

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie
der Universität zu Köln
Direktor*in: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Christian Linz

Radiologische Analyse der Größe des Sinus maxillaris von Patienten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen und einer Kontrollgruppe

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

vorgelegt von
Christoph Maximilian Johannes Bömelburg
aus Düren

promoviert am 09.04.2024

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

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Dr. med. dent. M. Zirk
2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. G. Bratke

Erklärung

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

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

Herr Dr. Dr. Johannes Buller
Herr Priv.-Doz. Dr. Dr. Matthias Zirk

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 von Fallnummern und ICD-Schlüsseln von Patienten, die aufgrund einer Fraktur in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie behandelt worden sind, wurde mir von Herrn Dr. Dr. Johannes Buller zur Verfügung gestellt. Ich habe aus dieser Liste die Patientendaten derjenigen Personen, deren ICD-Schlüssel zu den Einschlusskriterien unserer Studie passt, aus der Orbis-Datenbank exportiert. Aus diesen Patientendaten habe ich unter Anleitung von Dr. Dr. Johannes Buller die CT- und DVT-Aufnahmen sowie die Krankenakten aus der Orbis-Datenbank nach den Einschlusskriterien unserer Studie herausgefiltert. Die Beurteilung der Frakturart und des Dislokationsgrades habe ich unter Anleitung von Dr. Dr. Johannes Buller durchgeführt. Bei der Datenerhebung habe ich Namen, Vornamen, Geschlecht, Geburtsdatum, Unfalldatum und Unfallursache in ein Tabellenkalkulationsprogramm übernommen und als Datei verschlüsselt auf dem Server der UK-IT für die Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und plastische Gesichtschirurgie gespeichert. Für die weitere Datenerhebung und Auswertung habe ich jeden Patientenfall mit einer Studien-ID pseudoanonymisiert. Die lineare Vermessung und die volumetrische Analyse der CT- und DVT-Datensätze sind nach Definition der Messmethoden in Zusammenarbeit mit Dr. Dr. Johannes Buller von mir selbst erstellt worden. Die Auswahl der statistischen Methoden und

Beurteilung der Ergebnisse ist von mir unter Anleitung von Dr. Dr. Johannes Buller erfolgt. Die Durchführung der statistischen Auswertung und die Darstellung der Ergebnisse in Tabellen und Grafiken habe ich allein 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 20.12.2023

Unterschrift: 

Danksagung

Als Erstes möchte ich meine aufrichtige Dankbarkeit gegenüber der Universität zu Köln und der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie ausdrücken, die es mir ermöglicht haben, eine wissenschaftliche Studie durchzuführen und die damit verbundene Doktorarbeit anzufertigen. Mein besonderer Dank gilt dabei meinem Doktorvater Priv.-Doz. Dr. Dr. Matthias Zirk sowie meinem Ansprechpartner Dr. Dr. Johannes Buller. Herr Dr. Zirk hat sich ohne zu zögern dazu bereit erklärt, die Betreuung meiner Doktorarbeit zu übernehmen. Mein aufrichtiger Dank gebührt Dr. Buller dafür, dass er stets all meine zahlreichen Fragen beantwortet hat. Ebenfalls großen Dank an meinen Chef, Dr. Thomas Zartmann, der mich bis zuletzt motiviert hat.

Eine wichtige Begleiterin auf meinem Weg war meine Freundin Rebecca. Wir haben uns gegenseitig unterstützt, unsere Dissertationen erfolgreich abzuschließen.

Ein großes Dankeschön geht an meine Eltern. Sie haben mich während meines gesamten Studiums unterstützt und waren immer für mich da. Besonders meine Mutter, Dr. Regina Bömelburg, war eine treibende Kraft, um sicherzustellen, dass ich meine Studienziele erreiche. Abschließend möchte ich posthum meinem Vater, Klaus Herter, danken, der mich von klein auf stets inspirierte.

Für meine Eltern
in Liebe und Dankbarkeit!

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	8
1. ZUSAMMENFASSUNG.....	9
2. EINLEITUNG.....	10
2.1. Der Gesichtsschädel.....	10
2.2. Das Mittelgesicht	11
2.3. Nasenhaupt- und Nasennebenhöhlen.....	12
2.4. Die Kieferhöhlen	13
2.5. Der Unterkiefer	14
2.6. Ursachen von Gesichtsschädelfrakturen.....	15
2.6.1. Stürze.....	15
2.6.2. Rohheitsdelikte.....	15
2.6.3. Verkehrsunfälle	16
2.6.4. Fahrradunfälle	16
2.6.5. Sportunfälle	17
2.6.6. Arbeitsunfälle	17
2.7. Frakturlehre und klinische Frakturzeichen.....	17
2.8. Bildgebung.....	18
2.8.1. Konventionelle Röntgendiagnostik	19
2.8.2. Dreidimensionale Röntgendiagnostik	20
2.8.3. Alternative Bildgebende Verfahren	21
2.9. Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen.....	21
2.9.1. Klassifikation nach Le Fort	21
2.9.2. Klassifikation nach Knight und North	22
2.9.3. Klassifikation nach Schwenzler und Steinhilber.....	23
2.9.4. Klassifikation nach Herzog und Austermann	23
2.9.5. Klassifikation nach ICD	24
2.10. Messverfahren für Kieferhöhlen	26
2.11. Fragestellung und Ziel der Arbeit	27

3. MATERIAL UND METHODEN	29
3.1. Studienablauf.....	29
3.2. Material.....	30
3.2.1. Auswahl der Patientenfälle	30
3.2.2. Anonymisierung und Verschlüsselung.....	31
3.2.3. Auswertung und Analyse.....	31
3.3. Methoden.....	32
4. ERGEBNISSE	35
4.1. Seitenvergleich innerhalb der Kontrollgruppe.....	36
4.2. Vergleich Fallgruppen und Kontrollgruppe	36
4.3. Ätiologie der Frakturgruppen.....	37
4.4. Ermittelte Sinusgrößen nach Dislokation.....	38
4.5. Ermittelte Sinusgrößen nach Geschlecht	43
5. DISKUSSION	45
5.1. Einordnung der Ergebnisse und Vergleich mit anderen Studien.....	46
5.2. Limitationen und Implikationen für zukünftige Forschung.....	49
5.3. Klinische Relevanz.....	50
5.4. Fazit.....	51
6. LITERATURVERZEICHNIS	52
7. ANHANG	62
7.1. Abbildungsverzeichnis	66
7.2. Tabellenverzeichnis	68
8. VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN.....	69

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Langform
Abb.	Abbildung
AES	Advanced Encryption Standard
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
Deu	Deutschland
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DVT	Digitale Volumetomographie
ICD	International Classification of Diseases
lat.	lateinisch
Mio.	Millionen
N/A	nicht verfügbar
NNH	Nasennebenhöhle(n)
o.f.	okzipitofrontal
o.m.	okzipitomenal (auch halbaxial)
o.n.A.	ohne nähere Angabe
OPTG	Orthopantomogramm
PM	Post mortem
sog.	sogenannt
Std. Abw.	Standardabweichung
Swe	Schweden
Tab.	Tabelle
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

Tab. 1: Abkürzungsverzeichnis

Hinweis

Zum Zwecke der Übersichtlichkeit wird im folgenden Text das generische Maskulinum verwendet. Die entsprechenden Formulierungen umfassen aber alle Geschlechter gleichermaßen.

1. Zusammenfassung

Gegenstand der Studie war die radiologische Analyse des Sinus maxillaris bei lateralen Mittelgesichtsfrakturen, Orbitabodenfrakturen und isolierten Jochbogenfrakturen im Vergleich zu gesunden Kieferhöhlen einer Kontrollgruppe. Dazu wurden in dieser Querschnittsstudie DICOM-Datensätze aus DVT und CT-Aufnahmen von in der Uniklinik Köln behandelten Patienten mit dislozierten Jochbein-, Orbitaboden-, isolierten Jochbogen- und Unterkieferfrakturen ausgewertet. Die Patienten mit Jochbein-, Orbitaboden- und isolierten Jochbogenfrakturen wurden als Studiengruppen definiert. Patienten mit Unterkieferfrakturen waren die Kontrollgruppe. Die Größe des Sinus maxillaris wurde durch lineare Vermessung von Breite, Höhe und Tiefe bestimmt. Das Volumen des Sinus maxillaris wurde durch semiautomatische Segmentation festgestellt. Die Sinusgrößen der Studiengruppen wurden mit denen der Kontrollgruppe verglichen. Für die weitere Auswertung wurde der Dislokationsgrad in leicht und stark dislozierte Frakturen eingeteilt. Weitere ermittelte Variablen waren Alter, Geschlecht und Frakturursache.

Insgesamt konnten 144 Patienten in die Studiengruppen aufgenommen werden. Letztere enthielten 89 Jochbein-, 39 Orbitaboden- und 16 Jochbogenfrakturen. Die Kontrollgruppe bestand aus 110 Patienten. Das mittlere Sinusvolumen der Jochbein- ($19.313 \text{ mm}^3 \pm 5.237$) und Orbitabodenfrakturen ($19.454 \text{ mm}^3 \pm 4.909$) war signifikant größer als das in der Kontrollgruppe ($17.645 \text{ mm}^3 \pm 4.760$; $p = 0,02$ und $p = 0,045$). Die Analyse der Frakturen anhand der Unterteilung in Dislokationsgrade ergab einen noch stärker ausgeprägten Unterschied zwischen Patienten mit stark dislozierten Jochbeinfrakturen ($20.354 \text{ mm}^3 \pm 5.416$) und der Kontrollgruppe ($p = 0,003$). Bei den zweidimensionalen Messungen war nur die Sinushöhe bei Jochbeinfrakturen signifikant größer gegenüber der Kontrollgruppe ($37,41 \text{ mm} \pm 4,25$ vs. $35,33 \text{ mm} \pm 4,88$; $p = 0,002$). Deutlicher war der Unterschied der Sinushöhe bei stark dislozierten Jochbeinfrakturen ($38,27 \text{ mm} \pm 3,91$; $p = 0,001$). Bei der Sinusbreite und -tiefe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Diese Feststellungen lassen den Schluss darauf zu, dass ein Volumen des Sinus maxillaris von mehr als 20.000 mm^3 ein prädiktiver Risikofaktor für eine dislozierte Jochbeinfraktur sein kann. Bei den Orbitabodenfrakturen ergab sich der Hinweis darauf, dass ein größeres Sinusvolumen bei diesen Patienten vorliegt und somit der Sinus maxillaris auch bei dieser Frakturart einen anatomischen Risikofaktor darstellt. Eine größere Sinushöhe deutet auf eine größere Oberfläche des Zygomaticomaxillären-Stützpfelers hin, wodurch der Widerstand gegen ein Gesichtstrauma erheblich verringert wird.

2. Einleitung

Als eine der häufigsten Verletzungen im Kopfbereich werden Mittelgesichtsfrakturen beschrieben. Sie zählen mit bis zu zwei Dritteln zu den meisten Frakturen im Bereich der Gesichtsschädelfrakturen^{1,2}. Damit waren und sind diese Frakturen interessant für viele Studien. Es gibt jedoch nur wenige Studien, die sich mit der Ätiologie und der Pathologie dieser Frakturen befassen.

Die Ätiologie von Gesichtsftrakturen beschreibt die Ursache der Traumaeinwirkung und ist bedingt durch die geografische Lage, den wirtschaftlichen und sozialen Status des Landes oder der Region sowie den Untersuchungszeitpunkt³⁻⁵. In den letzten Jahrzehnten hat sich die Technologie, insbesondere im Straßenverkehr, in vielen Ländern erheblich weiterentwickelt⁵. Dies hat verstärkt in Entwicklungsländern dazu geführt, dass Verkehrsunfälle die häufigste Ursache für Gesichtsftrakturen sind, während Gewaltverbrechen in den meisten westlichen Ländern am stärksten vertreten sind⁶⁻⁸.

Im Anschluss an die Ätiologie befasst sich die Pathologie mit dem Resultat der Fraktur. Dabei kommen je nach Studie andere Frakturklassifikationen zum Einsatz. Zu nennen sind hier Le Fort, Knight und North, aber auch neuere Klassifikationen von Austermann und Herzog sind vertreten^{9,10}.

Eine Mittelgesichtsfraktur entsteht durch das Brechen bestimmter Strukturen, die das Mittelgesicht formen. Vor allem die einzelnen Bestandteile der Kieferhöhlen (lat. Sinus maxillaris), die mit ihrer Architektur ein wichtiger anatomischer Bereich des Mittelgesichts sind, werden bei einer Fraktur verletzt. Es gibt kaum Studien, die sich mit diesem Komplex befassen und untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Stabilität und dem Risiko, eine Fraktur zu erlangen, gibt. Aus diesem Grund hat sich die dieser Arbeit zugrunde liegende Studie mit diesem Thema befasst.

2.1. Der Gesichtsschädel

Der Gesichtsschädel oder lat. Viscerocranium grenzt an den Gehirnschädel, lat. Neurocranium (Abb. 1). Er ist die knöcherne Grundlage des Gesichts und besteht aus 20 Einzelknochen. Diese sind im Einzelnen (Abb. 1): Os ethmoidale (außer Lamina cribrosa), Os nasale (dextrum et sinistrum), Maxilla (dextrum et sinistrum), Os lacrimale (dextrum et sinistrum), Os sphenoidale (dextrum et sinistrum) (nur Processus pterygoideus), Os temporale (dextrum et

sinistrum) (nur Pars tympanica und Processus styloideus), Os zygomaticum (dextrum et sinistrum), Os palatinum (dextrum et sinistrum), Concha nasalis inferior (dextrum et sinistrum), Vomer, Mandibula und Os hyoideum ¹¹. Mit diesen Knochen bildet das Viscerocranium die Augen- und Nasenhöhlen, sowie die Mundhöhle. Alle einzelnen Knochen sind durch so genannte Knochensuturen fest und unbeweglich verbunden. Die einzige Ausnahme bildet der Unterkiefer; er ist lediglich durch das Kiefergelenk mit dem Mittelgesicht verbunden ^{11,12}.

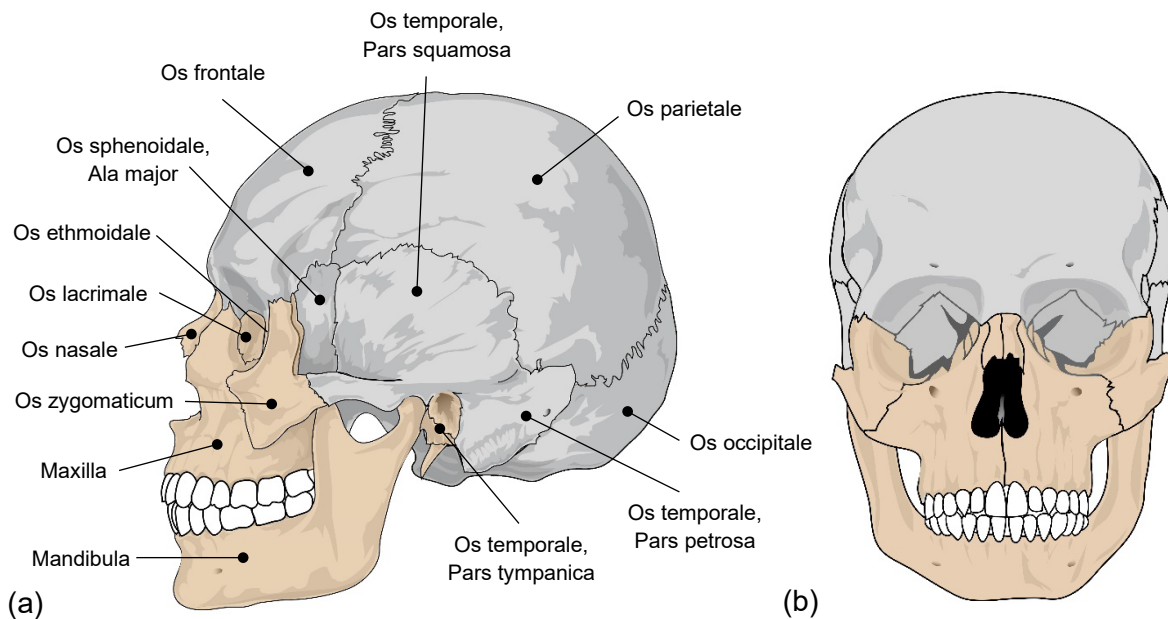


Abb. 1: Schädelknochen des Neuro- (grau) und Viscerocranium (orange) in (a) lateraler und (b) frontaler Ansicht. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. C, S. 13 aus Prometheus ¹¹

2.2. Das Mittelgesicht

Das Mittelgesicht ist der größte Teil des Viscerocraniums ¹³. Begrenzt wird es von den Zähnen des Oberkiefers, der Nasenwurzel sowie dem oberen Rand der Augenhöhle ⁵. Das Mittelgesicht setzt sich aus verschiedenen Einzelknochen und einem Hohlraumssystem zusammen.

