ein normaler Augeninnendruck von maximal 20 mmHg wurde bei 147 Patienten (54,2%), also dem Großteil der Patienten, gemessen. Bei 51 Patienten (18,8%) wurde ein pathologisch erhöhter Wert von 21-34 mmHg festgestellt, der einer genaueren Kontrolle bedurfte. Insgesamt hatten sieben Patienten (2,6%) einen dramatisch erhöhten Augeninnendruck von 35 mmHg oder mehr.

Tabelle 43: Augeninnendruck

Augeninnendruck	Anzahl
Keine Angabe	66
Normal (bis 20 mmHg)	147
Path. erhöht, kontrollbedürftig (21-34mmHg)	51
Dramatisch erhöht (ab 35mmHg)	7

Von den sieben Patienten mit einem drastisch erhöhten Augeninnendruck nahmen drei Patienten Blutverdünner ein. Das Durchschnittsalter lag bei 57 Jahren und bei fünf Patienten traten begleitend ein Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom und/oder ein Orbitaspitzensyndrom auf.

Von den 51 Patienten mit einem pathologisch erhöhten Augeninnendruck nahmen acht Patienten Blutverdünner ein. Das Durchschnittsalter lag hier bei 44 Jahren. Bei zehn Patienten kam es zusätzlich zu einem Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom und/oder einem Orbitaspitzensyndrom.

4.5.5 Bulbusruptur

Ursache für die beiden Fälle von Bulbusruptur waren Sturz und Unfall bei hoher Geschwindigkeit.

Beide Male kam es zu einer Fraktur der lateralen Orbitawand.

Bei einer lateralen Orbitawandfraktur kam es signifikant häufiger zu einer Bulbusruptur (ChiQuadrat-Test, $p = 0,04$).

Tabelle 44: Kreuztabelle Fraktur der lateralen Orbitawand und Bulbusruptur

	Keine Bulbusruptur	Bulbusruptur	Gesamt
Keine Fraktur der lateralen Orbitawand	217	0	217
Fraktur der lateralen Orbitawand	52	2	54
Gesamt	269	2	271

4.5.6 Nervus Opticusläsion

In acht Fällen kam es zu einer Optikusläsion; in zwei Fällen nach Gewalt, in fünf Fällen nach Sturz und einmal nach Unfall bei hoher Geschwindigkeit.

Patienten mit Amaurose hatten signifikant häufiger eine Optikusläsion (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 45: Kreuztabelle Amaurose und Optikusläsion

	Keine Optikusläsion	Optikusläsion	Gesamt
Keine Amaurose	260	5	265
Amaurose	3	3	6
Gesamt	263	8	271

Patienten mit Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom oder Orbitaspitzensyndrom hatten ebenfalls signifikant häufiger eine Optikusläsion (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 46: Kreuztabelle zum Zusammenhang zwischen Kompartementsyndrom und Optikusläsion

	Keine Optikusläsion	Optikusläsion	Gesamt
Kein Orbita-Kompartement-Syndrom	231	2	233
Orbita-Kompartement-Syndrom	32	6	38
Gesamt	263	8	271

4.5.7 Zentraler Arterienverschluss – deskriptiv

Ein Zentralarterienverschluss wurde in unserem Patientenkollektiv einmal beobachtet. Bei diesem Befund handelte es sich um eine sehr seltene, aber sehr schwere und irreversible Komplikation. Der Patient (männlich, 30 Jahre alt) verunfallte im Auto und wies Frakturen des Orbitaboden, Orbitadach, Nasenbein und NOE-Komplexes auf. Begleitbefunde des Auges waren ein Retrobulbärhämatom und ein HBW Visus.

4.6 Leichte Augenbefunde

Bei 100% der Patienten kam es zu milden augenärztlichen Befunden. Bei 128 (47,2%) Patienten blieb es bei milden Verletzungen, während 143 (52,8%) Patienten zusätzlich auch schwere Befunde aufwiesen.

Zu periorbitalen Hämatomen, Ödemen oder auch Chemosen kam es bei dreiviertel der Patienten. Motilitätseinschränkungen und Doppelbilder kamen perioperativ bei 25-30% der Patienten vor.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen Doppelbildern und einer richtungsgleichen Motilitätseinschränkung darzustellen, wurden beide in kaudal, kranial, lateral und medial eingeteilt und in einer Tabelle verglichen. Es war kein klarer Zusammenhang zwischen Doppelbildern und einer richtungsgleichen Motilitätseinschränkung erkennbar. Auch bei dem Versuch, die Gruppen größer zu fassen und in vertikal und horizontal einzuteilen, war keine Tendenz zu erkennen.

Insgesamt litten 108 (39,9%) Patienten an einer Motilitätsstörung. Davon 66 (61,1%) Patienten in vertikaler Richtung, neun (8,3%) Patienten in horizontaler Richtung und 33 (30,6%) kombiniert in vertikaler und horizontaler Richtung.

Tabelle 47: Motilitätsstörungen und Doppelbilder

		Vertikale DB		Horizontale DB	
		nein	ja	nein	ja
Vertikale Motilitätsstörung	Nein	149 (86,6%)	23 (13,4%)	158 (91,9%)	14 (8,1%)
	Ja	45 (45,5%)	54 (54,4%)	74 (74,4%)	25 (25,3%)
Horizontale Motilitätsstörung	Nein	169 (73,8%)	60 (26,2%)	204 (89,1%)	25 (10,9%)
	ja	25 (59,5%)	17 (40,5%)	28 (66,7%)	14 (33,3%)

Zeilenprozent

Bei allen vier Wandfrakturen der Orbita kam es eher zu Doppelbildern und zu Motilitätsstörungen in vertikaler Richtung.

Tabelle 48: Frakturlokalisation in der Orbita und Motilitätsstörungen und Doppelbilder

		Vertikale Motilitätsstörung		Horizontale Motilitätsstörung		Vertikale DB		Horizontale DB	
		nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Orbitaboden-fraktur	Nein	15	4	15	4	17	2	18	1
	in %	78,9	21,1	78,9	21,1	89,5	10,5	94,7	5,3
	Ja	157	95	214	38	177	75	214	38
	in %	62,3	37,7	84,9	15,1	70,2	29,8	84,9	15,1

Orbitadach- fraktur	Nein	158	93	215	36	176	75	212	39
	in %	62,9	37,1	85,7	14,3	70,1	29,9	84,5	15,5
	Ja	14	6	14	6	18	2	20	0
	in %	70	30	70	30	90	10	100	0
Mediale Orbitawand- fraktur	Nein	150	90	203	37	165	75	202	38
	in %	62,5	37,5	84,6	15,4	68,8	31,3	84,2	15,8
	Ja	22	9	26	5	29	2	30	1
	in %	71	29	83,9	16,1	93,5	6,5	96,8	3,2
Laterale Orbitawand- fraktur	Nein	130	87	184	33	147	70	180	37
	in %	59,9	40,1	84,8	15,2	67,7	32,3	82,9	17,1
	ja	42	12	45	9	47	7	52	2
	in %	77,8	22,2	83,3	16,7	87	13	96,3	3,7

Zeilenprozent

Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen einem Bulbustiefstand und einem Hebungsdefizit (Chi-Quadrat $p < 0,005$).

Tabelle 49: Kreuztabelle Bulbusstand und Hebungsdefizit

	Kein Hebungsdefizit	Hebungsdefizit	Gesamt
Kein tiefer Bulbusstand	229	36	265
Tiefer Bulbusstand	2	4	6
Gesamt	231	40	271

4.7 Komplikationen der Zähne (Gruppe GG)

Bei 78 Patienten (9%) kam es zu Zahnverletzungen im Sinne von Schmelzfrakturen, SchmelzDentinfrakturen, Wurzelfrakturen, einer erhöhten Zahnbeweglichkeit, einer lateraler Luxation, einer Intrusion, Extrusion oder Avulsion. Eine Malokklusion wurde bei 36 Patienten

(4,2%) dokumentiert, ein Aufbissschmerz bei zwölf Patienten (1,4%). Extraktionswürdige Zähne wurden meist bei der operativen Versorgung der Fraktur entfernt.