Die knöcherne Struktur des Mittelgesichts wird aus dem Jochbein (os zygomaticum), Nasenbein (os nasale), Tränenbein (os lacrimale), Siebbein (os ethmoidale), Keilbein (os sphenoidale) und dem Pflugscharbein (Vomer) gebildet.

Hohlräume des Mittelgesichts sind die Augenhöhlen (orbita), die Nasenhaupt- (cavum nasi proprium) und die Nasennebenhöhlen (sinus paranasales) ¹⁴. Die Augenhöhlen beherbergen

das Sinnesorgan und alle dazugehörigen Strukturen. Pneumatisiert, also luftführend, sind die Nasenhaut- und Nasennebenhöhlen. Dieses System aus Hohlräumen wird durch dünnere Knochenlamellen gebildet, die von robusten Knochenpfeilern umgeben sind. Diese Knochenpfeiler werden als vertikale Trajektorien bezeichnet (Abb. 2) ^{5,9,15}.

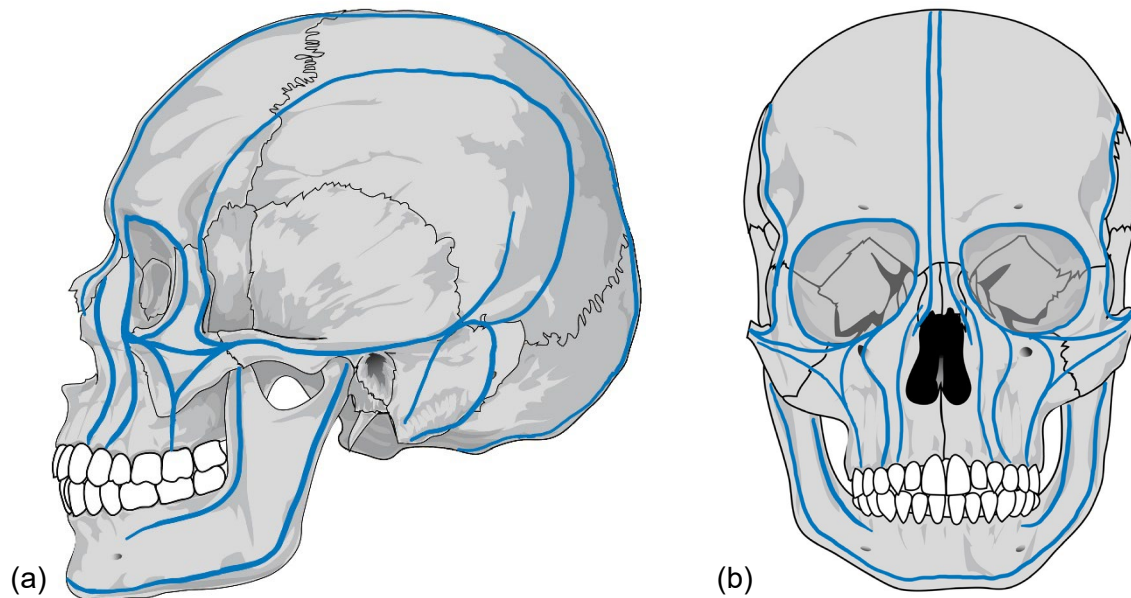


Abb. 2: Hauptkraftlinien (blau), Ansicht von (a) lateral und (b) frontal. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. B, S. 15 aus Prometheus ¹¹

Die Kaukräfte werden so von den Oberkieferzähnen über drei vertikale Pfeiler (Stirnnasenpfeiler, Jochbeinpfeiler und Flügelgaumenpfeiler) bis zum Gehirnschädel übertragen und verteilt. Die dünnen Knochenlamellen, die sich zwischen den verstärkten Pfeilern befinden, sind weniger stabil und können infolgedessen bei traumatischen Ereignissen zu Frakturen führen. Wenn eine bestimmte Kraftintensität überschritten wird oder eine ungewöhnliche Krafrichtung einwirkt, kann jedoch auch im Bereich der kräftigen Knochenpfeiler ein Bruch auftreten ^{5,16,17}.

2.3. Nasenhaut- und Nasennebenhöhlen

Zur Nasenhaupthöhle gehören die luftführenden Räume des Gesichtsschädels, die zwischen dem Nasenvorhof und den Choanen liegen. Paarig angelegt werden sie von der Nasenscheidewand getrennt. Eine weitere Unterteilung findet durch die Nasenmuscheln

(Concha nasales) statt. Sie teilen die Nasenhaupthöhle in drei Nasengänge. Alle Nasennebenhöhlen, wie auch der Tränennasengang, münden in die Nasenhaupthöhle.

Die prominenten Nasennebenhöhlen sind paarige Aussackungen der Nasenhöhle, die wie die Nasenhaupthöhle mit einem respiratorischen Flimmerepithel ausgekleidet sind. Man findet folgende Nasennebenhöhlen beim Menschen: die Stirnhöhle (Sinus frontalis), die Keilbeinhöhle (Sinus sphenoidalis), die Siebbeinzellen (Cellulae ethmoidales) und die Kieferhöhlen (Sinus maxillares) (Abb. 3) ¹⁸.

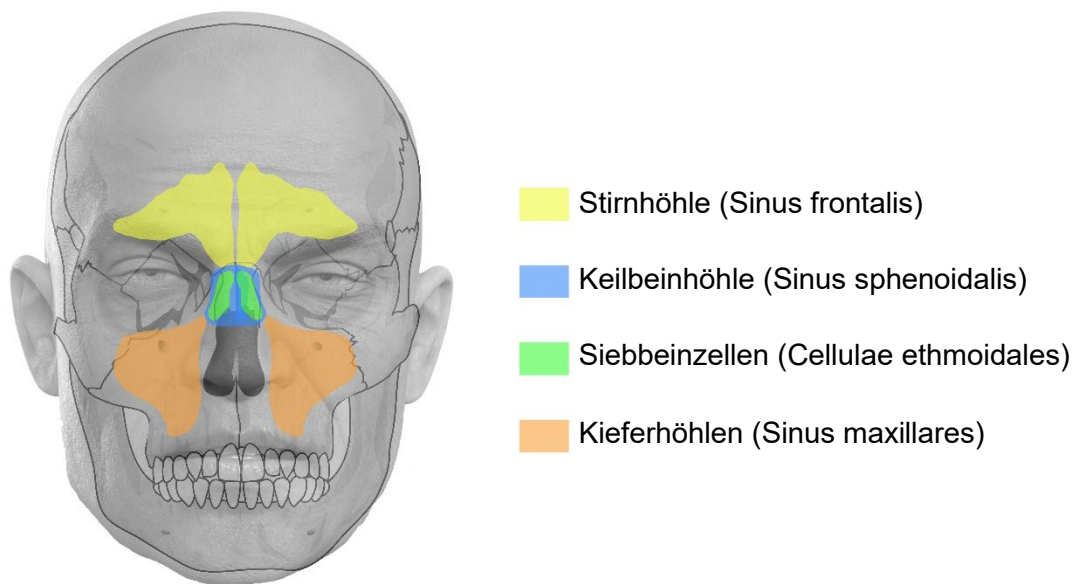


Abb. 3: Nasennebenhöhlen. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. C, S. 15 aus Prometheus ¹¹

2.4. Die Kieferhöhlen

Die Sinus maxillares sind die größten Nasennebenhöhlen und ähneln der Form einer dreiseitigen Pyramide. Sie grenzen kranial an die Orbita und medial an die Nasenhaupthöhle. Die dorsale Begrenzung sind die Flügelgaumengrube (Fossa pterygopalatina) und kaudal die Oberkieferzähne ¹⁹. Damit liegen die Kieferhöhlen an der dorsal-kaudalen Grenze des Mittelgesichts.

Sie stehen mit der Haupthöhle der Nase in Verbindung und dienen so der Befeuchtung und Anwärmung der Atemluft. Außerdem helfen sie bei der Sprachbildung als Resonanz- und Klangkörper ²⁰.

Durch den unmittelbaren Bezug des Sinus maxillaris als luftgefüllter Raum zu den Stützfeilern bietet sich die Kieferhöhle als Untersuchungsobjekt an. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Sinus maxillaris in Gestaltung und Größe der regelmäßigste von den Nasennebenhöhlen der menschlichen Nase ist²¹. Größenunterschiede kann man geschlechterspezifisch feststellen, denn männliche Kieferhöhlen sind ca. 20 % größer als weibliche²². Beim Seitenvergleich hingegen wurden in vergangenen Studien keine anatomischen Unterschiede innerhalb eines einzelnen Individuums festgestellt^{22–25}.

2.5. Der Unterkiefer

Die hufeisenförmig gebogene Mandibula ist der stärkste Knochen des Gesichtsschädels²⁶. Er wird mit dem Mittelgesicht durch das Kiefergelenk verbunden, als dessen Gelenkkopf das Caput mandibulae zu nennen ist. Dieses sitzt am Ende des aufsteigenden Asts (Ramus mandibulae), der im Unterkieferwinkel (Angulus mandibulae) in den Körper (Corpus mandibulae) übergeht (Abb. 4)^{5,11}.

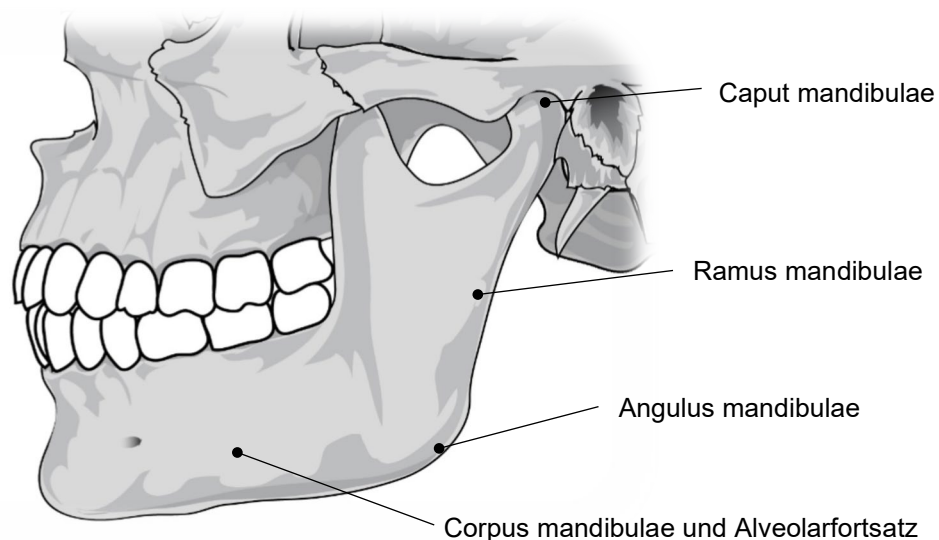


Abb. 4: Unterkiefer Ansicht von links. Eigene Darstellung

Das Corpus mandibulae ist u-förmig gebogen und bildet den Alveolarfortsatz, in dem die Zähne des Unterkiefers enthalten sind. Dieser Teil verändert sich zum Teil stark mit fortschreitendem Alter und der damit einhergehenden (fehlenden) Bezahnung^{26,27}. Dadurch ändern sich auch seine Eigenschaften bei der Verformung.

Der menschliche Unterkiefer verformt sich, wie alle langen Knochen des Körpers, wenn er belastet wird. Die Stauchung/Dehnung des Unterkiefers wird definiert als die Formveränderung des Unterkiefers, die durch das Zusammenziehen der Pterygoidmuskeln während der Öffnungs- und Protrusionsbewegungen verursacht wird²⁸. Damit muss der Unterkiefer ständigem physikalischem Stress trotzen und ist aber gleichzeitig wegen der anatomisch prominenten Position als Trefferfläche bei Traumata prädestiniert²⁹⁻³¹.

2.6. Ursachen von Gesichtsschädelfrakturen

Die Ursachen von Gesichtsschädelfrakturen werden durch verschiedene Faktoren stark beeinflusst. Dazu zählen die geografische Lage, der sozioökonomische Status des Landes oder der Region und damit die soziokulturelle Zusammensetzung der Bevölkerung. Nicht zuletzt spielt auch der Untersuchungszeitpunkt eine wichtige Rolle^{2-4,32-34}. Dadurch ändern sich nicht nur die Ursache, sondern auch der Typ und die Lokalisation der Fraktur und schlussendlich die Therapie^{5,35,36}. Die vorherrschenden Gründe für Gesichtsschädelfrakturen in westlichen Ländern sind in absteigender Reihenfolge Stürze, gewalttätige Übergriffe, Unfälle im Verkehr, beim Sport und bei der Arbeit³⁷⁻⁴¹, während gerade in Entwicklungsländern Verkehrsunfälle die häufigste Ursache für Gesichtsfra­kturen sind⁶⁻⁸.

2.6.1. Stürze

Stürze werden als Ereignisse definiert, bei denen eine Person unbeabsichtigt auf den Boden oder auf eine niedrigere Ebene gelangt⁴². Insbesondere bei älteren Menschen sind Stürze eine häufige Ursache für Gesichtsschädelfrakturen⁴². Studien haben gezeigt, dass ca. 30 % der über 65-Jährigen und ca. 50 % der über 80-jährigen jedes Jahr stürzen^{5,43,44}. Bei Menschen im fortgeschrittenen Alter liege jedoch nur selten äußere Gewalteinwirkung als Grund für den Sturz vor. Im Gegensatz dazu wurden solche Gewalteinwirkungen bei jungen Erwachsenen häufig festgestellt⁴⁵.

2.6.2. Rohheitsdelikte

Auch wenn in Deutschland die Gewaltstraftaten in den letzten Jahren (2016-2021) stetig rückläufig waren, kann man einen steigenden Anteil der Frakturen des Mittelgesichts in den Statistiken feststellen^{46,47}. Gewalt manifestiert sich in verschiedenen Lebensbereichen, sei es

innerhalb der Familie, in schulischen Umgebungen oder am Arbeitsplatz. Oftmals lassen sich die Ursachen dieser Gewalt auf psychosoziale Faktoren zurückführen, darunter Arbeitslosigkeit, familiäre Schwierigkeiten, soziale Schichtzugehörigkeit, Depression und Alkoholkonsum^{5,48,49}.