Tabelle 50: Zahnverletzungen

	Anzahl	Prozent
nein	738	85,4
Zahnverletzungen	78	9,0
Malokklusion	36	4,2
Aufbissschmerz	12	1,4

5 Diskussion

5.1 Ursachen/Gruppenstrukturen

Unter den Gesichtsschädelfrakturen werden Mittelgesichtsfrakturen aktuell mit einer Häufigkeit von 30-50% angegeben.^{2,3}

Mittelgesichtsfrakturen erleben einen stetigen Anstieg. Ein ausschlaggebender Faktor ist neben der Industrialisierung, dem Anstieg von Arbeitsunfällen an Maschinen, der vermehrten aggressiveren zwischenmenschlichen Gewalt und der zunehmenden Vielfalt von sportlichen Freizeitbeschäftigungen die ansteigende individuelle und immer vielfältiger werdende Mobilität, die neben Auto, Motorrad und Fahrrad mittlerweile auch E-Scooter als Ursache für MG-Frakturen umfasst. Hierbei spielen sicherlich die Geschwindigkeit der Fortbewegungsmittel, die Sicherheitsvorkehrungen, aber auch Alterspräferenzen und Verhaltensmuster der jeweiligen Verkehrsteilnehmer eine entscheidende Rolle für Unfallhäufigkeit und -schwere.²⁰

In den meisten Studien zu Mittelgesichtsfrakturen mit Augenbeteiligungen zeigt sich ein deutlich größerer Anteil von Männern (75-96%), auch wenn die Unfallmechanismen je nach Studie und Studienregion sehr stark variieren.^{2,31,37,43-46}

In unserer Studie war die Geschlechterverteilung anteilmäßig etwas mehr zum weiblichen Geschlecht verschoben als in der bereits veröffentlichten Literatur. In die ursprüngliche Groß-Gruppe GG der Studie wurden 864 Patienten eingeschlossen, wovon 616 Männer (71,3%) und 248 Frauen (28,7%) waren. Ähnlich verhielt es sich in der kleineren (augenärztlich untersuchten) Gruppe AG mit 189 Männern (69,7%) und 82 Frauen (30,3%). Es wurde also ein prozentual ähnlicher Anteil an Frauen und Männern zu einer ophthalmologischen Untersuchung geschickt wie bei der Diagnoseerhebung der Mittelgesichtsfraktur. Die Geschlechterverteilung für die Gesamtheit aller Mittelgesichtsfrakturen war nicht unterschiedlich zu der Geschlechterverteilung der ophthalmologischen Untersuchungen. Dies deutet darauf hin, dass der Faktor Geschlecht für die Wahrscheinlichkeit, augenärztlich untersucht zu werden, keine Rolle spielt.

Dies lässt vermuten, dass nicht Alter und Geschlecht ausschlaggebend für die Überweisung zur augenärztlichen Untersuchung war, sondern eher andere Faktoren wie äußerlicher Befund des Auges oder subjektive Angaben des Patienten.

Der Grund dafür, dass in unserer Studie mehr Frauen vertreten sind, könnte darin liegen, dass Frauen überwiegend in höherem Alter aufgrund von Stürzen verunfallten und aus demographischen Gründen eine größere Gruppe bilden als in anderen Studien, z.B. aus Schwellenländern. Ältere Menschen haben ein erhöhtes Risiko für schwere Kopfverletzungen mit Frakturen, was auf eine verminderte Reaktionsfähigkeit und geringere Knochendichte zurückzuführen ist.⁴⁷

Die häufigsten Unfallmechanismen bildeten in unserer Studie neben den Stürzen im täglichen Leben (35,6%) die Ursachengruppe der äußeren Gewalteinwirkung (31,6%). In mehreren Studien aus anderen Kontinenten stellt sich diese Ursachengruppe noch größer dar;

Eine prospektive Studie von Al-Qurainy et al. aus Schottland ergab, dass Körperverletzungen den größten Anteil am Verletzungsmechanismus ausmachten (49,9%), während Stürze und Verkehrsunfälle 19% bzw. 12,4% der Fälle ausmachten.⁴⁸ Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen einer neueren Studie von Chow et al. aus Australien, die ähnliche Prozentsätze fand (48% für Körperverletzungen, 17% für Stürze und 21% für Verkehrsunfälle).⁴⁹

In einer indischen Studie war der Hauptunfallmechanismus Verkehrsunfälle (69,35%), gefolgt von Stürzen (20,96%) und Gewaltdelikten (9,67%).³⁷ Dies lässt sich durch kulturelle Unterschiede auch hinsichtlich der Fortbewegung erklären.

In einer weiteren indischen Studie von 100 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 29,6 Jahren führten Verkehrsunfälle mit 64% die Liste der Ursachen bei weitem an, gefolgt von Gewaltakten (20%), während Stürze nur 9% ausmachten.⁴⁶ Dies unterscheidet sich recht deutlich von unseren Ergebnissen, was einerseits sicherlich durch die unterschiedliche Verkehrssituation bzw. Sicherheitsvorkehrungen in Deutschland bedingt ist, aber auch durch die Überalterung der deutschen Bevölkerung verglichen mit der Indiens. Entsprechend stammen in der Untersuchung von Singh et al. aus Indien nur 1,9% der Patientenpopulation aus der 7. und 8. Lebensdekade, wobei in unserer Untersuchung dieser Anteil fast zehnmal so hoch lag.⁵⁰

In der Studie aus Singapur von Amrith et al. waren ebenfalls Verkehrsunfälle die häufigste Ursache (37%), interessanterweise gefolgt von industriellen Arbeitsunfällen mit 21%.⁴³ Hier ist zu vermuten, dass der deutsche Arbeitsschutz zum Großteil dazu beiträgt, dass diese Ursache in unserer Auswertung praktisch keine Rolle spielte.

Die Studie mit den ältesten Patienten (N=186) von Zhong et al. aus New York (USA) wies ein mittleres Alter von 54 Jahren auf.⁴⁰ Einschlusskriterium war „Orbitafraktur nach stumpfem Trauma“. Entsprechend waren Stürze - wie auch in unserer Erhebung - die häufigste Ursache

mit 44%, gefolgt von Gewaltdelikten (22%) und Verkehrsunfällen (20%). Eine Studie aus Houston USA wiederum gibt Gewaltdelikte als häufigste Verletzungsursache an, dann erst Stürze und anschließend Unfälle mit motorisierten Fahrzeugen.³⁹

In einer weiteren Studie aus den USA lagen als Ursache Gewaltattacken deutlich auf Platz 1 (56%), gefolgt von Stürzen mit 21% der Fälle.⁴⁴ Hier scheint also das Problem Autoverkehr eine weniger zentrale Rolle zu spielen. Der geringere Anteil an Stürzen in der Studie lässt sich auf das durchschnittlich jüngere Patientenalter (36 Jahre) zurückführen. In unserer Studie war das Durchschnittsalter mit 45,9 Jahren deutlich höher. Eine aktuelle Studie aus Texas/USA zu traumatischen Mittelgesichtsfrakturen weist bei den untersuchten 773 Patienten ein Durchschnittsalter von 38 Jahren auf, wobei fast zweidrittel der Fälle einen Gewaltakt als Ursache aufweisen.³² 17% der Traumata waren bedingt durch Verkehrsunfälle, 13% durch Stürze. Eine Ursachengruppe, welche die Schussverletzungen umfasst, die in unserer Untersuchung in Köln nicht auftraten, stellten in der Studie von Eng et al. aus den USA immerhin 2,5% (n=19) der Fälle dar.³² Eine weitere Studie aus Kansas, die von der altersmäßigen Verteilung mit einem mittleren Alter von 42 Jahren unserer Studie ähnelt, berichtet von Verkehrsunfällen als Ursache von Orbitafrakturen in 25% bzw. von Stürzen in 10% der Fälle.³¹ Der verbleibende Anteil der Patienten wird eher unspezifisch aufgeschlüsselt in stumpfe Traumen, penetrierende Verletzungen oder unbekannte Ursache (33%).

Eine schweizer Studie von Blumer et al., in der Stürze mit 40% die häufigste Ursache für Mittelgesichtsfrakturen waren, gefolgt von Gewaltattacken mit 24,5%, kommt vom Ursachenprofil unserer Patientenkohorte in Köln am nächsten.³⁰

Fahrrad und Helm

Stier et al. erwähnen in ihrer Publikation, dass in 14,8% aller Verkehrsunfälle in Deutschland Fahrradfahrende involviert sind und geben an, dass der Helm das Risiko für Kopfverletzungen um 24,9-28% senkt und vor allem den oberen Schädel und das Mittelgesicht schützt.⁴⁷ Die Frage, ob der Fahrradhelm vor Augenkomplikationen bei MG-Frakturen schützt, lässt sich aus unseren Daten nicht beantworten. Die Auswertung ergab, dass es keine signifikanten Unterschiede bei dem Schweregrad der Augenverletzung von Fahrradverunfallenden mit/ohne Helm gibt, auch wenn tendenziell der Anteil der Unbehelmteten aus der Gesamt-Gruppe GG, bei denen eine zusätzliche ophthalmologische Vorstellung veranlasst wurde, höher war.