Ein häufig vorkommender Effekt eines übermäßigen Alkoholkonsums ist eine Steigerung der Aggression und damit des Risikos für gewaltsame Auseinandersetzungen^{41,50}. Die Auswirkungen des Zusammenspiels zwischen Alkohol- und Drogenkonsum, Autofahren und Gewalt hat zu immer komplexeren Gesichtstraumata geführt. Die meisten dieser Verletzungen ereignen sich an Wochenenden, wenn in Bars, auf Partys und anderen ähnlichen Aktivitäten der Drogen- und Alkoholkonsum gefördert wird⁴⁸. Ebenso kann die vermehrte Anzahl von Verkehrsunfällen, die durch verringerte Aufmerksamkeit im Verkehr verursacht werden, auf den Einfluss von Alkohol zurückgeführt werden^{5,48}.

2.6.3. Verkehrsunfälle

Gerade in den letzten Jahrzehnten hat es in vielen Ländern erhebliche technische Entwicklungen gegeben, insbesondere im Bereich des Straßenverkehrs. Dies hat verstärkt in den Entwicklungsländern dazu geführt, dass Verkehrsunfälle die häufigste Ursache für Gesichtsfrakturen sind⁶⁻⁸. Ungeachtet dessen lässt sich in den letzten Jahren weltweit eine Abnahme der auf Verkehrsunfällen beruhenden Gesichtsschädelfrakturen beobachten. Dieser Rückgang lässt sich durch bessere Straßenbedingungen, modernere Sicherheitssysteme in Verkehrsmitteln sowie strengere Geschwindigkeitsbegrenzungen erklären. Aber auch strengere gesetzliche Bestimmungen hinsichtlich des Verkaufs von Alkohols, der Zugänglichkeit und der Zulässigkeit im Zusammenhang mit der Benutzung von Fahrzeugen im Verkehr sowie regelmäßige Sicherheitsinspektionen der Verkehrsmittel spielen dabei in vielen Ländern eine Rolle^{5,51}.

2.6.4. Fahrradunfälle

Zu stark gefährdeten Verkehrsteilnehmern zählen vor allem Radfahrer⁵². Von ca. 2,25 Mio. Verkehrsunfällen in Deutschland 2020 mit 330.269 Verletzten waren ca. 30 % Radfahrer⁵³. Fahrradunfälle können entweder im Straßenverkehr durch Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern entstehen oder das Resultat von Unaufmerksamkeit sein^{5,54}. Durch die

Verwendung eines Fahrradhelmes lassen Studien bei gleicher Unfallschwere und Unfallkonstellation eine häufigere Unversehrtheit des Kopfes resultieren ^{52,55}.

2.6.5. Sportunfälle

Wie auch beim Fahrradfahren können Schutzmaßnahmen bei verschiedenen Sportarten die Wahrscheinlichkeit von Frakturen im Bereich des Gesichtsschädels erheblich reduzieren ⁵⁶. Die Häufigkeit und Lokalisierung von Frakturtypen variieren erheblich je nach Sportart, Land und Studie ^{57,58}. Ballsportarten wie Fußball und Handball sind in Deutschland am häufigsten vertreten, gefolgt von Wintersportarten wie Ski-Sport sowie dem Reitsport ^{5,59}.

2.6.6. Arbeitsunfälle

Auch Arbeitsunfälle sind Ursachen für Gesichtsschädelfrakturen. Die Anzahl der Studien, die sich insbesondere mit Arbeitsunfällen in Bezug auf Gesichtsschädelverletzungen befassen, ist sehr gering ^{32,60-62}. Menschliche Fehler, Defekte an Maschinen und unsachgemäßer Gebrauch sind die drei Hauptgründe für Arbeitsunfälle. Letzterer kann durch mangelnde Anleitung und/oder aufgrund mangelnden Trainings auftreten ^{5,62}. Auch der Alkoholkonsum kann bei diesen Fehlern eine Rolle spielen ⁵.

2.7. Frakturlehre und klinische Frakturzeichen

Im Lehrbuch wird eine Fraktur wie folgt definiert: Eine Fraktur ist die Kontinuitätstrennung eines Knochens durch Krafteinwirkung. Dabei unterscheidet man die traumatische Fraktur, die pathologische oder Spontanfraktur und den Ermüdungsbruch. Bei einer traumatischen Fraktur bricht ein gesunder Knochen durch eine Einwirkung mit hoher, kurz wirkender Kraft. Die pathologische Fraktur tritt bei geschwächtem oder vorgeschädigtem Knochen auf, wobei die Krafteinwirkung nicht besonders hoch sein muss. Es reicht teilweise die sonst physiologische Kaulastung, um eine Fraktur auszulösen. Auch beim Ermüdungsbruch ist die Krafteinwirkung gering, aber durch lang einwirkende, sich wiederholende Traumata kommt es zur Fraktur ¹⁷.

Ein weiteres Einteilen der Frakturen ist nach der Bruchmechanik möglich. Folgende Tabelle (Tab. 2) gibt über die verschiedenen Brucharten Aufschluss:

Frakturart	Auftreten
Biegungsbrüche	Bevorzugt Jochbogen und Unterkiefer
Stauchungsbrüche	Häufig im Mittelgesicht, am Ramus mandibulae und Caput mandibulae
Abscherungsbrüche	Wenn über einem abgestützten Knochenteil (z.B. Gelenkkopf in der Pfanne), Kraft und Gegenkraft zur Abscherung führen
Abrissfrakturen	Ausriss von Knochenteilen an Muskel- bzw. Sehnenansätzen
Defektfrakturen	Es fehlen Knochenteile (z.B. bei Schussverletzungen)

Tab. 2: Einteilung Frakturarten nach der Bruchmechanik ¹⁷

Die klinische Inspektion des Patienten offenbart Frakturen bei sichtbaren Dislokationen, zum Beispiel die Abflachung der Jochbeinprominenz oder die Asymmetrie des Unterkiefers ¹⁷. Aber auch andere Deformationen, Schwellungen, Hämatome, tastbare Stufen und pathologische Beweglichkeit gehören zu den klinischen Frakturzeichen ¹⁷. Eine Stufenbildung vor allem in der periorbitalen Region sowie im Bereich der Crista zygomatico alveolaris, eine abnorme Beweglichkeit des Oberkiefers oder der Nase und eine gestörte Okklusion, geben Hinweise für das Vorhandensein einer Mittelgesichtsfraktur ¹⁴. Die in der Regel bei Jochbeinfrakturen vorhandene Dislokation wird durch die Richtung des Kraftvektors bestimmt. In Abhängigkeit davon kommt es zur Rotation und/oder kaudal und dorsal gerichteten Dislokation des Jochbeins ⁶³. Die Dislokation des Jochbeins folgt damit zuerst der Richtung der Krafteinwirkung und dann sekundär dem Zug des M. masseter ⁶⁴. Bei der gezielten Palpation solcher Stufen, die auf Dislokationen deuten, hilft der oft prominente Druckschmerz über der Fraktur ¹⁷.

2.8. Bildgebung

In der heutigen Zeit ermöglicht eine ausreichend bildgebende röntgenologische Diagnostik eine exakte Erkennung aller Frakturen und erlaubt damit eine weitreichende Therapieplanung ^{5,65}.

2.8.1. Konventionelle Röntgendiagnostik

Durch die konventionelle, zweidimensionale Röntgenaufnahme ist es möglich, einen schnellen Überblick über das Ausmaß der Schädigungen knöcherner Strukturen zu bekommen. Dabei werden in der Regel auch die knöchernen Nachbarstrukturen des Schädels dargestellt ^{5,66}.

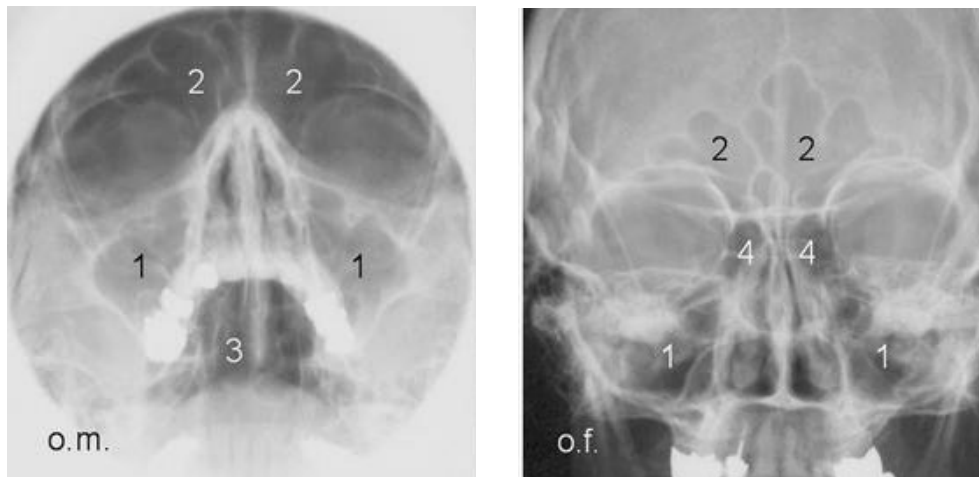


Abb. 5: NNH-Aufnahme in o.m. (links) und o.f. (rechts), Kieferhöhlen (1), Stirnhöhlen (2), Keilbeinhöhle (3), Siebbeinzellen (4) ⁶⁷



Abb. 6: OPTG simuliert aus DVT der Kontrollgruppe; Pfeil zeigt Unterkieferfraktur

Zweidimensionale Aufnahmen, um das Mittelgesicht darzustellen, sind zum Beispiel die Nasennebenhöhlen-Aufnahmen (halbaxiale oder auch okzipitomentale (o.m.) und okzipitofrontale (o.f.) Schädelaufnahme) (Abb. 5), die Henkeltopfaufnahme (axiale

Schädelaufnahme), die seitliche Schädelaufnahme und das Orthopantomogramm (OPTG, Panoramaschichtaufnahme) (Abb. 6) ^{5,15,66–68}.

Gerade das OPTG ist bei Unterkieferfrakturen und dentoalveolären Frakturen das Bild der Wahl. Außerdem stehen die Unterkieferaufnahme nach Clementschitsch, die Zahnfilme und die Aufbissaufnahmen als diagnostische Mittel zur Verfügung ¹⁵.

2.8.2. Dreidimensionale Röntgendiagnostik

Die konservative Röntgentechnik ist vor allem bei multiplen Frakturen von der heute als Goldstandard der pathologisch-anatomischen Diagnostik geltenden Computertomographie (CT) abgelöst worden ^{15,67}. Das CT kann die knöchernen Strukturen dreidimensional und damit überlagerungsfrei darstellen ⁶⁹. Sie gehört damit zur Standarddiagnostik bei einer Schädelbasisfraktur, einer komplizierten Mittelgesichtsfraktur oder größeren Verletzungen des Gesichts, wenn der klinische Verdacht einer Fraktur vorliegt ^{5,66,70}.

Als Alternative zum CT eignet sich laut DGZMK s2k Leitlinie auch die dentale digitale Volumentomographie (DVT) für die Frakturdiagnostik (Abb. 7) ⁷¹. Im Vergleich zum CT weist das DVT eine geringere Strahlenbelastung auf, hat eine höhere Auflösung und ist weniger anfällig für Metallartefakte verursacht durch Implantate oder Zahnersatz ⁷⁰. Die Weichgewebisdarstellung ist damit etwas verändert und im CT besser dargestellt ⁷⁰. Ein weiterer Vorteil birgt das CT bei bewusstlosen Patienten, da es im Liegen durchgeführt werden kann und gerade bei multiplen Verletzungen größere Bereiche als nur der Kopf mitgefahren werden können ¹⁴. Die Abrechnung eines DVTs ist bis heute nicht über die gesetzliche Krankenkasse möglich, daher wird häufig auf das CT zurückgegriffen ⁷².

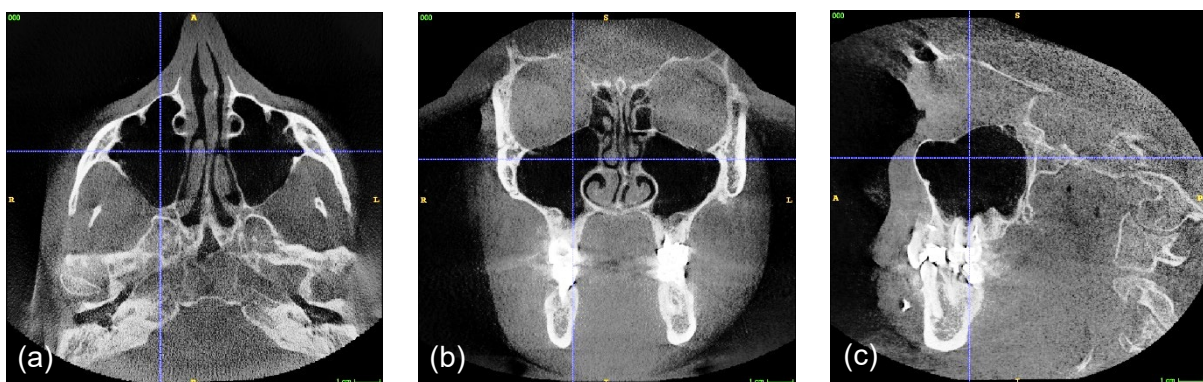


Abb. 7: DVT aus der Kontrollgruppe in (a) axialer, (b) koronaler und (c) sagittaler Ansicht

2.8.3. Alternative Bildgebende Verfahren

Als Nasennebenhöhlendiagnostik haben Sonographie und nuklearmedizinische Methoden nur einen sehr begrenzten diagnostischen Wert. Sie werden daher kaum noch eingesetzt. Die Szintigraphie kann nützlich sein, wenn bei chronisch entzündlichen oder malignen Erkrankungen eine Beteiligung des Gesichtsschädels abzuklären ist ⁶⁷.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) wird auch aufgrund der medizinisch-diagnostisch bedingten Strahlenexposition der Bevölkerung herangezogen, um Indikationen zu finden, bei denen die CT durch die MRT ersetzt werden kann ⁶⁷. Allerdings konnte sich bislang nur für die Tumordiagnostik eine klare klinische Indikation zur MRT-Untersuchung der NNH etablieren ⁷³. Dabei spielt der Weichteilkontrast eine übergeordnete Rolle ⁷³. Für Frakturgeschehnisse ist das MRT nicht geeignet, da kompakte Knochenstrukturen in der MRT prinzipiell nicht „positiv“, sondern „negativ“ (schwarz) abgebildet werden. Diese Darstellung wird häufig als unübersichtlich empfunden und von vielen Chirurgen nicht akzeptiert ⁶⁷.

2.9. Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen

Mittelgesichtsfrakturen werden Frakturen des Gesichtsskelettes mit Ausnahme der Mandibula genannt. Häufig treten Frakturen des Jochbeins in Verbindung mit Frakturen der fazialen Kieferhöhlenwand und des medialen Orbitabodens auf. Man spricht heute in solchen Fällen von lateralen Mittelgesichtsfrakturen ¹⁷.

2.9.1. Klassifikation nach Le Fort

Im Jahr 1901 klassifizierte der französische Arzt René Le Fort die Bruchlinien entlang der anatomischen Schwachpunkte und unterteilte sie in drei Mittelgesichtsfrakturen, bekannt als Le Fort I bis III (Abb. 8) ⁷⁴. Diese klassische Einteilung wird in Lehrbüchern immer noch gelehrt, wird aber in der Klinik nur noch selten gebraucht ^{5,65}. Die Einteilung wird wie folgt definiert:

- Le Fort I: Die Bruchlinie zieht quer durch die Maxilla oberhalb des harten Gaumens: Abriss des Oberkiefers unter Verletzung der Integrität der Kieferhöhle: sog. Unterer Querbruch

- Le Fort II: Die Bruchlinie zieht quer über Nasenwurzel, Ossa ethmoidalia, Ossa maxillaria und Ossa zygomatica. Die Integrität der Orbita wird bei diesem sog. Pyramidenbruch zerstört.
- Le Fort III: Der Gesichtsschädel wird von der Schädelbasis abgerissen. Die Hauptbruchlinie zieht durch die Orbitae, es können noch Siebbeine, Stirnhöhlen, Keilbeinhöhlen und Jochbeine mit betroffen sein. ¹¹

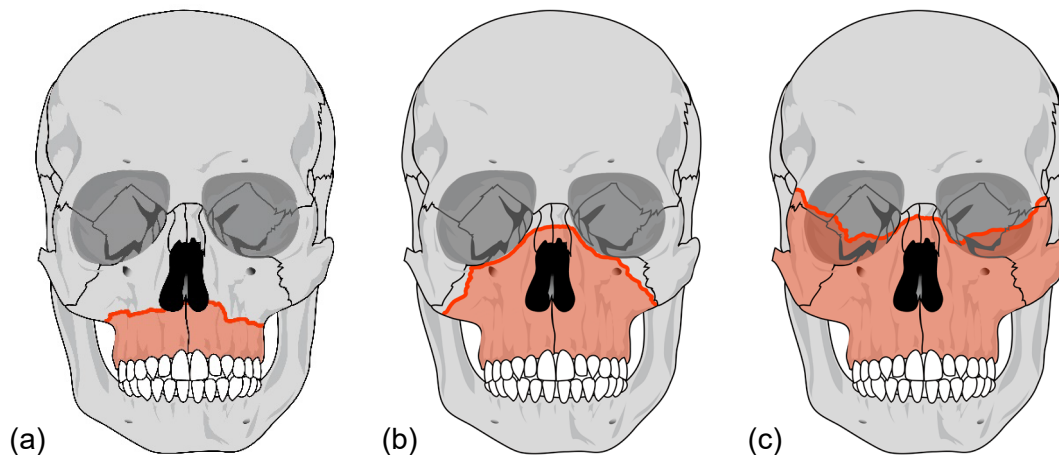


Abb. 8: Bruchlinien bei Mittelgesichtsfrakturen in der Einteilung nach Le Fort, (a) I, (b) II, (c) III. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb E, S. 15 aus Prometheus ¹¹

2.9.2. Klassifikation nach Knight und North

1960 veröffentlichten J.S. Knight und J.F. North ebenfalls eine heute noch sehr bekannte Einteilung von Mittelgesichtsfrakturen. Diese beziehen sich vor allem auf laterale Frakturen und unterschieden sechs Gruppen (Tab. 3) ¹⁰:

Klassifikation nach Knight und North von 1960	
Typ	Frakturmuster
Gruppe 1	Nicht dislozierte Frakturen
Gruppe 2	Jochbogenfrakturen
Gruppe 3	Nicht rotierte, dislozierte Jochbeinfrakturen
Gruppe 4	Nach medial rotierte, dislozierte Jochbeinfrakturen
Gruppe 5	Nach lateral rotierte, dislozierte Jochbeinfrakturen
Gruppe 6	Frakturen größeren Ausmaßes

Tab. 3: Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Knight und North ¹⁰

2.9.3. Klassifikation nach Schwenzer und Steinhilber

Die meisten in der klinischen Praxis vorkommenden Frakturen sind eher komplexe Brüche, häufig auch mit Zertrümmerungen und großen Defekten⁶⁶. Mittelgesichtsfrakturen werden daher heute nach ihrer generellen Lokalisation eingeteilt. Man unterscheidet danach laterale von zentrolateralen und zentralen Mittelgesichtsfrakturen^{17,75}.

Die Klassifikation nach Schwenzer und Steinhilber von 1974 (Tab. 4) beinhaltet nicht nur die klassischen Mittelgesichtsfrakturen, sondern erfasst auch Jochbein-, Nasen- und Orbitafrakturen⁶⁶.

Klassifikation nach Schwenzer und Steinhilber von 1974	
Lokalisation	Frakturtyp
zentral	Oberkiefer-Alveolarfortsatz-Fraktur Oberkiefer-Querfraktur (Le Fort I) Oberkiefer-Sagittalfrakturen, Gaumensegelfrakturen Hohe Pyramidalfrakturen (Le Fort II) Tiefe Pyramidalfrakturen Nasenbeinfrakturen, Nasoethmoidalfrakturen
lateral	Jochbeinfrakturen Jochbogenfrakturen Orbitabodenfrakturen, Orbitarandfrakturen
zentrolateral	Hohe Mittelgesichtsfraktur (Le Fort III) Tiefe Mittelgesichtsaussprengung Kombinationsfrakturen, Trümmerfrakturen

Tab. 4: Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Schwenzer und Steinhilber⁶⁶

2.9.4. Klassifikation nach Herzog und Austermann

Herzog und Austermann beschrieben eine ähnliche Klassifikation, teilten dabei aber die lateralen Mittelgesichtsfrakturen genauer ein (Tab. 5). Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes, nicht isolierte Jochbeinfrakturen oder oft auch Tripoid Frakturen genannt, definieren sich über Brüche nahe den Suturen des Os zygomaticum (sutura zygomaticofrontalis, -maxillaris, -temporalis und -sphenoidalis). Deutlich unterscheiden zu diesen sind isolierte Frakturen des Mittelgesichts, wie beispielweise Jochbogenfrakturen oder Orbitawandfrakturen⁷⁶.

Klassifikation nach Herzog und Austermann von 2000	
Lokalisation	Frakturtyp
zentral	Alveolarfortsatz (dentoalveolärer Komplex) Frakturen nach Typ Le Fort I Frakturen nach Typ Le Fort II Nasenskelettfrakturen (nasomaxillärer Komplex) Frakturen des nasoethmoidalen Komplexes Irreguläre Frakturen, Teil- und Defektfrakturen
lateral	Isolierte Jochbeinfrakturen Frakturen des zygomaticomaxillären Komplexes Isolierte Jochbogenfrakturen Komplexe Jochbein-Jochbogenfrakturen Frakturen des lateralen Orbitarands Orbitawandfrakturen
zentrolateral	Frakturen nach Typ Le Fort III

Tab. 5: Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Herzog und Austermann ⁵

2.9.5. Klassifikation nach ICD

Heutzutage gibt es zur Einteilung von Krankheiten und damit auch Frakturen aber nur eine international gültige und verbreitete Klassifikation ⁷⁷. Auf der Website der International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD) wird die Rolle der Organisation wie folgt beschrieben: Die International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems dient weltweit einem breiten Anwendungsspektrum und liefert kritisches Wissen über das Ausmaß, die Ursachen und die Folgen von menschlichen Krankheiten und Todesfällen weltweit über Daten, die mit dem ICD gemeldet und kodiert werden. Klinische Begriffe, die mit ICD kodiert sind, sind die Hauptgrundlage für die Erfassung des Gesundheitszustands und Statistiken über Krankheiten in der primären, sekundären und tertiären Gesundheitsversorgung sowie für Todesursachenbescheinigungen ⁷⁸.

Seit dem 1. Januar 2022 ist die elfte Revision der ICD offiziell in Kraft. In Deutschland wird sie jedoch noch nicht angewendet. Die ICD-11 muss dafür zunächst übersetzt, modifiziert und in die hierzulande bestehenden Strukturen integriert werden. Derzeit gültig ist die Klassifikation ICD-10-GM Version 2023, wobei „GM“ für „German Modification“ steht ^{79,80}.

Nach dieser Version gibt es folgende Einteilung für Frakturen im Mittelgesicht (Tab. 6):

Einteilung nach ICD-10-GM Version 2023	
Kode	Frakturtyp
S02.1	Schädelbasisfraktur Orbitadach Os occipitale Os sphenoidale Os temporale mit Ausnahme der Pars squamosa Schädelgrube: hintere, mittlere, vordere Sinus ethmoidalis Sinus frontalis
S02.2	Nasenbeinfraktur
S02.3	Fraktur des Orbitabodens Blow-out-Fraktur
S02.4	Fraktur des Jochbeins und des Oberkiefers Maxilla Oberkiefer (-Knochen) Os zygomaticum
S02.5	Zahnfraktur Gebrochener Zahn
S02.6-	Unterkieferfraktur Mandibula Unterkiefer (-Knochen)
S02.60	Teil nicht näher bezeichnet
S02.61	Processus condylaris
S02.62	Subkondylär
S02.63	Processus coronoideus
S02.64	Ramus mandibulae, nicht näher bezeichnet
S02.65	Angulus mandibulae
S02.66	Symphysis mandibulae
S02.67	Pars alveolaris
S02.68	Corpus mandibulae, sonstige und nicht näher bezeichnete Teile
S02.69	Mehrere Teile
S02.7	Multiple Frakturen der Schädel- und Gesichtsschädelknochen
S02.8	Frakturen sonstiger Schädel- und Gesichtsschädelknochen Alveolarfortsatz Gaumen Orbita o.n.A.
S02.9	Fraktur des Schädels und der Gesichtsschädelknochen, Teil nicht näher bezeichnet Gesicht o.n.A.

Tab. 6: Auszug aus ICD-10-GM Version 2023 S02.1-S02.9 Gesichtsschädelfrakturen ⁸¹

2.10. Messverfahren für Kieferhöhlen

Schon in diversen anderen Studien wurden Kieferhöhlen vermessen^{22,82-89}. 1974 haben Aust und Drettner in ihrer Studie die Größe der Kieferhöhlen ermittelt. Damals basierten die ermittelten Ergebnisse auf der Messung von Druckerhöhung im Sinus maxillaris bei offenem Ostium, wenn ein kurzer Luftstrom durch die Kieferhöhle geschickt wird⁸². Heutzutage sind die Grundlage für die Vermessungen fast ausschließlich DICOM Datensätze aus CT- oder DVT-Aufnahmen^{22,83-89}. Der DICOM Standard ermöglicht den Austausch von diagnostischen und therapeutischen Informationen, Bildern und damit zusammenhängenden Daten jeder Art⁹⁰. Damit können in diversen Programmen Aufnahmen vermessen werden, egal welche Eigenschaften die Einzelbilder des Datensatzes haben.

Durch die Darstellung der Datensätze in axialer, koronaler und sagittaler Ansicht können lineare Messungen durchgeführt werden. Durch die anspruchsvolle Anatomie ist dies aber in diversen Studien ganz unterschiedlich durchgeführt worden⁸⁵⁻⁸⁹.

Um einen Raum mit nicht mathematisch einwandfreier Geometrie fassen und vergleichen zu können, bedarf es einer volumetrischen Messung. Es kamen deshalb häufig andere Messmethoden zum Einsatz. Dabei wurde auf Grundlage der Voxelgröße ein vorher abgestecktes Volumen berechnet. Ein Voxel ist ein Pixel mit einer dritten Dimension (Abb. 9)⁹¹. Die Informationen über die Dimensionen der Voxel jedes Datensatzes sind im Datensatz hinterlegt und werden dann für die Volumenberechnung des jeweiligen Programms herangezogen.

Um die Kieferhöhlen von den angrenzenden Strukturen abzugrenzen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Zwei Beispiele aus vergangenen Studien sind die Threshold Methode²² und die Slicing Methode⁸³.

Bei der Threshold Methode wird über einen Schwellenwert festgelegt ab welcher Graustufe der einzelnen Voxel die Strukturen zur Kieferhöhle gehören und welche die umgebenen knöchernen Begrenzungen sind. Dann wird virtuell ein sich ausdehnender Körper in den Bereich der Kieferhöhle gesetzt und gewartet bis diese vollständig ausgefüllt ist. Der dabei entstandene Körper bildet nun das Innere des Sinus maxillaris ab und hat eine gewisse Voxelanzahl, aus der dann das Volumen der Kieferhöhle abgelesen werden kann.

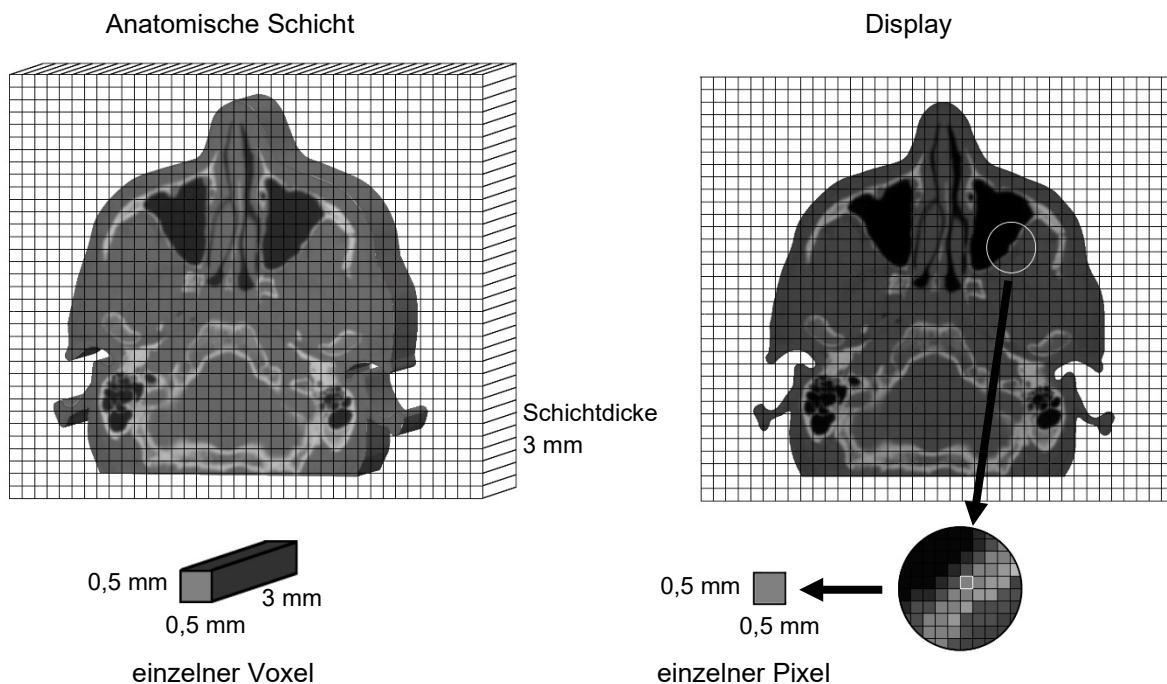


Abb. 9: Voxel versus Pixel. Hier Beispiel: Dimensionen des Voxels $0,5 \times 0,5 \times 3$ mm, da die Schichtdicke des zu Grunde liegenden CTs / DVTs 3 mm beträgt.

Um die Slicing Methode anzuwenden, muss der Untersuchende Schicht für Schicht die Grenze der Kieferhöhle in den zweidimensionalen Ansichten des Volumens einzeichnen. Wenn das in allen drei Ansichten (axial, koronal und sagittal) passiert ist, entsteht ein dreidimensionales Gerüst, aus dem der Computer dann einen Körper modellieren kann. Die Größe berechnet dann das Programm auch hier mit Hilfe der Voxelanzahl.

Es gibt heute eine Vielzahl von Möglichkeiten der Volumenabgrenzung in verschiedenen Programmen, besonders auch automatisierte Verfahren, bei denen kaum oder gar kein menschlicher Input von Nöten ist. Deep Learning und Künstliche Intelligenz spielen dabei eine wichtige Rolle und kommen heute immer mehr zum Einsatz ^{84,85,92}.