5.2 Frakturmuster

Der Großteil der Literatur zur Thematik beschreibt Häufigkeit und Muster der Frakturen im Mittelgesicht beim ZMC bzw. im lateralen Mittelgesicht.^{2,6,21,33,37,46} Unter den Mittelgesichtsfrakturen variieren die Prävalenzwerte für Frakturen des ZMC zwischen 25% und 66%.^{22,23} In der hier vorliegenden Studie waren Jochbeinfrakturen mit 52,7% vertreten, was in etwa mit dem Anteil an ZMC in den genannten Studien gleichzusetzen ist. Neben dem ZMC benennen andere große Studien auch das Nasenbein als den am häufigsten gebrochenen Knochen des Mittelgesichts.^{51,52} Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Studien könnte unter anderem die unterschiedliche Methodik der Studien sein, sprich Ausschluss von isolierten bzw. komplexeren Frakturen, sowie nicht operativ behandelte Frakturen. ZMC Frakturen treten vor allem bei komplexen Mittelgesichtsfrakturen auf, während Nasenbeinfrakturen auch bei kleineren Studien einzelner Gesichtsknochen oder bei Studien des Mittelgesichts vorkommen, in denen keine operative Therapie notwendig war. In der vorliegenden Studie kamen Nasenbeinfrakturen nur mit einer geringen Inzidenz von 15,4%-20% vor, wobei die Mehrheit dieser Verletzungen (50,9%) auf Gewaltdelikte zurückzuführen war. Doch Kühnel und Reichert beschrieben, dass Nasenfrakturen zu 80% durch Gewalt bedingt sind.⁶ Grund für den in dieser Studie geringen Anteil an Nasenbeinfrakturen könnte zum einen auf den Ausschluss aller nicht-operativ behandelten Gesichtsfrakturen zurückzuführen sein, sowie auf die Tatsache, dass Nasenbeinfrakturen teilweise in der HNO versorgt werden, wodurch eine Vorstellung in der MKG unter Umständen entfällt. Dass es bei einer Nasenbeinfraktur - wie bei Shim et al. beschrieben - zu einem vermehrtem Tränenfluss (durch eine Blockade oder Funktionsstörung des Tränennasengangs) kommt, konnte in den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht nachgewiesen werden.⁵³ Interessanterweise traten Tränenwegsrisse in 100% der Fälle ausschließlich bei isolierten Orbitabodenfrakturen auf.

In der Gruppe AG wurden die Orbitafrakturen detailliert radiologisch beschrieben und in Frakturen des Orbitabodens, des Orbitadachs sowie der medialen und lateralen Orbitawand unterteilt. Dabei zeigte sich, dass Frakturen des Orbitabodens (94,4%) die häufigste Frakturlokalisation darstellten, während Orbitadachfrakturen mit einer Häufigkeit von 7,5% am seltensten auftraten. Die Literatur bestätigt diese Ergebnisse: Orbitadachfrakturen werden mit einer Inzidenz von 1% bis 9% angegeben.²⁶ Auch wenn Orbitadachfrakturen selten auftreten, sind diese häufig mit schweren Begleitverletzungen verbunden. In unserer Studie waren 80% (16/20) der Orbitadachfrakturen mit schweren Begleitverletzungen der Orbita verbunden. Bei

22,6% aller Retrobulbärhämatome lag eine Begleitfraktur des Orbitadachs vor. Umgekehrt trat bei insgesamt 35% aller Orbitadachfrakturen ein Retrobulbärhämatom auf.

Im Vergleich zu Orbitadachfrakturen sind Frakturen des Orbitabodens und der medialen Wand deutlich häufiger. Studien zeigen, dass der Orbitaboden in etwa 40% bis 50% der Fälle betroffen ist, insbesondere im Zusammenhang mit Blow-out-Frakturen. Diese Frakturen treten häufig nach einem frontalen Trauma auf, das zu einem Anstieg des intraorbitalen Drucks führt und den dünnen Orbitaboden sowie die mediale Wand brechen lässt.^{54,55} In einer retrospektiven Studie aus den USA wurde eine ähnliche Verteilung festgestellt: Der Orbitaboden war mit 48% die häufigste Frakturlokalisation, gefolgt von der medialen Wand mit 25,2%.⁵⁶ Auch andere Untersuchungen, wie jene von Zimmerer et al. (2016) und Runci et al. (2017), bekräftigen, dass Blow-out-Frakturen bevorzugt den Orbitaboden betreffen, insbesondere aufgrund der dünnen Knochenstruktur.^{57,58} Eine Studie aus 2020 zeigte über das Vorkommen von Mittelgesichtsfrakturen bei der Bevölkerung ab 70 Jahren, dass es unter allen Gesichtsschädelfrakturen ein Vorkommen von 22% bei den Orbitafrakturen gab, wobei es am häufigsten zu Orbitabodenfrakturen (74%) kam, gefolgt von der medialen Wand (13%), dem Orbitadach (10%), und der lateralen Wand (3%).⁵⁴

Interessanterweise zeigen Studien aus Ostasien, wie beispielsweise eine Untersuchung von Chi et al., eine abweichende Verteilung der Frakturlokalisationen.⁴² In dieser koreanischen Studie, die operierte Orbita-Frakturen analysierte, waren 38,6 % der Frakturen medial lokalisiert, während Frakturen des Orbitabodens in 35,7% der Fälle auftraten. Kombinationsfrakturen der medialen und inferioren Orbitawand wurden in 21% der Fälle festgestellt. Bei frontalen Traumata brach häufig zunächst die dünnste Wand der Orbita, die mediale Wand, bevor der Orbitaboden beteiligt war.⁴² Etwas unklar bleibt, weshalb der Anteil an Orbitabodenfrakturen in unserer Studie, verglichen mit anderen Studien, so hoch war. Der prozentuelle Anteil an Orbitafrakturen der medialen Wand lag in unserer Studie nur bei 11,6%.

Frakturen der lateralen Wand der Orbita sind hingegen sehr selten und treten nur in einem geringen Prozentsatz der Fälle auf, typischerweise im Zusammenhang mit komplexeren Mittelgesichtsfrakturen, verursacht durch große Gewalt bzw. Geschwindigkeit. Diese Beobachtung wird von mehreren Studien gestützt, in denen die laterale Wand weniger als 5% der betroffenen Strukturen bei Orbitafrakturen ausmacht.^{54,59,60} Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die laterale Orbitawand einen recht dicken Knochen darstellt. Wenn es hier doch zu einer Fraktur kommt, ist das Risiko für eine schwere Augenverletzung relativ hoch. In unserer Studie wurden 54 (20,2%) Frakturen der lateralen Orbitawand dokumentiert, die gleichmäßig zwischen leichten und schweren Begleitverletzungen der Augen verteilt waren. Jedoch kam es auch bei 7,4% all jener Frakturen zu einer Amaurose.

Gosau et al. aus Deutschland beschreiben in ihrer Studie zu operativ behandelten Orbitabodenfrakturen, dass in 19,6% der Fälle eine isolierte Orbitabodenfraktur, in 53,8% der Fälle eine begleitende Jochbeinfraktur und in 26,6% der Patienten zusätzliche weitere komplexe Mittelgesichtsfrakturen auftraten.⁶¹ Diese Studie kommt den hier vorliegenden Ergebnissen nahe. Die Kombination einer Orbitabodenfraktur und einer Jochbeinfraktur kommt bei der Gruppe GG ebenfalls bei 52,7% vor, innerhalb der Gruppe AG nur bei 21,8%.

In Indien beschreiben Kumar et al., dass Le-Fort-Frakturen mit einer Häufigkeit von 4% (LeFort-I), 12% (LeFort-II) und 6% (LeFort-III) vorkamen.²² Auch bei unseren Ergebnissen kamen Le-Fort-Frakturen bei weniger als 10% der Patienten vor. Ähnlich wurde dies auch in anderen Studien beobachtet.^{8,30} Wie in den genannten Quellen wurde auch bei der Gruppe AG ein leicht erhöhter Anteil an Le-Fort-II-Frakturen beobachtet. Häufige Begleitverletzungen einer Le-Fort-I-Fraktur sind die Malokklusion und Zahnverletzungen. Malokklusionen und Zahnverletzungen konnten wir innerhalb der Gruppe GG bei 9% der Patienten mit Oberkiefer- oder Le-Fort-I-Fraktur beobachten, eine alleinige Malokklusion bei 4,2%.