2.11. Fragestellung und Ziel der Arbeit

Die vorliegende Dissertation baut auf Ergebnissen einer Studie von Buller, Kreppel et al. auf, bei der das Vorhandensein des Einflussfaktors von anatomischer Größenvarianz des Sinus frontalis auf die Frakturausprägung bei einem Trauma der Stirnregion nachgewiesen wurde ⁹³.

Die Ergebnisse zeigen dort, dass eine größere Ausdehnung des Sinus frontalis zu einem erhöhten Risiko für Stirnhöhlenfrakturen führt⁹³. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Stirnregion auch auf die Mittelgesichtsregion, bzw. den Sinus maxillaris, übertragen werden können.

Daher sollen in der vorliegenden Arbeit die Größen der beiden Sinus maxillaris bei Patienten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen untersucht werden. Dabei wird die anatomische Nähe und Ausdehnung der Kieferhöhlen herangezogen, um die Stabilität des Mittelgesichts, bzw. des zygomaticomaxillären Komplexes, zu untersuchen.

Das Ziel der Studie liegt somit darin, herauszufinden, ob die Größe des Sinus maxillaris einen anatomischen Risikofaktor für laterale Mittelgesichtsfrakturen darstellt. Dafür wird die folgende Hypothese aufgestellt: Patienten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen haben größere Kieferhöhlen als Patienten der Kontrollgruppe. Dem zugrunde liegt der Vergleich der radiometrisch ermittelten Kieferhöhlengrößen von Patienten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen, genauer Jochbein-, Orbitaboden und isolierte Jochbogenfrakturen, und einer Kontrollgruppe mit intaktem, gesundem Mittelgesichtsschädel.

3. Material und Methoden

Die Ethikkommission der Universität zu Köln hat für dieses retrospektive Forschungsvorhaben der Antragsnummer 21-1097 festgestellt, dass keine Bedenken gegen die Studie und die Promotionsarbeit bestehen.

3.1. Studienablauf

In der folgenden Abbildung (Abb. 10) wird der Ablauf der Studie beschrieben:

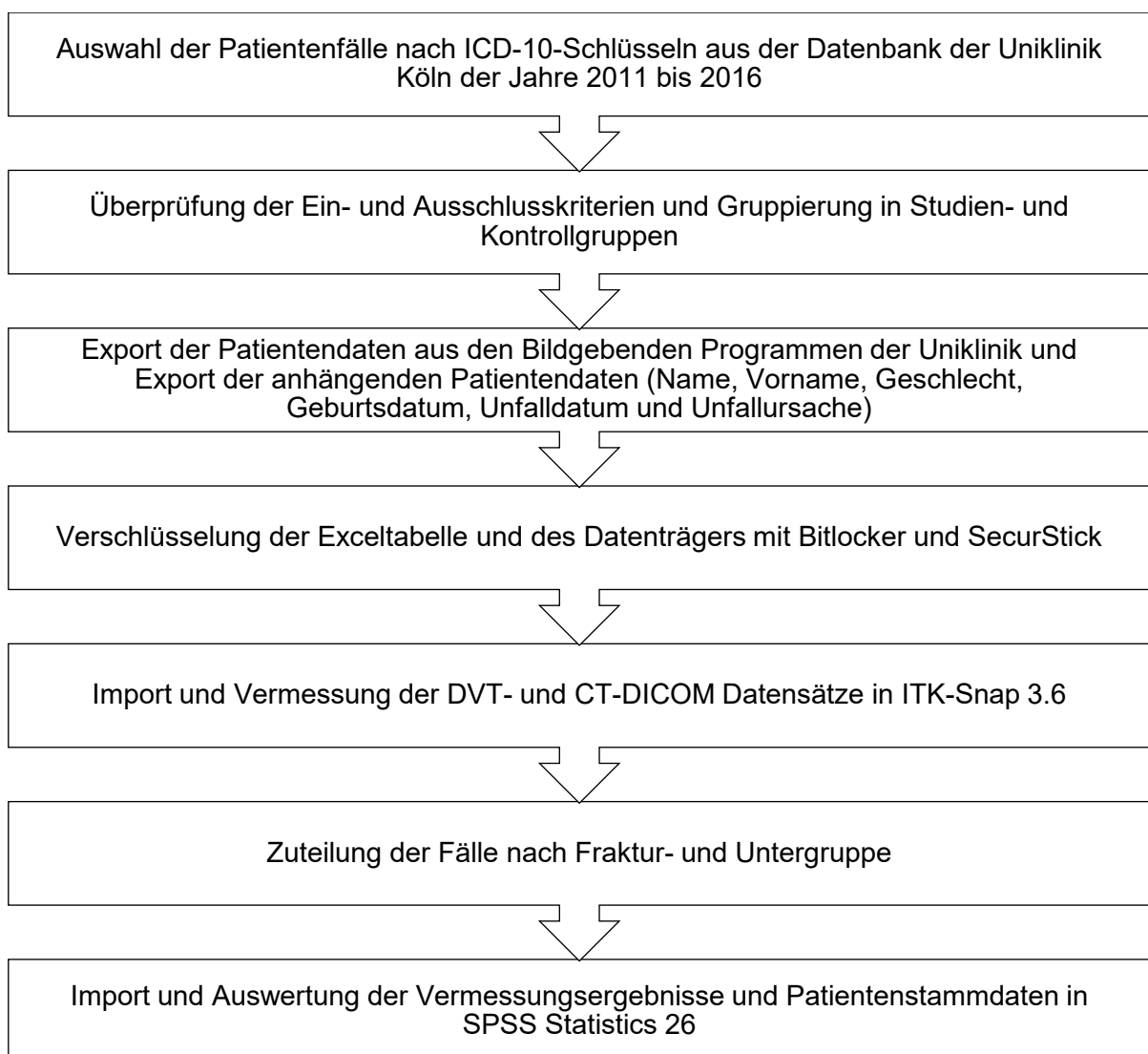


Abb. 10: Ablauf Studie

3.2. Material

Die Fälle wurden aus allen Patienten aus der Datenbank der Uniklinik Köln ausgewählt, die in den Jahren 2011 bis 2016 mit der Diagnose ICD-10-Schlüssel⁷⁷ S02.3 (Orbitabodenfrakturen), S02.4 (Jochbeinfrakturen und isolierte Jochbogenfrakturen) und S02.6 (Unterkieferfrakturen) operativ behandelt wurden.

3.2.1. Auswahl der Patientenfälle

Einschlusskriterien

1. Männliche und weibliche Patienten zwischen 15 und 65 Jahren
2. Personen mit bezahntem Oberkiefer
3. Radiologisch korrekte und zur Studien- und Kontrollgruppe passende Frakturdiagnose
4. Auswertbares dreidimensionales Röntgenbild (DVT oder CT)

Ausschlusskriterien

1. Schleimhautverdickung oder Flüssigkeitsansammlung in der gesunden Kieferhöhle
2. Schlechte Qualität der Bildgebung (z.B. schlechter Kontrast oder zu viele Artefakte)
3. Komplexe Frakturgeschehen, die nicht zu den Frakturen des zygomatikomaxillären Komplexes, Jochbogen- oder Orbitabodenfrakturen gehören

Das Wachstum des Oberkiefers, also der Maxilla und des os zygomaticum, gilt bei Frauen mit 14 Jahren und bei Männern mit 15 Jahren als abgeschlossen^{94,95}. Die Altersgrenze wurde entsprechend auf 15 Jahre gelegt. Die Diagnosen der Frakturen wurden durch CT- oder DVT-Aufnahmen gestellt und danach in Frakturgruppen eingeteilt. Die Patienten mit lateralen Mittelgesichtsfrakturen, genauer Frakturen des zygomatikomaxillären Komplexes sowie isolierte Jochbogen- und Orbitabodenfrakturen, wurden als Studiengruppen und die Patienten mit Unterkieferfrakturen wurden als Kontrollgruppe behandelt. Die Erhebung der Patientendaten umfasst die Variablen Name, Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum, Unfalldatum und Unfallursache.

3.2.2. Anonymisierung und Verschlüsselung

Vor dem Datentransport wurden die Daten in einer verschlüsselten Exceltabelle in der Uniklinik Köln gespeichert. In dieser wurde eine Pseudoanonymisierung jedes Patientendatensatzes durch die Vergabe einer Identifikationsnummer durchgeführt, die sich aus einer dreistelligen Nummer und einem Code für die Frakturgruppe zusammensetzt. Ebenso wurden alle als DICOM-Dateien aus den Programmen IMPAX und SIDEXIS exportierten DVT- und CT-Datensätze mit der zugehörigen Identifikationsnummer anonymisiert.

Für den Transport der pseudoanonymisierten Daten kam eine doppelte Verschlüsselung zum Einsatz. Der Datenträger wurde mit Hilfe von Windows BitLocker⁹⁶ und in der zweiten Ebene durch ein Tool namens SecurStick verschlüsselt. Das Programm SecurStick für Windows, Mac OS X und Linux ist im Rahmen des c't-Artikels Verschlüsseldienst entstanden und ermöglicht das Verschlüsseln mit AES-256-Verschlüsselung von Daten auf USB-Sticks und anderen Datenträgern⁹⁷.

3.2.3. Auswertung und Analyse

Die radiometrischen Messungen der anatomischen Strukturen wurden anhand von exportierten DICOM Datensätzen mit dem Programm ITK-Snap in der Version 3.6 durchgeführt. ITK-SNAP ist eine Software zur Segmentierung von Strukturen aus medizinischen 3D-Bildern, die von Paul Yushkevich, Ph.D., vom Penn Image Computing and Science Laboratory an der University of Pennsylvania und Guido Gerig, Ph.D., vom Scientific Computing and Imaging Institute an der University of Utah entwickelt wurde^{98,99}.

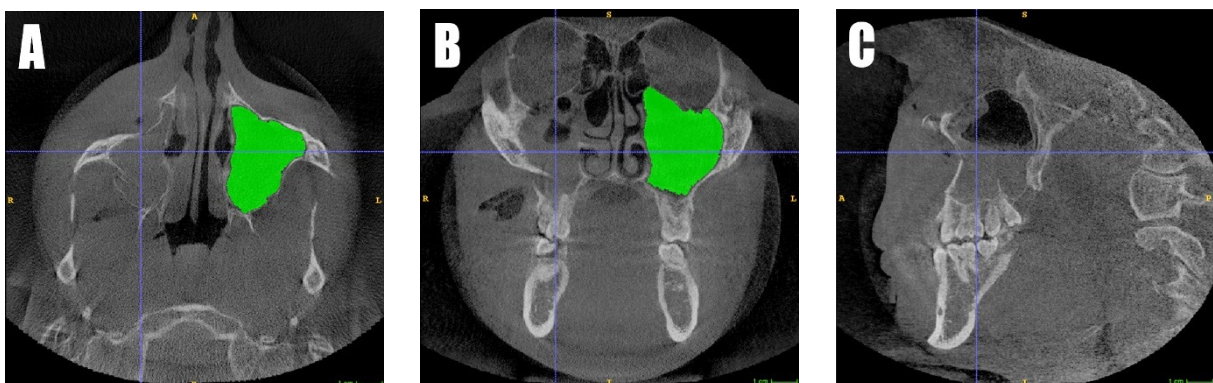


Abb. 11: DVT-Aufnahme mit stark dislozierter Jochbeinfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün)¹⁰⁰

Die anonymisierten Patienteninformationen wurden zusammen mit den Messdaten, die mit ITK Snap erhoben wurden, in der Software IBM SPSS Statistics¹⁰¹ in der Version 26 gesammelt und statistisch ausgewertet. IBM® SPSS Statistics ist eine leistungsfähige statistische Softwareplattform zur statistischen Analyse von Daten¹⁰².

3.3. Methoden

Um genaue Messungen durchzuführen, wurde sichergestellt, dass die vorliegenden CTs und DVTs in allen Ebenen korrekt ausgerichtet waren. War dies nicht der Fall, wurde die Ausrichtung nachträglich durchgeführt. In der axialen Ansicht sollten die Kiefergelenke und in der koronalen Ansicht die Ansatzpunkte des Jochbogens auf einer horizontalen Linie liegen. Über die sagittale Ansicht konnte die Frankfurter Horizontale überprüft, bzw. eingestellt werden. Die Frankfurter Horizontale oder auch Deutsche Horizontale wurde 1882 von Anthropologen in Frankfurt definiert und dient als Bezugsebene in der Zahnmedizin sowie als Einstellungsebene für viele MRT oder Röntgenaufnahmen¹⁰³. Sie verläuft vom Unterrand der Orbita bis zum Oberrand der äußeren Gehörgänge¹⁰³.

Erst danach wurden die Sinus maxillares aller Röntgenaufnahmen linear vermessen, um die Kieferhöhlenbreite, -höhe und -tiefe zu ermitteln. Breite und Höhe wurden in der koronalen Ansicht des Programms vermessen. Dabei kam die Schicht zum Einsatz, in der der Ansatzpunkt des Jochbogens liegt. Die Messungen bilden jeweils die größte Strecke in Breite und Höhe orthogonal zueinander. Die Tiefe wurde dann entsprechend in der sagittalen Ansicht gemessen (Abb. 13 B und C).

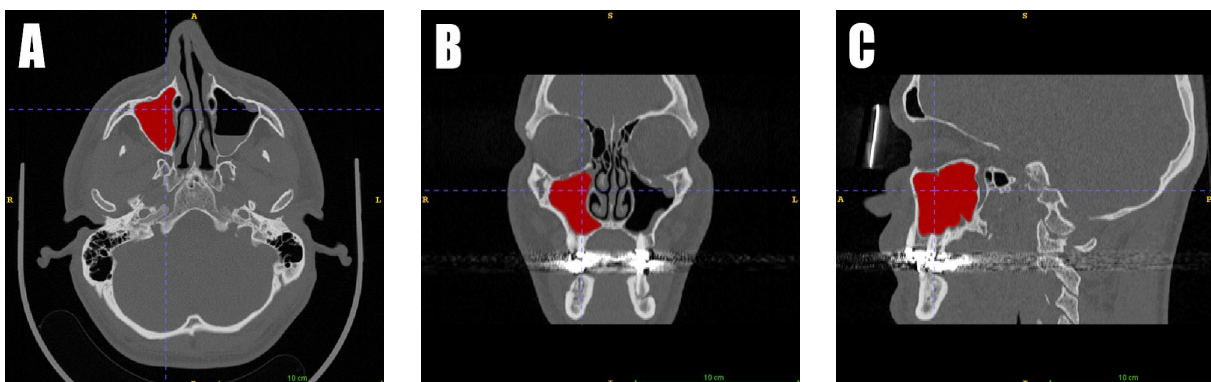


Abb. 12: CT-Aufnahme mit wenig dislozierter Orbitabodenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit rechtsseitig gemessenem Volumen (rot)

Das Volumen wurde mithilfe einer dreidimensionalen Segmentierung über die Thresholding Methode bestimmt. Dabei legt man einen Schwellenwert fest, um die knöchernen Ränder der Kieferhöhlen besser von den umgebenen Strukturen abgrenzen zu können. Dann wird ein sich ausdehnender Körper in den Bereich gesetzt und abgewartet bis die Kieferhöhle vollständig ausgefüllt ist. Der dabei entstandene Körper entspricht nun dem Volumen der Kieferhöhle (Abb. 11 (grün), Abb. 12 (rot) und Abb. 13 (rot und grün)). Über die Anzahl der Voxel, aus denen der Körper besteht, kann so das Volumen abgelesen werden.