Die Le-Fort-II-Fraktur dagegen tritt meist mit komplexeren Befunden auf. Hierbei kann es durch die Frakturbeteiligung durch die Orbita zu schweren Augenkomplikationen, wie z.B. Pathologien an der Augenmuskulatur, Orbitahämatomen, Schwellungen und Bulbusrupturen bis hin zur Schädigung des Sehnerves kommen.¹² Ähnliche Befunde können auch bei einer Le-Fort-III-Fraktur beobachtet werden.

Die Studie von Gassner et al. von 1991-2000 ordnet ähnlich wie unsere Studie die Schädelfrakturen den entsprechenden Knochen zu und kommt sogar zu dem Ergebnis, dass es sich bei 71,5% aller Schädelfrakturen um Frakturen des Mittelgesichts, und zwar am häufigsten des Orbitabodens (22,3%) und des Os zygomaticum (20,5%) handelte.²⁹ Andere ältere Studien beschreiben das höchste Frakturauftreten am Schädel an der Mandibula.^{21,27,28}

Eine Studie zu Schädelfrakturen bei der Bevölkerung ab 70 Jahren in Europa ergab, dass die ältere Bevölkerung primär am ZMC (30%), an der Mandibula (24%) und an der Orbita (22%) Frakturen erleidet.⁵⁴

Eine US-amerikanische Studie von 2008 unterteilte das Mittelgesicht in einen oberen und einen unteren Teil und verglich anschließend die Unfallmechanismen.⁵¹ Auffällig ist hier, dass es eine deutlich größere Frakturbeteiligung im oberen Mittelgesicht gab, dagegen eine isolierte untere Mittelgesichtsfraktur nur sehr selten vorkam. Der Hauptunfallmechanismus war Gewalt, gefolgt von Verkehrsunfällen, Stürzen, Sport und Sonstigem. Als möglicher Erklärungsansatz wäre hier die Prominenz des Jochbeins, des Jochbogens und der Nase zu nennen. Schwere Mittelgesichtsverletzungen wurden vor allem bei Patienten beobachtet, die aus großer Höhe gefallen waren.⁶²

Der Vergleich mit unserer vorliegenden Studie gestaltet sich schwierig, da nicht sämtliche Mittelgesichtsfrakturen erfasst wurden, sondern ausschließlich jene, die operativ behandelt wurden. Zudem wurden die Frakturlokalisationen den spezifischen Knochen zugeordnet, was eine Analyse von Frakturkombinationen im Rahmen der Auswertung erschwert. Infolgedessen ist es beispielsweise nicht möglich, bei der Analyse von Orbitafrakturen Rückschlüsse auf begleitende Frakturen wie jene des Nasen- oder Jochbeins zu ziehen. Diese Einschränkung beeinträchtigt die Aussagekraft der Befunde hinsichtlich kombinierter Frakturtypen.

Septa et al. beschreiben in einer Studie aus 2014, dass die Häufigkeit von Augenverletzungen bei Mittelgesichtsfrakturen zwischen 2-90% liegt.⁴⁶ Die meisten Augenverletzungen gibt es demnach bei ZMC-Frakturen und Le-Fort-II-Frakturen.^{33,46,63} Frakturen des ZMC, Orbitafrakturen, Le Fort-II- und Le-Fort-III-Frakturen haben ein 6,7-fach höheres Risiko für Begleitverletzungen des Auges als andere Gesichtsschädelfrakturen.³⁷

Keine Rückschlüsse aus unserer Studie können auf den prozentualen Anteil von Mittelgesichtsfrakturen im Vergleich zu anderen Schädelfrakturen, wie z.B. der isolierten UK-Fraktur, gezogen werden. In einer Studie aus Rumänien kam es bei 62,5% der Patienten zu einer isolierten Unterkieferfraktur, während nur 29,5% eine isolierte Mittelgesichtsfraktur hatten und bei 8% kombiniert der Unterkiefer und das Mittelgesicht frakturiert waren.¹ Auch andere Studien bestätigen, dass durch die Prominenz des Unterkiefers dieser von den Gesichtsschädelknochen am häufigsten gebrochen ist.^{21,27,28} Eine retrospektive Studie aus Innsbruck von 1991-2000 hingegen beschrieb, dass bei 71,5% der Patienten mit maxillofazialen Traumata Mittelgesichtsfrakturen vorlagen und nur bei 24,3% Unterkieferfrakturen diagnostiziert wurden.²⁹ In dieser Studie wurden nur die operierten Mittelgesichtsfrakturen ausgewertet und nicht die Anzahl von jenen erhoben, die ohne einen operativen Eingriff behandelt wurden.

5.3 Augenbeteiligung

Die Ergebnisse der bisher publizierten Literatur zum Thema Mittelgesichtsfrakturen und Augenkomplikationen sind relativ heterogen. Einerseits wegen der bereits oben dargestellten unterschiedlichen Alterszusammensetzung und der unterschiedlichen Ursachen für die Frakturen, andererseits aber auch, weil der MKG-chirurgische oder augenärztliche Fokus der jeweiligen Studien anders ausgerichtet ist. Auch werden die Einteilungen für leichte oder schwere augenärztliche Befunde unterschiedlich festgelegt.^{32,44,46} Manche Definitionen der sog. „leichten Augenverletzung“ als nur passageres und komplett reversibles Symptom sind

nicht immer nachvollziehbar, wie bei Eng et al., bei denen unter die leichten augenärztlichen Verletzungen u.a. auch das traumatische Makulaloch und subretinale Blutungen subsumiert werden.³² Auch die in derselben Studie vorgenommene Unterteilung zwischen Mikrohyphäma als leichte und Hyphäma als schwere Augenverletzung erscheint auf den ersten Blick zumindest problematisch.

Eine andere Einteilung benutzte die Studie von Singh et al., die zwischen einer „Augensymptoms-“ und einer „Augenverletzungs-“ Gruppe unterschied.⁵⁰ Auch hier kann zumindest kontrovers diskutiert werden, ob nicht Enophthalmus, Proptosis (als typisches Warnzeichen z.B. für ein Retrobulbärhämatom) und ein nicht näher definierter Visusabfall eher in die Gruppe der „Augenverletzungen“ gehört als in die „Augensymptom“-Gruppe, wie durch die Studienautoren festgelegt.

Herabgesetzter Visus wird in den Studien ebenfalls unterschiedlich festgelegt. Bei Amrith et al. z.B. wird die Grenze bei 0,1 (6/60) gesetzt, bei Andrew et al. (2016) z.B. bei 0,5 (20/40), in weiteren Studien ist überhaupt kein Grenzwert für eine Visusverschlechterung dokumentiert.

30,31,43,⁵⁰

Nach Dutton et al. (1992) liegt die Häufigkeit von Augenverletzungen bei Mittelgesichtsfrakturen zwischen 1-57%.⁶⁴ Laut anderer Studien haben um die 20-30% aller Patienten mit einer Mittelgesichtsfraktur auch Begleitverletzungen des Auges, die einer weiteren ophthalmologischen oder z.T. auch ophthalmochirurgischen Behandlung bedürfen.^{31,40} In unserer vorliegenden Studie wurden etwas mehr als 30% der Patienten mit Mittelgesichtsfraktur in der Annahme einer möglichen Augenbeteiligung zur weiteren augenärztlichen Abklärung überwiesen, was in etwa die Zahlen der früheren Studien bestätigt.^{31,40}

Eine Studie von Mellema et al. arbeitete heraus, dass Patienten, die bei einer Fraktur der Orbita klinisch und inspektorisch asymptomatisch sind, eher keine schweren Verletzungen des Auges erlitten hatten.⁶⁵ Dies bestätigt die Vorgehensweise und Therapien, die in vielen Kliniken - so auch in der MKG der Uniklinik Köln - langjährig praktiziert werden.

Richani et al. beschrieben in ihrer Studie vier Anzeichen und Symptome, die den Schweregrad eines Augentraumas vorhersagen können: verschwommenes Sehen ($p < 0,0001$), Schmerzen bei Augenbewegungen ($p < 0,0001$), eingeschränkte Sehschärfe (schlechter als 20/40 im ipsilateralen Auge, $p < 0,0001$) und verminderte Motilität ($p < 0,0001$).³⁹ Das Vorliegen von zwei oder mehr dieser Anzeichen deute auf ein ernstes Augentrauma hin und erfordere eine sofortige augenärztliche Untersuchung. In unserer Erhebung konnten wir diese Faktoren nicht als signifikant nachweisen.

Leichtere ophthalmologische Symptome werden teilweise nicht dokumentiert, spielen aber, wenn diese erfasst sind, zahlenmäßig eine große Rolle. So wie bei Jamal et al., bei denen Bindehautunterblutungen z.B. bei 55% der Patienten, bei Singh et al. bei 60% der Fälle oder bei Septa et al., bei denen diese bei 84% der Patienten dokumentiert wurden.^{44,46,50}

Schwere ophthalmologische Symptome treten nach Mittelgesichtsfrakturen bei ca. 10% der Patienten auf.³² Würde man bei der Berechnung auch isolierte Nasenbeinfrakturen oder isolierte Unterkieferfrakturen in die Studienpopulation einrechnen, würde sich in vielen Studien der Anteil wahrscheinlich nochmals halbieren. In der Studie von Dutton erlitten 42/363 Patienten (12%) schwere Augenverletzungen, davon vier Fälle mit retrobulbären Blutungen (1,1%), die chirurgisch versorgt werden mussten, und neun Fälle von Sehnervläsion (2,5%). Als schwere Verletzung wurden auch das Hyphäma (n=5) und die traumatische Kammerwinkelvertiefung (n=8) eingestuft, die nicht automatisch einen bleibenden Schaden verursachen, sondern nur kontrollbedürftig sind.⁶⁴ Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Richani et al., der eine schwere Augenbeteiligung bei 14% der Patienten angab.³⁹ Die globale Häufigkeit zur Erblindung nach einer Mittelgesichtsfraktur liegt zwischen 0-11%. Die starke Schwankung lässt sich neben unterschiedlichen Unfallursachen auch auf die unterschiedlichen medizinischen Versorgungsmöglichkeiten und Zugänglichkeit von augenchirurgischen Zentren weltweit zurückführen. Direkte Verletzungen des Augapfels sind vergleichsweise selten, da er durch natürliche Schutzreflexe, die Vorsprünge der Augenhöhlenknochen und die natürliche Elastizität des Augapfels selbst, gut geschützt wird.⁶⁶ Traumatische Optikusläsionen (6-20%) und Visusabfall unter 10% als schwere ophthalmologische Krankheitsbilder sind nach Mittelgesichtsfrakturen nicht selten (23%).⁴³

Die Rate an Erblindungen liegt bei Septa et al. (Indien) bei 3% unter den Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen, bei Klenk et al. (Ungarn) bei 4% unter den Patienten mit Orbitafrakturen.^{46,67} Bezogen auf alle Patienten mit Kiefer-Gesichts-Trauma lag die Rate der Erblindungen in der Studie von Singh et al. (Indien) bei 0,6%, bezogen auf die Patienten, die zusätzlich Augenverletzungen aufwiesen, dann bei ca. 1%.⁵⁰

In unserer Studie ist die Erblindungsrate mit 0,6% eher niedrig. Die Gründe dafür liegen mutmaßlich in dem hohen Versorgungsstandard in Deutschland und den zugrundeliegenden Verletzungsmustern (z.B. strenger Arbeitsschutz).

In einer weiteren indischen Studie aus Lahore (Riaz) traten große Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit der okulären Symptome in Abhängigkeit vom Frakturtyp auf.⁴⁵ Hier zeigten sich insbesondere Frakturen der medialen und inferioren Orbitawand als Risikofaktoren für schwere ophthalmologische Komplikationen, wie Netzhaut-/Glaskörperblutungen, Aderhautruptur und Doppelbilder.

Bulbuseröffnenden Verletzungen (Rupturen/Penetration/Perforation) sind in der texanischen Studie von Eng et al. bei fünf der 766 Patienten (unter 1%) mit Mittelgesichtsfrakturen dokumentiert.³² In einer US-Studie aus Kansas zu Orbitafrakturen sind Bulbusrupturen bei zehn von 279 Patienten dokumentiert, entsprechend 3,6%.³¹ In der Studie von Zhong et al. (USA) erlitten vier Patienten (2,2%) eine Bulbusruptur, fünf Patienten eine retrobulbäre Blutung (2,8%).⁴⁰

In unserer Studie sind nur zwei Bulbusrupturen nach Mittelgesichtsfraktur dokumentiert, was bezogen auf die Gruppe GG einer Inzidenz von 0,2% entspricht und selbst in der augenärztlich untersuchte Gruppe AG nur eine Inzidenz von 0,6% erreicht. In unserer Auswertung ist die Fraktur der lateralen Orbitawand signifikant mit einer Bulbusruptur assoziiert, was nachvollziehbar erscheint.

Retrobulbärhämatom

Die retrobulbäre Blutung gehört zu den ophthalmologischen Notfällen und bedarf einer frühen Diagnose, um die Chance zu wahren, die irreversible Erblindung verhindern zu können. Als Ursache für die Erblindung wird ein Sistieren der arteriellen Blutversorgung der zentralen Netzhautarterie angenommen. Therapeutisch wirksam ist am ehesten die orbitale knöcherne Dekompression oder die notfallmäßige laterale Kanthotomie und Kantholyse. Diskutiert wird auch eine Vorderkammerpunktion zur akuten Augendrucksenkung.^{35,68}

Auch in früheren Publikationen werden als häufige Ursachen der Retrobulbärblutung mit insgesamt über 50% Gewaltdelikte und Verkehrsunfälle genannt.⁶⁸ Führende Symptome waren Proptosis/Exophthalmus und - sofern gemessen - massiv erhöhter Augeninnendruck (jeweils über 50%), afferenter Pupillendefekt und verminderte Retropulsion des Bulbus (mit jeweils knapp 40%).

In unserer Auswertung zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang zwischen Exophthalmus, Afferenzdefekt und erhöhtem Augendruck (selbst wenn nur durch Fingerpalpation ermittelt) als Warnsignale für das Vorliegen einer gefährlichen intraorbitalen Komplikation. Als starkes Warnsignal für eine schwere Augenverletzung erkannten Zhong et al. in ihrer Studie folgende Symptome: Visusverschlechterung, abnorme Pupillenreaktion und afferenter Pupillendefekt mit aufsteigendem odds ratio von 14 bis 44.⁴⁰

In der US-Studie von Eng et al. wurde das retrobulbäre Hämatom bei 20 von 477 Patienten mit einer schweren Augenverletzung diagnostiziert, was bezogen auf die Gesamtgruppe der Mittelgesichtsfrakturen (N=773) einer Häufigkeit von 2,6% entspricht.³² In einer ungarischen Studie aus dem Jahre 2017 erlitten unter 571 Patienten mit Orbitafrakturen 17 (3%) ein zur

Erblindung führendes orbitales Kompartmentsyndrom bzw. Orbitahämatom.⁶⁷ In einer Schweizer Studie aus dem Jahre 2020, die sich auf 282 Patienten mit Mittelgesichtsfrakturen fokussierte, erlitten nur zwei Patienten ein Retrobulbärhämatom (0,7%), das aber in keinem Fall zur Erblindung führte.³⁰ Auch hier sind viele der Unterschiede durch das Studiendesign zumindest teilweise erklärbar, da in der Schweizer Studie im Gegensatz zu unserer retrospektiven Erhebung auch Mittelgesichtsfrakturen berücksichtigt wurden, die keiner operativen Behandlung bedurften. In der Studie von Andrews et al., die sich ausschließlich auf Orbitafrakturen fokussierte, lag der Anteil von Retrobulbärblutungen bei zehn von 271 Patienten (3,7%) und damit relativ hoch.³¹ Grund könnte neben der hohen Anzahl an Verkehrsunfällen auch eine hohe Anzahl an Schussverletzungen sein, die sich hinter den sog. „penetrating trauma“ (39,1%) verbergen.

Doppelbilder und Motilitätseinschränkungen

Posttraumatische Doppelbilder werden in Studien zu Mittelgesichtsfrakturen recht häufig unter den okulären Symptomen mit 7-40% angeführt.^{30,43–45,50}

In der Studie „Associated Ophthalmic injuries in Patients with fractures of the Midface“ kam als häufigste Begleitverletzung neben der Chemosis und der subkonjunktivalen Blutung die Diplopie vor.³⁰ Präoperativ waren 18,4% der Probanden betroffen, eine postoperative Diplopie persistierte bei 12,8% über drei Monate.