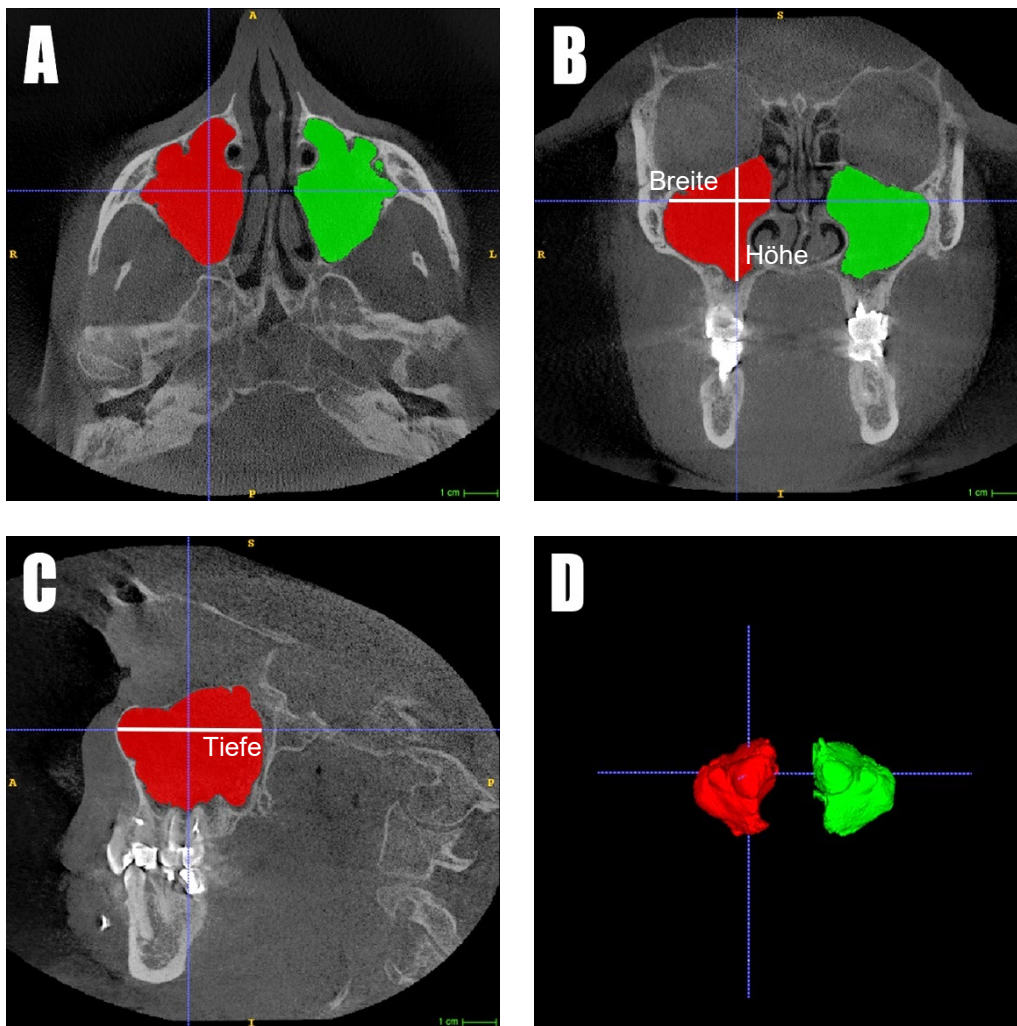


Abb. 13: DVT-Aufnahme aus der Kontrollgruppe in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt. D zeigt das gemessene Volumen des Sinus: Rechts (rot), links (grün) ¹⁰⁰

In den verschiedenen Gruppen kam es vor, dass sich durch den Einfluss der Fraktur auf einer Seite des Schädels eine Kieferhöhlenseite verschattet dargestellt hat. Auf dieser „erkrankten“ Seite konnte dann kein Volumen ermittelt werden. Bei diesen Fällen wurde nur das Volumen der „gesunden“ Seite verwendet. Um die Gruppen vergleichen zu können, wurde jeweils dort,

wo beide Seiten verwendet werden konnten, ein Durchschnitt aus den Messwerten der rechten und linken Seite gebildet.

Die Gruppen Jochbeinfrakturen, isolierte Jochbogenfrakturen und Orbitabodenfrakturen wurden nach dem Ausmaß der Dislokation der Fraktur jeweils in drei Untergruppen aufgeteilt. Bei einer Dislokation von ≥ 3 mm wurde eine hohe Dislokation zugeordnet, unterhalb dieses Wertes eine geringe Dislokation, beziehungsweise keine Dislokation. Für alle verschiedenen Frakturgruppen mit den verschiedenen Dislokationsgraden sind beispielhaft, neben Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 13, Abbildungen im Anhang zu finden (Abb. 20-24).

Bei nominalen Variablen wurden Chi-Quadrat-Tests durchgeführt. Ungepaarte bzw. gepaarte t-Tests dienen für Gruppenvergleiche hinsichtlich metrischer Variablen. Außerdem wurde die Pearson Korrelation eingesetzt, um den Zusammenhang zwischen zwei metrischen Variablen zu beschreiben. Das Konfidenzintervall und damit die statistische Signifikanzgrenze wurde für alle Tests auf 95%, bzw. $p < 0,05$ festgelegt. Es wurde zweiseitig getestet.

4. Ergebnisse

Bei der retrospektiven Datenbankanalyse wurden 89 Fälle mit Jochbeinfrakturen, 39 Fälle mit Orbitabodenfrakturen, 16 Fälle mit isolierten Jochbogenfrakturen und 110 Fälle mit Unterkieferfrakturen ermittelt (Tab. 7 und Abb. 14). In allen Gruppen waren die Patienten eher jünger (Durchschnittsalter 29 bis 35 Jahre) und überwiegend männlich (77,3 % bis 93,8 %) (Tab. 7).

Zur besseren Lesbarkeit sind die Gruppenbezeichnungen in allen folgenden Tabellen und Abbildungen abgekürzt worden.

Frakturgruppe		Jochbein	Orbitaboden	Jochbogen	Unterkiefer	
Fallzahlen	n	89	39	16	110	
nicht disloziert	n (%)	0 (0,00 %)	13 (33,3 %)	2 (12,5 %)		
wenig disloziert	n (%)	46 (51,7 %)	16 (41,0 %)	8 (50,0 %)		
stark disloziert	n (%)	43 (48,3 %)	10 (26,6 %)	6 (37,5 %)		
Alter	Mittelwert (Std. Abw.)	33 (\pm 12)	35 (\pm 13)	34 (\pm 15)	29 (\pm 11)	
Geschlecht	männlich	n (%)	71 (79,8 %)	30 (76,9 %)	15 (93,8 %)	85 (77,3 %)
	weiblich	n (%)	18 (20,2 %)	9 (23,1 %)	1 (6,3 %)	25 (22,7 %)

Tab. 7: Übersicht Frakturgruppen

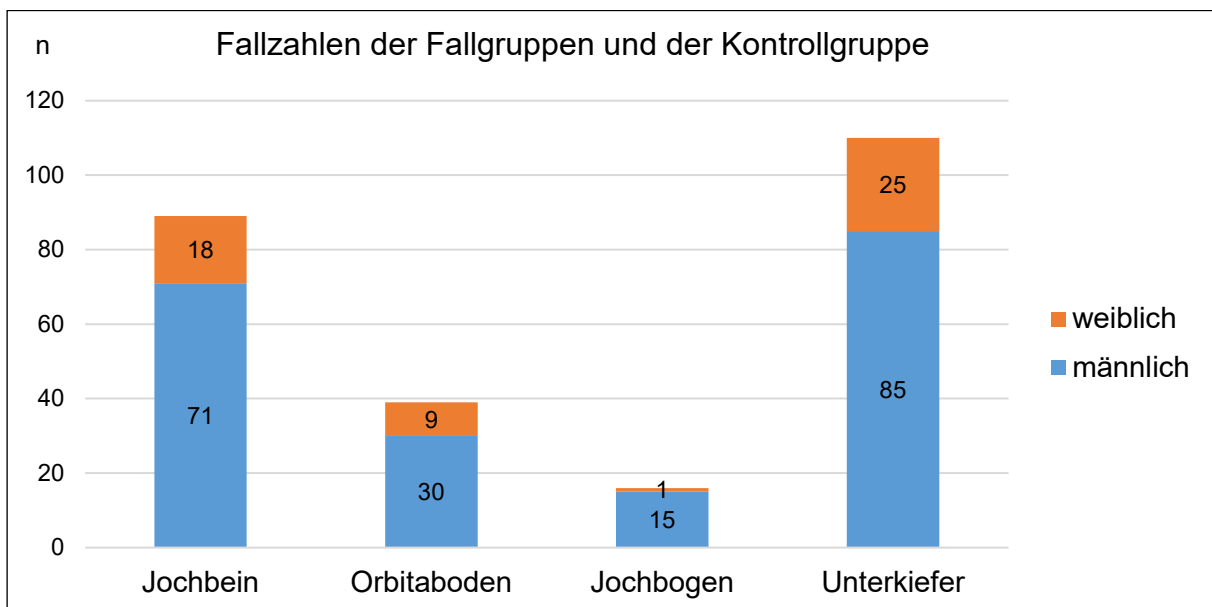


Abb. 14: Säulendiagramm Fallzahlen nach Frakturgruppen aufgeteilt nach Geschlecht

4.1. Seitenvergleich innerhalb der Kontrollgruppe

Um die gemessenen Größen innerhalb eines Individuums zu vergleichen, wurde der gepaarte t-Test in vier Paaren (Höhe, Breite, Tiefe, Volumen) für die Messwerte der rechten und linken Seite angewendet. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte und die Signifikanzwerte aus der Gruppe der Unterkieferfrakturen dargestellt. Die p -Werte zeigen, dass es einen Unterschied bei der Tiefe der Kieferhöhle zwischen dem Mittelwert der rechten und linken Seite gibt ($p = 0,033$). Alle anderen Variablen zeigen keinen signifikanten Unterschied (Tab. 8).

Frakturgruppe		Unterkiefer		p -Wert
Höhe, mm	Mittelwert (Std. Abw.)	rechts	35,46 ($\pm 5,40$)	0,469
		links	35,20 ($\pm 5,05$)	
Breite, mm	Mittelwert (Std. Abw.)	rechts	27,62 ($\pm 3,86$)	0,084
		links	27,16 ($\pm 3,62$)	
Tiefe, mm	Mittelwert (Std. Abw.)	rechts	39,54 ($\pm 4,23$)	0,033
		links	39,00 ($\pm 4,22$)	
Volumen, mm ³	Mittelwert (Std. Abw.)	rechts	17.629,15 ($\pm 4.987,84$)	0,886
		links	17.661,39 ($\pm 4.816,26$)	

Tab. 8: Seitenvergleich innerhalb der Kontrollgruppe

4.2. Vergleich Fallgruppen und Kontrollgruppe

Im Folgenden werden die Gruppen Jochbein-, Orbitaboden- und isolierte Jochbogenfrakturen als Studiengruppen betrachtet und diese mit der Kontrollgruppe der Unterkieferfrakturen verglichen.

Der Altersdurchschnitt in der Gruppe der Jochbein- und Orbitabodenfrakturen unterscheidet sich signifikant von der Kontrollgruppe ($p = 0,027$; $p = 0,006$). Allerdings zeigt die Pearson Korrelation von Alter und Sinusvolumen in der Kontrollgruppe keine Signifikanz ($p = 0,658$). Auch innerhalb der Studiengruppen zeigt diese Korrelation keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Alter und Größe der Kieferhöhle ($p = 0,728$; $p = 0,406$; $p = 0,493$). Bei der übrigen Fallgruppe der Jochbogenfrakturen gibt es keine signifikanten Altersunterschiede im Vergleich zur Kontrollgruppe ($p = 0,092$). Keine der Gruppen unterscheidet sich in der Verteilung des Geschlechts gegenüber der Kontrollgruppe ($p = 0,670$; $p = 0,964$; $p = 0,128$) (Tab. 9).

		Frakturgruppe	Unterkiefer	p-Wert	
Alter	Mittelwert (Std. Abw.)	Jochbein	33 (± 12)	0,027	
		Orbitaboden	35 (± 13)	29 (± 11)	0,006
		Jochbogen	34 (± 15)		0,092
Geschlecht	m (%) w (%)	Jochbein	71 (79,8 %) 18 (20,2 %)	85 (77,3 %) 25 (22,7 %)	0,670
		Orbitaboden	30 (76,9 %) 9 (23,1 %)		0,964
		Jochbogen	15 (93,8 %) 1 (6,3 %)		0,128

Tab. 9: Deskriptiver Vergleich Fall- und Kontrollgruppen

4.3. Ätiologie der Frakturgruppen

Die Ätiologie der Frakturen in den Studiengruppen ist in Tab. 10 und Abb. 15 dargestellt. In allen Gruppen und Untergruppen ist der Faustschlag der Hauptgrund für Frakturen des Mittelgesichts. Bei Jochbeinfrakturen folgen die Ursachen Stürze und Fahrradunfälle, bei Orbitabodenfrakturen sind es je nach Dislokationsgrad Stürze, Tritte und Fahrradunfälle. Die Ursachenverteilung bei isolierten Jochbogenfrakturen stellt sich auf den Plätzen zwei bis sieben aufgrund der geringen Fallzahlen gleichmäßig mit jeweils einem Fall da.

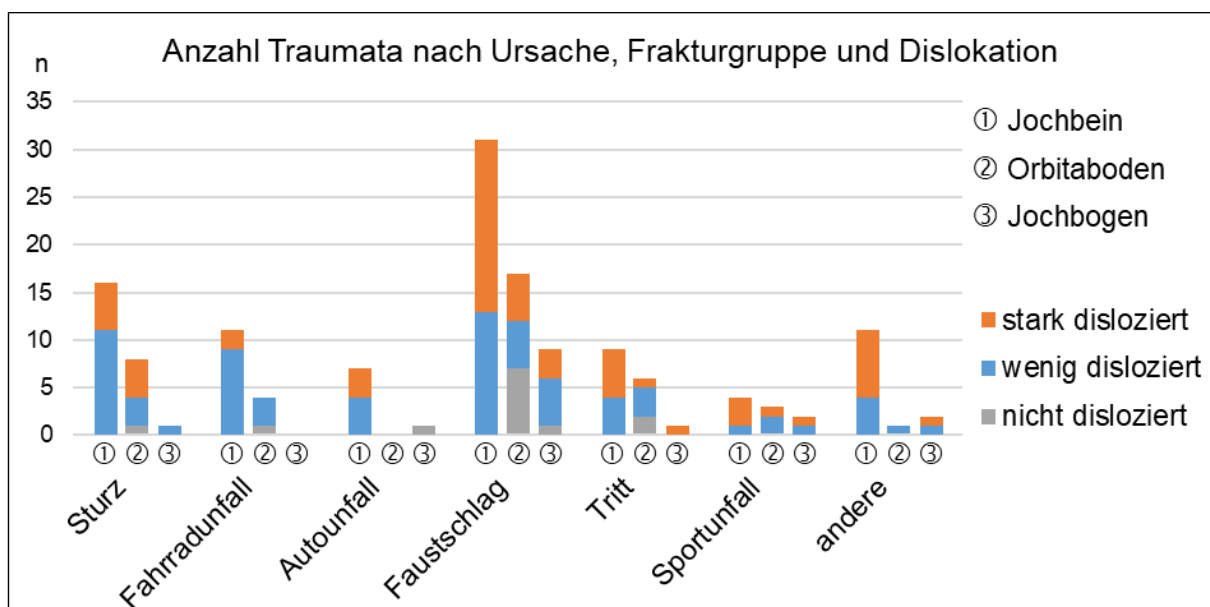


Abb. 15: Säulendiagramm der Anzahl der Traumata nach Ursache, Frakturgruppe und Dislokation