Doppelbilder nach Mittelgesichtsfrakturen traten in einer schottischen Studie (N=363) bei knapp 20% der Patienten auf, am häufigsten nach Blow-out-Frakturen (58%).⁶⁴ In der Häufigkeit von Doppelbildern lagen die Verkehrsunfälle mit 31% weit vor den Stürzen (10%). Auch in unserer Erhebung waren die Orbitabodenfrakturen mit Abstand am häufigsten mit Doppelbildern verbunden und zwar mit vertikaler Diplopie (knapp 30%). Es ist nicht auszuschließen, dass dieser Anteil so niedrig ausfällt, weil eine starke posttraumatische Lidschwellung die Doppelbildwahrnehmung unterbunden hatte. Dafür spricht auch die höhere Rate an eingeschränkter vertikaler Motilität von 38% verglichen mit der subjektiven Angabe von vertikalen Doppelbildern. Außerdem könnte die notfallmäßige Untersuchungssituation zu weniger belastbaren Daten zur Motilität und Doppelbildwahrnehmung geführt haben. So beschreiben auch Timkovic et al., dass nach Orbitabodenfraktur eine große Diskrepanz bei der Detektion einer pathologischen Bulbusmotilität in Abhängigkeit davon besteht, ob ein voller orthoptischer Status erhoben wurde (Detektionsrate 65%) oder nur der typische „Fingertest“ in der Notfallsituation angewendet wurde (Detektionsrate 23%).³⁶

Insgesamt treten bei den meisten Frakturtypen Motilitätseinschränkungen bzw. Doppelbilder häufiger im vertikalen als im horizontalen Meridian auf, allerdings gilt dieses Muster weniger

bei der Oberkieferfraktur und den Le-Fort-I/-III-Frakturen. Die Doppelbildangaben lagen erwartbarerweise unter der Anzahl eingeschränkter Motilität, auch hier wahrscheinlich als Folge von Lidschwellungen und z.T. begrenzt aussagefähiger Erhebung in der Notfallsituation.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Juncar M, Tent PA, Juncar RI, Harangus A, Mircea R. An epidemiological analysis of maxillofacial fractures: a 10-year cross-sectional cohort retrospective study of 1007 patients. *BMC Oral Health* 2021; 21: 128. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01503-5> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 2 Sattar N, Rabia Rahat Gillani S, Erkin M, Khan M, Abbas M, Khurshid Khattak N. Role of environmental and occupational factors in fall-related maxillofacial fractures. *Clin Exp Dent Res* 2022; 8: 737–41. <https://doi.org/10.1002/cre2.545> (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
- 3 Schubert J. Therapie von Mittelgesichtsfrakturen. *Radiologe* 2007; 47: 598, 600-5. <https://doi.org/10.1007/s00117-007-1513-9> (Zuletzt abgerufen am 30.11.2025)
- 4 Jiang L, Wu M, Li H, Liang J, Chen J, Liu L. Risk Factors for Maxillary Sinus Pathology after Surgery for Midfacial Fracture: A Multivariate Analysis. *J Clin Med* 2022; 11. <https://doi.org/10.3390/jcm11216299> (Zuletzt abgerufen am 21.11.2025)
- 5 Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie. Kurzfassung der S2k-Leitlinie AWMF-Reg.-Nr. 007/016 – Laterale Mittelgesichtsfrakturen. Stand: 02/2014.
- 6 Thomas S. Kühnel, Torsten E. Reichert. Trauma of the midface. 6 Kühnel TS, Reichert TE. Trauma of the midface. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2015 Dec 22;14:Doc06. doi: 10.3205/cto000121. PMID: 26770280; PMCID: PMC4702055. (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
- 7 Gentile MA, Tellington AJ, Burke WJ, Jaskolka MS. Management of midface maxillofacial trauma. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2013; 21: 69–95. <https://doi.org/10.1016/j.cxom.2012.12.010> (Zuletzt abgerufen am 12.11.2025)
- 8 Roşu A-M, Severin F, Roşu OC, et al. Patterns and Characteristics of Midface Fractures in NorthEastern Romania. *Medicina (Kaunas)* 2023; 59. <https://doi.org/10.3390/medicina59030510> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 9 Louis M, Agrawal N, Truong TA. Midface Fractures II. *Semin Plast Surg* 2017; 31: 94–99. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1601373> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 10 Hohman MH, Patel BC, Waseem M. Le Fort Fractures. In: StatPearls. Treasure Island (FL), 2025. StatPearls Publishing; 2025 Jan-. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526060/> (Zuletzt abgerufen am 23.11.2025)
- 11 Laine FJ, Conway WF, Laskin DM. Radiology of maxillofacial trauma. *Curr Probl Diagn Radiol* 1993; 22: 145–88. [https://doi.org/10.1016/0363-0188\(93\)90019-p](https://doi.org/10.1016/0363-0188(93)90019-p) (Zuletzt abgerufen am 22.09.2025)
- 12 Phillips BJ, Turco LM. Le Fort Fractures: A Collective Review. *Bull Emerg Trauma* 2017; 5: 221–30. <https://doi.org/10.18869/acadpub.beat.5.4.499> (Zuletzt abgerufen am 29.10.2025)
- 13 Shivakotee S, Menon S, Sham ME, Kumar V, Archana S. Midface fracture pattern in a tertiary care hospital - A prospective study. *Natl J Maxillofac Surg* 2022; 13: 238–42. https://doi.org/10.4103/njms.njms_378_21 (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 14 Patil RS, Kale TP, Kotrashetti SM, Baliga SD, Prabhu N, Issrani R. Assessment of changing patterns of Le fort fracture lines using computed tomography scan: an observational study. *Acta Odontol Scand* 2014; 72: 984–88. <https://doi.org/10.3109/00016357.2014.933252> (Zuletzt abgerufen am 23.11.2025)
- 15 Paes JV, Sá Paes FL de, Valiati R, Oliveira MG de, Pagnoncelli RM. Retrospective study of prevalence of face fractures in southern Brazil. *Indian Journal of Dental Research* 2012; 23(1):p 80-86, Jan–Feb 2012. | DOI: 10.4103/0970-9290.99045 (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
- 16 Samieirad S, Tohidi E, Shahidi-Payam A, Hashemipour M-A, Abedini A. Retrospective study maxillofacial fractures epidemiology and treatment plans in Southeast of Iran. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2015; 20: e729-36. <https://doi.org/10.4317/medoral.20652> (Zuletzt abgerufen am 28.11.2025)

- 17 Karikal Arvind , Kotecha Priyank V. Incidence and Etiology of Mid-facial Fractures : A 10 Year Retrospective Institutional Study. *Nitte University Journal of Health Science* 2016.
- 18 Ghosh R, Gopalkrishnan K. Facial Fractures. *Journal of Craniofacial Surgery* 2018; 29(4):p e334e340, June 2018. | DOI: 10.1097/SCS.00000000000004269 (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
- 19 Moreira Marinho RO, Freire-Maia B. Management of Fractures of the Zygomaticomaxillary Complex. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 2013; 25: 617–36. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2013.07.011> (Zuletzt abgerufen am 28.11.2025)
- 20 Louis M, Agrawal N, Kaufman M, Truong TA. Midface Fractures I. *Semin Plast Surg* 2017; 31: 85–93. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1601372> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 21 Kar IB, Mahavoi BR. Retrospective analysis of 503 maxillo-facial trauma cases in odisha during the period of dec'04-nov'09. *J Maxillofac Oral Surg* 2012; 11: 177–81. <https://doi.org/10.1007/s12663-011-0276-z> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 22 Kumar S, Kashyap S, Singh S, Sharma R, Singh YP, Naik HY. Maxillofacial trauma among Indians. *Bioinformation* 2023; 19: 876–80. <https://doi.org/10.6026/97320630019876> (Zuletzt abgerufen am 20.09.2025)
- 23 Strong EB, Gary C. Management of Zygomaticomaxillary Complex Fractures. *Facial Plast Surg Clin North Am* 2017; 25: 547–62. <https://doi.org/10.1016/j.fsc.2017.06.006> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 24 Bergeron JM, Raggio BS. Zygomatic Arch Fracture. In: StatPearls. Treasure Island (FL), 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549898/> (Zuletzt abgerufen am 02.11.2025)
- 25 Wang MR, Chin MG, McIntire DRT, Chang K, Zhao L, Kwan DK. The Association of Fracture Displacement and Surgical Intervention in Isolated Zygomatic Arch Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2025; 83: 565–75. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2025.01.006> (Zuletzt abgerufen am 22.10.2025)
- 26 Lozada KN, Cleveland PW, Smith JE. Orbital Trauma. *Semin Plast Surg* 2019; 33: 106–13. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1685477> (Zuletzt abgerufen am 23.11.2025)
- 27 Abdullah WA, Al-Mutairi K, Al-Ali Y, Al-Soghier A, Al-Shnwani A. Patterns and etiology of maxillofacial fractures in Riyadh City, Saudi Arabia. *Saudi Dent J* 2013; 25: 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2012.10.004> (Zuletzt abgerufen am 08.11.2025)
- 28 Kumar GBA, Dhupar V, Akkara F, Kumar SP. Patterns of maxillofacial fractures in goa. *J Maxillofac Oral Surg* 2015; 14: 138–41. <https://doi.org/10.1007/s12663-013-0583-7> (Zuletzt abgerufen am 30.10.2025)
- 29 Gassner R, Tuli T, Hächl O, Rudisch A, Ulmer H. Cranio-maxillofacial trauma: a 10 year review of 9,543 cases with 21,067 injuries. *J Craniomaxillofac Surg* 2003; 31: 51–61. [https://doi.org/10.1016/s1010-5182\(02\)00168-3](https://doi.org/10.1016/s1010-5182(02)00168-3) (Zuletzt abgerufen am 05.11.2025)
- 30 Blumer M, Rostetter C, Johner J-P, et al. Associated Ophthalmic Injuries in Patients With Fractures of the Midface. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr* 2020; 13: 168–73. <https://doi.org/10.1177/1943387520922056> (Zuletzt abgerufen am 29.11.2025)
- 31 Andrews BT, Jackson AS, Nazir N, Hromas A, Sokol JA, Thurston TE. Orbit fractures: Identifying patient factors indicating high risk for ocular and periocular injury. *Laryngoscope* 2016; 126 Suppl 4: S5-11. <https://doi.org/10.1002/lary.25805> (Zuletzt abgerufen am 29.11.2025)
- 32 Eng JF, Younes S, Crovetto BR, et al. Characteristics of Orbital Injuries Associated with Maxillofacial Trauma. *Laryngoscope* 2023; 133: 1624–29. <https://doi.org/10.1002/lary.30477> (Zuletzt abgerufen am 28.11.2025)
- 33 Fomete B, Adebayo ET, Agbara R, Osunde DO, Abah ER. Pattern of Ocular Involvement in Midface Injuries Seen at a Tertiary Care Hospital in Northern Nigeria. *Niger J Surg* 2021; 27: 33–37. https://doi.org/10.4103/njs.NJS_21_20 (Zuletzt abgerufen am 21.11.2025)

- 34 Salmon JF, Kanski, Jack J., 1939-2019 37017260. Kanski's clinical ophthalmology : a systematic approach. [Edinburgh] : Elsevier, 2020.
- 35 Pamukcu C, Odabaşı M. Acute retrobulbar haemorrhage: An ophthalmologic emergency for the emergency physician. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2015; 21: 309–14. <https://doi.org/10.5505/tjtes.2015.16768> (Zuletzt abgerufen am 21.10.2025)
- 36 Timkovic J, Stransky J, Handlos P, Janosek J, Tomaskova H, Stembirek J. Detecting Binocular Diplopia in Orbital Floor Blowout Fractures: Superiority of the Orthoptic Approach. *Medicina (Kaunas)* 2021; 57. <https://doi.org/10.3390/medicina57090989> (Zuletzt abgerufen am 28.11.2025)
- 37 Jain SM, Gehlot N, Kv A, et al. Ophthalmic Complications in Maxillofacial Trauma: A Prospective Study. *Cureus* 2022; 14: e27608. <https://doi.org/10.7759/cureus.27608> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 38 Terrill SB, You H, Eiseman H, Rauser ME. Review of Ocular Injuries in Patients with Orbital Wall Fractures: A 5-Year Retrospective Analysis. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 2837–42. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S274567> (Zuletzt abgerufen am 04.11.2025)
- 39 Richani K, Do TH, Merritt HA, Pfeiffer ML, Chuang AZ, Phillips ME. Screening Criteria for Detecting Severe Ocular Injuries in the Setting of Orbital Fractures. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2019; 35: 609–14. <https://doi.org/10.1097/IOP.0000000000001422> (Zuletzt abgerufen am 15.11.2025)
- 40 Zhong E, Chou TY, Chaleff AJ, et al. Orbital Fractures and Risk Factors for Ocular Injury. *Clin Ophthalmol* 2022; 16: 4153–61. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S391175> (Zuletzt abgerufen am 22.10.2025)
- 41 Etheridge T, Brintz BJ, Jensen MS, et al. Incidence and severity of asymptomatic ocular injury in adult and pediatric orbital fractures. *Orbit* 2023; 42: 273–78. <https://doi.org/10.1080/01676830.2022.2095648> (Zuletzt abgerufen am 13.10.2025)
- 42 Chi MJ, Ku M, Shin KH, Baek S. An analysis of 733 surgically treated blowout fractures. *Ophthalmologica* 2010; 224: 167–75. <https://doi.org/10.1159/000238932> (Zuletzt abgerufen am 21.10.2025)
- 43 Amrith S, Saw SM, Lim TC, Lee TK. Ophthalmic involvement in cranio-facial trauma. *J Craniomaxillofac Surg* 2000; 28: 140–47. <https://doi.org/10.1054/jcms.2000.0138> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 44 Jamal BT, Pfahler SM, Lane KA, et al. Ophthalmic injuries in patients with zygomaticomaxillary complex fractures requiring surgical repair. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67: 986–89. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2008.12.035> (Zuletzt abgerufen am 07.11.2025)
- 45 Riaz N, Chatha AA, Warraich RA, Hanif S, Chinar KA, Khan SR. Ophthalmic injuries in orbitozygomatic fractures. *J Coll Physicians Surg Pak* 2014; 24: 649–52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25233969/> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
- 46 Septa D, Newaskar VP, Agrawal D, Tibra S. Etiology, incidence and patterns of mid-face fractures and associated ocular injuries. *J Maxillofac Oral Surg* 2014; 13: 115–19. <https://doi.org/10.1007/s12663-012-0452-9> (Zuletzt abgerufen am 19.10.2025)
- 47 Stier R, Jehn P, Johannsen H, Müller CW, Gellrich N-C, Spalthoff S. Reality or wishful thinking: do bicycle helmets prevent facial injuries? *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019; 48: 1235–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2019.02.018> (Zuletzt abgerufen am 16.10.2025)
- 48 al-Qurainy IA, Stassen LF, Dutton GN, Moos KF, el-Attar A. The characteristics of midfacial fractures and the association with ocular injury: a prospective study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1991; 29: 291–301. [https://doi.org/10.1016/0266-4356\(91\)90114-k](https://doi.org/10.1016/0266-4356(91)90114-k) (Zuletzt abgerufen am 28.11.2025)
- 49 Chow J, Parthasarathi K, Mehanna P, Whist E. Primary Assessment of the Patient With Orbital Fractures Should Include Pupillary Response and Visual Acuity Changes to Detect Occult Major Ocular Injuries. *J Oral Maxillofac Surg* 2018; 76: 2370–75.