Trauma Ursache		Sturz	Fahrrad- unfall	Auto- unfall	Faust- schlag	Tritt	Sport- unfall	andere	gesamt
Jochbein	n	16	11	7	31	9	4	11	89
wenig disloziert	n	11	9	4	13	4	1	4	46
	(%)	(23,9 %)	(19,6 %)	(8,7 %)	(28,3 %)	(8,7 %)	(2,2 %)	(8,7 %)	(100 %)
stark disloziert	n	5	2	3	18	5	3	7	43
	(%)	(11,6 %)	(4,7 %)	(7,0 %)	(41,9 %)	(11,6 %)	(7,0 %)	(16,3 %)	(100 %)
Orbitaboden	n	8	4	0	17	6	3	1	39
nicht disloziert	n	1	1	0	7	2	0	0	11
	(%)	(9,1 %)	(9,1 %)	(0,0 %)	(63,6 %)	(18,2 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(100 %)
wenig disloziert	n	3	3	0	5	3	2	1	17
	(%)	(17,6 %)	(17,6 %)	(0,0 %)	(29,4 %)	(17,6 %)	(11,8 %)	(5,9 %)	(100 %)
stark disloziert	n	4	0	0	5	1	1	0	11
	(%)	(36,4 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(45,5 %)	(9,1 %)	(9,1 %)	(0,0 %)	(100 %)
Jochbogen	n	1	0	1	9	1	2	2	16
nicht disloziert	n	0	0	1	1	0	0	0	2
	(%)	(0,0 %)	(0,0 %)	(50,0 %)	(50,0 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(100 %)
wenig disloziert	n	1	0	0	5	0	1	1	8
	(%)	(12,5 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(62,5 %)	(0,0 %)	(12,5 %)	(12,5 %)	(100 %)
stark disloziert	n	0	0	0	3	1	1	1	6
	(%)	(0,0 %)	(0,0 %)	(0,0 %)	(50,0 %)	(16,7 %)	(16,7 %)	(16,7 %)	(100 %)

Tab. 10: Fallzahlen Trauma Ätiologie der Fallgruppen

4.4. Ermittelte Sinusgrößen nach Dislokation

Tab. 11 zeigt die Fallzahlen der (Unter-)Gruppen sowie die Ergebnisse der ermittelten Sinusgrößen von Jochbeinfrakturen und Unterkieferfrakturen unterteilt nach Dislokationsgrad (grafische Darstellung in Abb. 16 und Abb. 17). Das mittlere Volumen der Kieferhöhle ist bei Jochbeinfrakturen ($19.313 \text{ mm}^3 \pm 5.237$) statistisch signifikant größer als in der Kontrollgruppe ($17.645 \text{ mm}^3 \pm 4.760$) ($p = 0,02$). Bei den stark dislozierten Fällen ist der Größenunterschied noch stärker ($p = 0,003$). Bei den zweidimensionalen, linearen Messungen unterscheidet sich die mittlere Höhe der Kieferhöhle statistisch signifikant zwischen der Fall- und der Kontrollgruppe ($p = 0,002$) - wiederum am deutlichsten bei den Patienten mit einer stark dislozierten Jochbeinfraktur ($p = 0,001$). Die Messungen der Breite und Tiefe der Kieferhöhlen weisen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen oder Untergruppen auf (Tab. 11).

Frakturgruppe	Jochbein	Unterkiefer	p -Wert
alle	n = 89	n = 110	
Höhe, mm	37,41 (\pm 4,25)	35,33 (\pm 4,88)	0,002
Breite, mm	27,42 (\pm 3,46)	27,39 (\pm 3,48)	0,955
Tiefe, mm	39,71 (\pm 3,22)	39,27 (\pm 4,02)	0,403
Volumen, mm ³	19.312,94 (\pm 5.236,55)	17.645,27 (\pm 4.760,02)	0,020
wenig disloziert	n = 46		
Höhe, mm	36,60 (\pm 4,44)		0,132
Breite, mm	27,32 (\pm 3,38)		0,908
Tiefe, mm	39,61 (\pm 3,39)		0,613
Volumen, mm ³	18.340,09 (\pm 4.923,87)		0,412
stark disloziert	n = 43		
Höhe, mm	38,27 (\pm 3,91)		0,001
Breite, mm	27,52 (\pm 3,57)		0,834
Tiefe, mm	39,81 (\pm 3,06)		0,423
Volumen, mm ³	20.353,67 (\pm 5.415,97)		0,003

Tab. 11: Fallzahlen und Sinusgrößen der Jochbeinfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation ¹⁰⁰

Die Ergebnisse der anderen Frakturgruppen zeigen deutlich weniger signifikante Unterschiede. So ist bei Betrachtung aller Fälle das Volumen der Kieferhöhlen bei Patienten, die Orbitabodenfrakturen ($19.454 \text{ mm}^3 \pm 4.909$) erlitten haben, signifikant größer als bei Patienten mit Unterkieferfrakturen ($17.645 \text{ mm}^3 \pm 4.760$) ($p = 0,045$). Die Messwerte zeigen vor allem bei stark dislozierten Frakturen größere Zahlen als bei den Unterkieferfrakturen, jedoch kann dort keine Signifikanz festgestellt werden (Tab. 12).

Frakturgruppe	Orbitaboden	Unterkiefer	p-Wert
alle	n = 39	n = 110	
Höhe, mm	36,69 (±4,79)	35,33 (±4,88)	0,137
Breite, mm	27,95 (±3,68)	27,39 (±3,48)	0,397
Tiefe, mm	40,10 (±2,90)	39,27 (±4,02)	0,236
Volumen, mm ³	19.453,56 (±4.908,60)	17.645,27 (±4.760,02)	0,045
nicht disloziert	n = 11		
Höhe, mm	37,12 (±5,18)		0,252
Breite, mm	26,76 (±4,01)		0,572
Tiefe, mm	40,97 (±4,05)		0,183
Volumen, mm ³	19.432,64 (±5.703,88)		0,246
wenig disloziert	n = 17		
Höhe, mm	36,17 (±5,43)		0,517
Breite, mm	27,76 (±3,25)		0,679
Tiefe, mm	39,90 (±2,47)		0,530
Volumen, mm ³	19.266,18 (±3.607,27)		0,181
stark disloziert	n = 11		
Höhe, mm	37,06 (±3,55)		0,257
Breite, mm	29,43 (±3,80)		0,068
Tiefe, mm	39,55 (±2,13)		0,821
Volumen, mm ³	19.764,09 (±6.167,53)		0,174

Tab. 12: Fallzahlen und Sinusgrößen der Orbitabodenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation

Vergleicht man die Gruppe der isolierten Jochbogenfrakturen mit der Kontrollgruppe, fällt ein signifikanter Unterschied in der Untergruppe ohne Dislokation bei der Breite der Kieferhöhlen auf (32,87 mm ± 3,61 vs. 27,39 mm ± 3,48) ($p = 0,030$). Die Messwerte in den Untergruppen ohne und mit wenig Dislokation sind größer als die der Kontrollgruppe, allerdings trifft das nicht für die Untergruppe der stark dislozierten isolierten Jochbogenfrakturen zu (Tab. 13).

Frakturgruppe	Jochbogen	Unterkiefer	p-Wert
alle	n = 16	n = 110	
Höhe, mm	36,42 (±6,32)	35,33 (±4,88)	0,426
Breite, mm	28,51 (±4,38)	27,39 (±3,48)	0,246
Tiefe, mm	37,95 (±3,31)	39,27 (±4,02)	0,214
Volumen, mm ³	17.863,38 (±4.485,86)	17.645,27 (±4.760,02)	0,863
nicht disloziert	n = 2		
Höhe, mm	41,48 (±0,21)		0,079
Breite, mm	32,87 (±3,61)		0,030
Tiefe, mm	38,22 (±6,08)		0,716
Volumen, mm ³	22.935,00 (±1.986,97)		0,121
wenig disloziert	n = 8		
Höhe, mm	38,22 (±4,67)		0,108
Breite, mm	29,14 (±4,67)		0,182
Tiefe, mm	38,64 (±2,34)		0,665
Volumen, mm ³	18.565,00 (±3.214,16)		0,593
stark disloziert	n = 6		
Höhe, mm	32,32 (±7,32)		0,154
Breite, mm	26,22 (±3,16)		0,423
Tiefe, mm	36,94 (±3,97)		0,170
Volumen, mm ³	15.237,33 (±5.075,89)		0,231

Tab. 13: Fallzahlen und Sinusgrößen der isolierten Jochbogenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation

Die Ergebnisse aus der Gesamtbetrachtung der Jochbein- und Orbitabodenfrakturen sowie der Untergruppe der stark dislozierten Fälle der Jochbeinfrakturen aus Tab. 11 und Tab. 12 sind in Boxplots (Abb. 16, Abb. 17 und Abb. 18) dargestellt. Dabei wurden das Minimum und das Maximum (Whisker), das untere Quartil und das obere Quartil (Box), der Durchschnitt (X in Box), der Median (Line in Box) und eventuelle Ausreißer abgebildet.

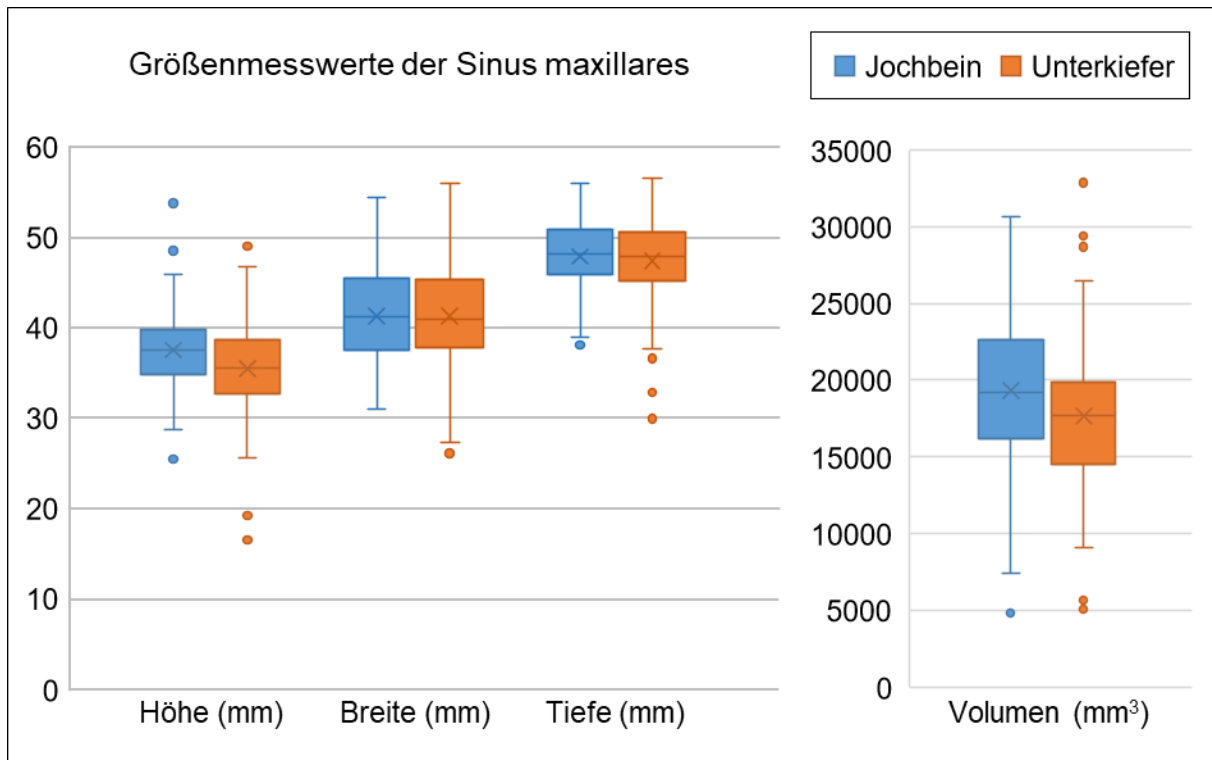


Abb. 16: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - Jochbeinfrakturen vs. Kontrollgruppe

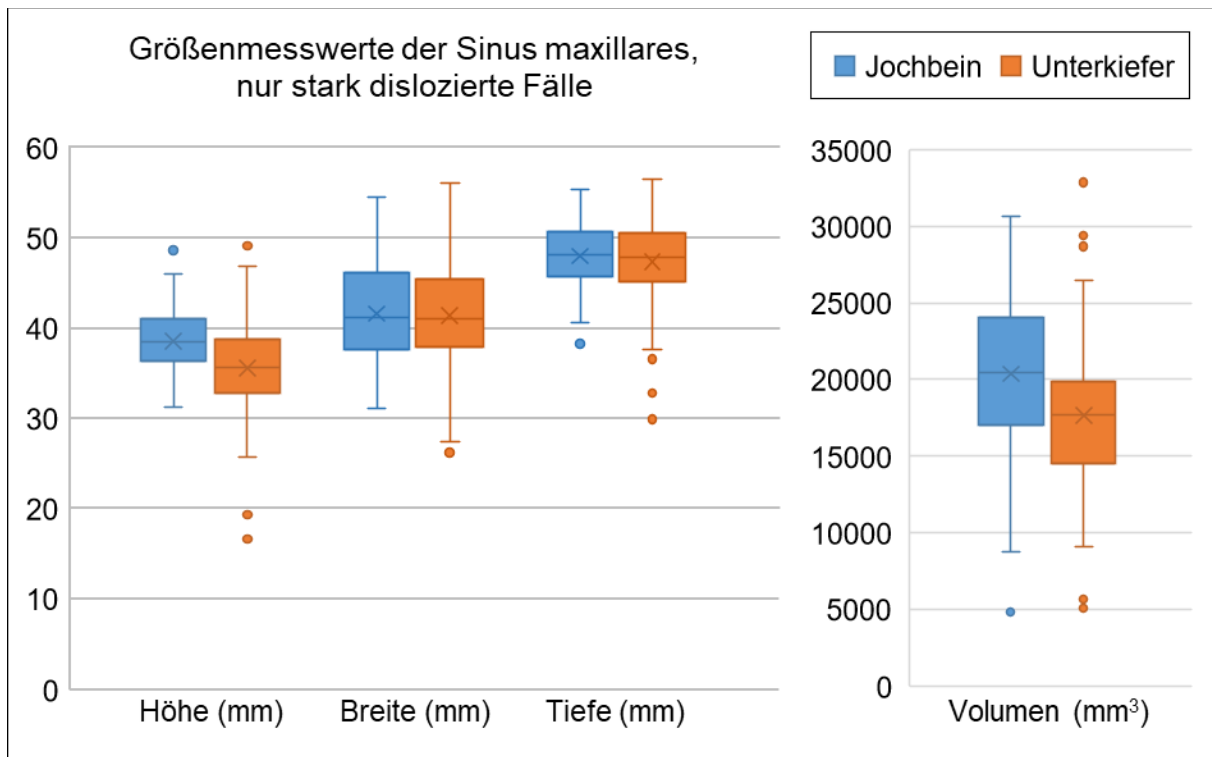


Abb. 17: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - nur stark dislozierte Jochbeinfrakturen vs. Kontrollgruppe