- <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.04.024> (Zuletzt abgerufen am 02.11.2025)
- 50 Singh I, Shetty P, Fernandes TB, Singh A. Ocular Outcomes of Maxillofacial Trauma - A Decennary Descriptive Study. *Journal of Craniofacial Surgery* 2022; 33: e81-e84.
<https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000008026> (Zuletzt abgerufen am 22.11.2025)
 - 51 Erdmann D, Follmar KE, DeBruijn M, et al. A Retrospective Analysis of Facial Fracture Etiologies. *Annals of Plastic Surgery* 2008; 60(4):p 398-403, April 2008. | DOI: 10.1097/SAP.0b013e318133a87b (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
 - 52 Lozada K, Kadakia S, Abraham MT, Ducic Y. Complications of Midface Fractures. *Facial Plast Surg* 2017; 33: 557–61. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1607447> (Zuletzt abgerufen am 25.11.2025)
 - 53 Shim WS, Cho MJ, Kim J, Jung HJ. Epiphora after nasolacrimal duct fracture in patients with midfacial trauma: A retrospective study. *Medicine* 2019; 98(48):e18120. doi: 10.1097/MD.00000000000018120. PMID: 31770240; PMCID: PMC6890326. (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
 - 54 Brucoli M, Boffano P, Romeo I, et al. Epidemiology of maxillofacial trauma in the elderly: A European multicenter study. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2020; 121: 330–38.
<https://doi.org/10.1016/j.jormas.2019.09.002> (Zuletzt abgerufen am 11.11.2025)
 - 55 Cruz AAV, Eichenberger GCD. Epidemiology and management of orbital fractures. *Current Opinion in Ophthalmology* 2004; 15: 416–21. <https://doi.org/10.1097/01.icu.0000136113.56288.87> (Zuletzt abgerufen am 07.11.2025)
 - 56 Chiang E, Saadat LV, Spitz JA, Bryar PJ, Chambers CB. Etiology of orbital fractures at a level I trauma center in a large metropolitan city. *Taiwan J Ophthalmol* 2016; 6: 26–31.
<https://doi.org/10.1016/j.tjo.2015.12.002> (Zuletzt abgerufen am 27.11.2025)
 - 57 Runci M, Ponte FS de, Falzea R, et al. Facial and Orbital Fractures: A Fifteen Years Retrospective Evaluation of North East Sicily Treated Patients. *Open Dent J* 2017; 11: 546–56.
<https://doi.org/10.2174/1874210601711010546> (Zuletzt abgerufen am 27.11.2025)
 - 58 Zimmerer RM, Ellis E3, Aniceto GS, et al. A prospective multicenter study to compare the precision of posttraumatic internal orbital reconstruction with standard preformed and individualized orbital implants. *J Craniomaxillofac Surg* 2016; 44: 1485–97.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.07.014> (Zuletzt abgerufen am 27.11.2025)
 - 59 Boffano P, Roccia F, Gallezio C, Karagozoglu KH, Forouzanfar T. Diplopia and Orbital Wall Fractures. *Journal of Craniofacial Surgery* 2014; 25. | DOI: 10.1097/SCS.0000000000000437.
 - 60 Moffatt J, Hughes D, Bhatti N, Holmes S. Orbital Bone Fractures in a Central London Trauma Center: A Retrospective Study of 582 Patients. *Journal of Craniofacial Surgery* 2021; 32. | DOI: 10.1097/SCS.00000000000007384. (Zuletzt abgerufen am 06.10.2025)
 - 61 Gosau M, Schöneich M, Draenert FG, Ettl T, Driemel O, Reichert TE. Retrospective analysis of orbital floor fractures--complications, outcome, and review of literature. *Clin Oral Investig* 2011; 15: 305–13. <https://doi.org/10.1007/s00784-010-0385-y> (Zuletzt abgerufen am 29.11.2025)
 - 62 Iida S, Hassfeld S, Reuther T, et al. Maxillofacial fractures resulting from falls. *J Craniomaxillofac Surg* 2003; 31: 278–83. [https://doi.org/10.1016/s1010-5182\(03\)00069-6](https://doi.org/10.1016/s1010-5182(03)00069-6) (Zuletzt abgerufen am 29.11.2025)
 - 63 Rajkumar GC, Ashwin DP, Singh R, Prashanth R, Rudresh KB. Ocular Injuries Associated with Midface Fractures: A 5 Year Survey. *J Maxillofac Oral Surg* 2015; 14: 925–29.
<https://doi.org/10.1007/s12663-015-0778-1> (Zuletzt abgerufen am 02.12.2025)
 - 64 Dutton GN, al-Qurainy I, Stassen LF, Titterington DM, Moos KF, el-Attar A. Ophthalmic consequences of mid-facial trauma. *Eye (Lond)* 1992; 6 (Pt 1): 86–89.
<https://doi.org/10.1038/eye.1992.17> (Zuletzt abgerufen am 02.12.2025)
 - 65 Mellema PA, Dewan MA, Lee MS, Smith SD, Harrison AR. Incidence of ocular injury in visually asymptomatic orbital fractures. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2009; 25: 306–08.

<https://doi.org/10.1097/IOP.0b013e3181aa9a73> (Zuletzt abgerufen am 02.12.2025)

- 66 Guly CM, Guly HR, Bouamra O, Gray RH, Lecky FE. Ocular injuries in patients with major trauma. *Emerg Med J* 2006; 23: 915–17. <https://doi.org/10.1136/emj.2006.038562> (Zuletzt abgerufen am 03.12.2025)
- 67 Klenk G, Katona J, Kenderfi G, Lestyán J, Gombos K, Hirschberg A. Orbital compartment syndrome. The most frequent cause of blindness following facial trauma. *Orv Hetil* 2017; 158: 1410–20. <https://doi.org/10.1556/650.2017.30850> (Zuletzt abgerufen am 02.12.2025)
- 68 Thayer JN, Lam A, Hill JH, Velasquez R, Ramirez A, Fry C. Retrobulbar Hemorrhage: Refining the Indications for Intervention, an 11-Year Review. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2019; 60: 2526. <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2746690> (Zuletzt abgerufen am 02.12.2025)

7 Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Frontale Ansicht des Schädels ohne Mandibula, Darstellung der horizontalen und vertikalen Trajekturen	11
Abbildung 2: Schädelknochen und Frakturverläufe nach Le-Fort	12
Abbildung 3: Altersverteilung innerhalb der zwei Geschlechter	26
Abbildung 4: Unfallmechanismen nach Geschlecht unterteilt	28
Abbildung 5: Altersverteilung nach Geschlecht und Unfallmechanismus	28
Abbildung 6: Altersverteilung nach Geschlecht innerhalb der Gruppe AG	31
Abbildung 7: Altersverteilung nach Unfallmechanismus	33

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung des Mittelgesichts in zentral, lateral und zentrolateral	13
Tabelle 2: Definition der Unfallmechanismen	19
Tabelle 3: Schwere Augenbefunde	22
Tabelle 4: Leichte Augenbefunde	23
Tabelle 5: Augeninnendruck	24
Tabelle 6: Geschlechterverteilung Gruppe GG	25
Tabelle 7: Altersverteilung Gruppe GG	25
Tabelle 8: Häufigkeiten der Unfallmechanismen	27
Tabelle 9: Frakturen Gruppe GG	29
Tabelle 10: Geschlechterverteilung Gruppe AG	30
Tabelle 11: Altersverteilung Gruppe AG	30
Tabelle 12: Unfallmechanismus Gruppe AG	32
Tabelle 13: Frakturen Gruppe AG	33
Tabelle 14: Lokalisation der Frakturlinie innerhalb der Orbitahöhle	34
Tabelle 15: Vergleich Gruppe GG und Gruppe AG	34
Tabelle 16: Schweregrad der augenärztlichen Befunde aus der Gruppe AG abhängig von Fraktur	35
Tabelle 17: Kreuztabelle, männliche Hochrisikogruppe und Schweregrad der Befunde	36
Tabelle 18: Kreuztabelle Patienten ab 60 Jahren und Schweregrad der Befunde	36
Tabelle 19: Frakturen durch äußere Gewalteinwirkung	37
Tabelle 20: Schweregrad durch äußere Gewalteinwirkung in der Gruppe AG	37
Tabelle 21: Frakturen durch Stürze	38
Tabelle 22: Anteil an leichten und schweren Augenbefunden innerhalb der Gruppe AG	38
	74

Tabelle 23: Frakturen durch Unfälle bei niedriger Geschwindigkeit	38
Tabelle 24: Fahrradunfälle mit und ohne Helm	39
Tabelle 25: Schweregrad der augenärztlichen Befunde bei Fahrradunfällen	40
Tabelle 26: Frakturen durch Motorradunfälle	41
Tabelle 27: Einteilung in schwere und leichte Befunde nach Unfallmechanismus	42
Tabelle 28: Leichte augenärztliche Befunde	42
Tabelle 29: Schwere augenärztliche Befunde	43
Tabelle 30: Patienten mit Amaurose	44
Tabelle 31: Zusammenhang zwischen Amaurosis und Frakturtypen	45
Tabelle 32: Zusammenhang zwischen Amaurosis und anderen Augenbefunden	45
Tabelle 33: Kreuztabelle, Korrelation Lichtreaktion und Amaurose	46
Tabelle 34: Kreuztabelle, Korrelation Amaurose und Orbita-Kompartiment-Syndrom (Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom)	47
Tabelle 35: Frakturverlauf durch die Orbita bei Retrobulbärhämatom	47
Tabelle 36: Unfallmechanismen bei Retrobulbärhämatom	48
Tabelle 37: Einnahme von Blutverdünnern bei Patienten mit Retrobulbärhämatom	48
Tabelle 38: Kreuztabelle Blutverdünner und Orbita-Kompartiment-Syndrom (Retrobulbärhämatom, Orbitahämatom, Orbitaspitzensyndrom)	49
Tabelle 39: Augeninnendruck bei Patienten mit Retrobulbärhämatom	49
Tabelle 40: Kreuztabelle: Kompartement-Syndrom und Augeninnendruck	50
Tabelle 41: Kreuztabelle Kompartementsyndrom und Harter Bulbus	50
Tabelle 42: Kreuztabelle Kompartementsyndrom und Exophthalmus	51
Tabelle 43: Augeninnendruck	51
Tabelle 44: Kreuztabelle Fraktur der lateralen Orbitawand und Bulbusruptur	52
Tabelle 45: Kreuztabelle Amaurose und Optikusläsion	52
Tabelle 46: Kreuztabelle zum Zusammenhang zwischen Kompartementsyndrom und Optikusläsion	53
Tabelle 47: Motilitätsstörungen und Doppelbilder	54
Tabelle 48: Frakturlokalisation in der Orbita und Motilitätsstörungen und Doppelbilder	54
Tabelle 49: Kreuztabelle Bulbusstand und Hebungsdefizit	55
Tabelle 50: Zahnverletzungen	56