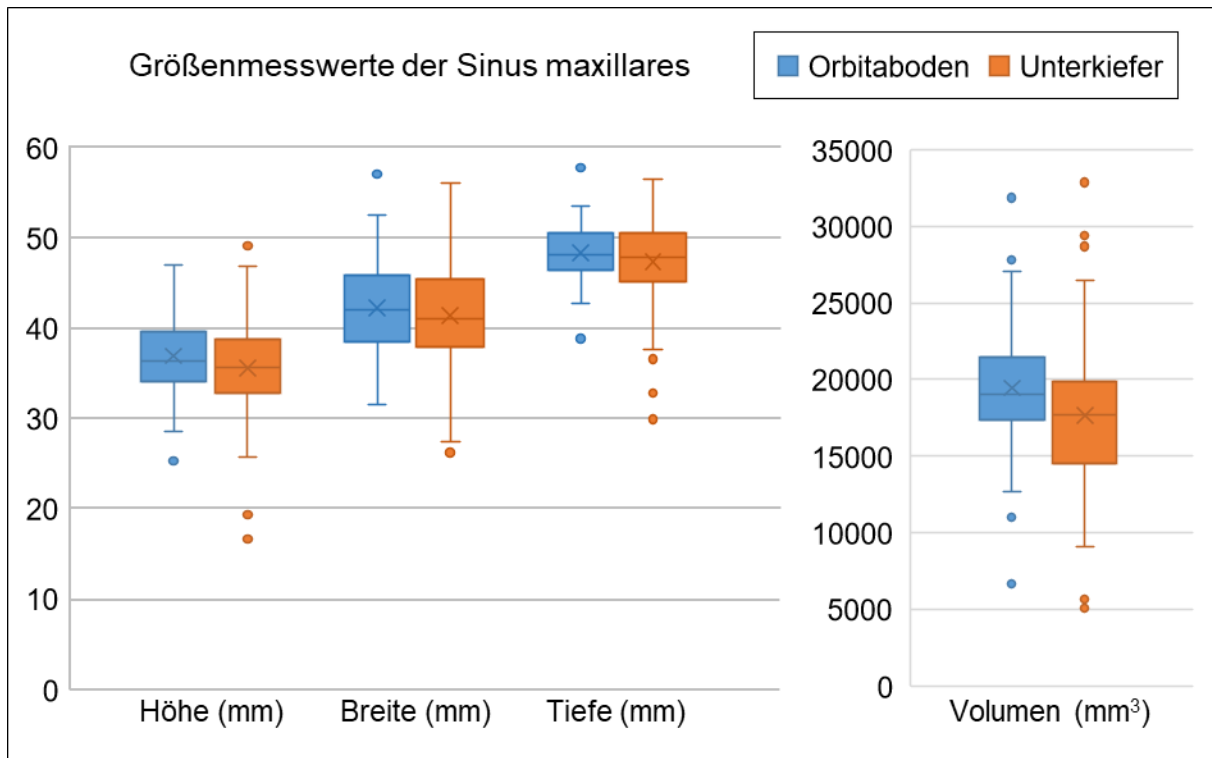


Abb. 18: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - Orbitabodenfrakturen vs. Kontrollgruppe

4.5. Ermittelte Sinusgrößen nach Geschlecht

Bei der Bildung von Untergruppen nach Geschlecht der Patienten mit Jochbeinfrakturen ist die mittlere Sinushöhe sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Patienten signifikant unterschiedlich im Vergleich zur Kontrollgruppe (Tab. 14).

Frakturgruppe	Jochbein	Unterkiefer	p -Wert
männlich	n=71	n=85	
Höhe, mm	38,07 (\pm 4,17)	36,42 (\pm 4,18)	0,015
Breite, mm	27,62 (\pm 3,52)	27,68 (\pm 3,15)	0,917
Tiefe, mm	40,11 (\pm 3,26)	39,79 (\pm 3,62)	0,576
Volumen, mm ³	20.035,31 (\pm 5.314,02)	18.535,18 (\pm 4.602,02)	0,061
weiblich	n=18	n=25	
Höhe, mm	34,76 (\pm 3,56)	31,61 (\pm 5,35)	0,036
Breite, mm	26,62 (\pm 3,15)	26,41 (\pm 4,37)	0,868
Tiefe, mm	38,13 (\pm 2,52)	37,47 (\pm 4,82)	0,599
Volumen, mm ³	16.464,61 (\pm 3.859,21)	14.620,58 (\pm 4.054,40)	0,141

Tab. 14: Fallzahlen und Sinusgrößen der Jochbeinfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht¹⁰⁰

Bei den Orbitabodenfrakturen zeigen die Ergebnisse einen signifikanten Unterschied bei den weiblichen Patienten. Dort sind die Höhe und das Volumen des Sinus maxillaris deutlich größer als bei Patienten der Kontrollgruppe (Tab. 15).

Frakturgruppe	Orbitaboden	Unterkiefer	p-Wert
männlich	n=30	n=85	
Höhe, mm	36,74 (\pm 4,78)	36,42 (\pm 4,18)	0,734
Breite, mm	27,75 (\pm 3,57)	27,68 (\pm 3,15)	0,920
Tiefe, mm	40,24 (\pm 3,14)	39,79 (\pm 3,62)	0,551
Volumen, mm ³	19.490,63 (\pm 5.340,50)	18.535,18 (\pm 4.602,02)	0,351
weiblich	n=9	n=25	
Höhe, mm	36,52 (\pm 5,14)	31,61 (\pm 5,35)	0,023
Breite, mm	28,63 (\pm 4,17)	26,41 (\pm 4,37)	0,197
Tiefe, mm	39,64 (\pm 1,97)	37,47 (\pm 4,82)	0,202
Volumen, mm ³	19.330,00 (\pm 3.322,28)	14.620,58 (\pm 4.054,40)	0,004

Tab. 15: Fallzahlen und Sinusgrößen der Orbitabodenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht

Keine Signifikanz kann in den Untergruppenergebnissen der isolierten Jochbogenfrakturen abgelesen werden. Die Gruppe der weiblichen Patienten (n=1) mit isolierten Jochbogenfrakturen ist statistisch nicht aussagefähig und dient nur der Vollständigkeit der Ergebnisabbildung (Tab. 16). Eine vollständige Ergebnistabelle mit der Kombination der Untergruppen aus Geschlecht und Dislokationsgrad aller Frakturgruppen ist im Anhang beigefügt. Auch diese ist aber nur wenig aussagekräftig, da die Gruppen dann zu kleine Fallzahlen abbilden (Tab. 18).

Frakturgruppe	Jochbogen	Unterkiefer	p-Wert
männlich	n=15	n=85	
Höhe, mm	36,73 (\pm 6,41)	36,42 (\pm 4,18)	0,861
Breite, mm	28,58 (\pm 4,53)	27,68 (\pm 3,15)	0,345
Tiefe, mm	38,07 (\pm 3,39)	39,79 (\pm 3,62)	0,089
Volumen, mm ³	17.972,93 (\pm 4.621,10)	18.535,18 (\pm 4.602,02)	0,664
weiblich	n=1	n=25	
Höhe, mm	31,69	31,61 (\pm 5,35)	0,990
Breite, mm	27,58	26,41 (\pm 4,37)	0,796
Tiefe, mm	36,13	37,47 (\pm 4,82)	0,786
Volumen, mm ³	16.220,00	14.620,58 (\pm 4.054,40)	0,702

Tab. 16: Fallzahlen und Sinusgrößen der isolierten Jochbogenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht

5. Diskussion

Zweck der Studie war es, die Größe der Kieferhöhlen bei Patienten mit und ohne Jochbeinkomplexfrakturen zu messen. Dabei sollten repräsentative Frakturarten von lateralen Mittelgesichtsfrakturen untersucht werden. In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie gibt es bis heute keine dafür standardisierte Klassifikation. Die ICD ist zwar eine international gültige und verbreitete Klassifikation⁷⁷, jedoch nicht spezialisiert genug für die verschiedenen lateralen Gesichtsfrakturen. Auch die sehr bekannte Einteilung von Knight und North ist heute überholt. Die Klassifikation nach Schwenzler und Steinhilber bietet für die Fragestellung der Studie die optimalen und eindeutigen Frakturdefinitionen. Daher wurden die lateralen Mittelgesichtsfrakturen nach Schwenzler und Steinhilber für diese Studie zu Grunde gelegt. Jochbeinfrakturen, isolierte Jochbogenfrakturen und isolierte Orbitabodenfrakturen waren die Studiengruppen, die ein Trauma im lateralen Mittelgesicht erfahren hatten. Die Kontrollgruppe wurde durch Patienten mit Unterkieferfrakturen repräsentiert. Diese hatten zwar ebenfalls ein Trauma in der Gesichtsregion erlitten, hatten aber keine Frakturen im Mittelgesicht und damit nicht traumatisch veränderte Kieferhöhlen.

Ziel war es, herauszufinden, ob die Größe der Kieferhöhlen ein prädiktiver Risikofaktor für eine traumatische Fraktur ist, was bisher empirisch nicht untersucht wurde. Das Untersuchungsziel konnte mit der angewandten Methode erreicht werden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine über dem Durchschnittswert der Normalbevölkerung, den die Kontrollgruppe darstellt, liegende größere Kieferhöhle ein anatomischer Risikofaktor für eine traumatische Jochbeinfraktur sein kann.

Auch bei den isolierten Orbitabodenfrakturen lässt sich ein größeres Sinusvolumen erkennen, wobei der Unterschied statistisch weniger signifikant ist. Es ergibt sich zumindest der Hinweis, dass das Volumen des Sinus maxillaris ebenso als ein anatomischer Risikofaktor für eine traumatische Orbitabodenfraktur anzusehen ist.

Das durchschnittliche Sinusvolumen bei isolierten Jochbogenfrakturen und das der Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant. Dies könnte man damit erklären, dass es bei einem einwirkenden Trauma auf die laterale Jochbeinregion in dieser Gruppe eher zu einer isolierten Jochbogenfraktur als zu einer Fraktur des gesamten Jochbeinkomplexes kommt. Trotzdem zeigen die linearen Messungen bei den Jochbogenfrakturen ebenfalls eine Tendenz für einen weiteren Zusammenhang zwischen ausgeprägter Sinus maxillaris Größe und Frakturrisiko. Hier ergibt sich bei der Sinusbreite eine statistische Signifikanz. Jedoch ist hier

die Fallzahl dieser selteneren Frakturart zu gering für eine statistische Aussagekraft. Isolierte Jochbeinfrakturen machen nur rund vier bis zehn Prozent der Gesichtsschädelfrakturen aus^{104–107}. Eine ergänzende Untersuchung dieser Frakturgruppe wäre zur Überprüfung dieser Annahmen notwendig.

5.1. Einordnung der Ergebnisse und Vergleich mit anderen Studien

Die Ergebnisse zur Charakterisierung der Größe gesunder, belüfteter Kieferhöhlen stehen im Einklang mit früheren Studien zur Anatomie der Kieferhöhle. Die Größenunterschiede zwischen der rechten und linken Seite innerhalb eines Individuums sind vernachlässigbar^{22–25,83,85–87,108}, wie auch in den Daten dieser Studie der Kontrollgruppe für Volumen, Breite und Höhe beobachtet werden konnte. Der Seitenunterschied des Mittelwerts der Tiefe der Kieferhöhle beträgt in den vorliegenden Messungen nur 0,54 mm, erzeugt aber eine Signifikanz (Tab. 8). Dieser Seitenunterschied in der Tiefe des Sinus maxillaris kann auf Messtoleranzen zurückzuführen sein, aber auch in wenigen anderen Studien konnten Größenunterschiede zwischen der rechten und linken Seite aufgezeichnet werden⁸⁹. Es gibt einen klaren geschlechtsspezifischen Unterschied mit größeren Sinus maxillares bei Männern, wie auch in früheren Studien gefunden wurde^{22,25,83–86,88,109}. Die männlichen Kieferhöhlen waren ca. 25 % größer als die der Frauen (18.535,18 mm³ vs. 14.620,58 mm³) (Tab. 14). Hinsichtlich der Sinusgröße, die in der gesamten Studienkohorte nicht mit dem Alter korreliert, kann auf anthropologische Befunde zum altersunabhängigen Kieferhöhlenvolumen bei erwachsenen Personen verwiesen werden. In verschiedenen Studien konnte analog zu dieser Studie keine Korrelation zwischen Alter und Größe des Sinus maxillaris gefunden werden^{85,110}. Gerade die häufig angenommene Vergrößerung der Kieferhöhle durch Zahnverlust wurde in anderen Studien nicht bestätigt^{22,25,110}. Generell sind Männer zahlenmäßig in der dritten Lebensdekade am stärksten von Mittelgesichtsfrakturen betroffen¹¹¹. Damit lässt sich die deutlich höhere Anzahl an Männern in der vorliegenden Studie zu erklären. Ein weiterer Ansatz, die vermehrte Anzahl männlicher Patienten zu begründen, ist der Verweis auf die Traumaursache. In der gesamten Studie führten ca. 45 % Faustschläge und Tritte und 20 % Fahrradunfälle zum Auftreten einer Fraktur. Nach der deutschen polizeilichen Kriminalstatistik und einer Studie von Lee haben Männer ein deutlich höheres Risiko, in zwischenmenschliche Gewalt und alkoholbedingte Unfälle verwickelt zu werden^{50,112}.

In einigen anderen Studien aus den Jahren 2005 bis 2019 wurden ebenfalls Kieferhöhlen vermessen. Dabei wurden allerdings sehr verschiedene Studienparameter verwendet. Im Folgenden werden die einzelnen Studien zusammengefasst und die wichtigsten Erkenntnisse dargestellt. Tab. 17 (im Anhang) stellt diese Studien noch einmal gegenüber.

2011 wurden im Irak von Uthman, Al-Rawi et al. 88 CT-Aufnahmen vermessen⁸⁹. Dabei wurden die Sinus maxillares von 43 Männern und 45 Frauen in der Breite, Länge (Tiefe), Höhe und die Strecke vom Rand zwischen beiden Kieferhöhlen erfasst. Die Messungen wurden jeweils in der axialen und koronalen Aufsicht durchgeführt und dann die größten gemessenen Strecken verwendet und pro Individuum zur Auswertung herangezogen. Die genauen Ergebnisse sind verglichen mit den hier vorliegenden linearen Messungen wenig aussagekräftig, da die Messmethode verschieden gewählt wurde. Allerdings waren die Ergebnisse der Höhe und Breite jeweils bei den männlichen Patienten statistisch signifikant unterschiedlich im Vergleich zwischen der rechten und linken Seite. Höhe und Breite innerhalb der Gruppe der Frauen und die Tiefe in beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant. Wie auch in der in dieser Arbeit beschriebenen Studie stellt dies kein eindeutiges Bild dar, ob es intraindividuelle Unterschiede im Seitenvergleich gibt. Auch die Ergebnisse des Vergleichs der Messungen zwischen Frauen und Männern sind analog zu der Studie, die dieser Arbeit zu Grunde liegt. Alle gemessenen Ergebnisse sind signifikant größer bei männlichen Patienten⁸⁹.

In der Studie von Jun, Song et al. wurden insgesamt 238 Kieferhöhlen von Patienten zwischen null und 80 Jahren vermessen. In dieser Studie wurden lediglich CT-Bilder dreidimensional mit Hilfe der Slicing Methode ausgewertet. Die Ergebnisse der Studie zeigen einen deutlichen Anstieg des Volumens des Sinus maxillaris in den ersten zwei Altersgruppen (0-10 Jahre und 11-20 Jahre). Das größte Volumen haben Patienten der Altersgruppe 21-30 Jahre. Danach kommt es zu einer stetigen Abnahme des Volumens bei älter werdenden Individuen. Betrachtet man den Mittelwert der Sinus maxillaris über alle Altersgruppen hinweg, kommt man bei den männlichen Patienten auf ein Volumen von 18.360 mm³ und bei den weiblichen Patienten auf 12.699 mm³. Verglichen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie sind die Kieferhöhlen in der Studie aus Korea bei den Männern ähnlich groß, bei den Frauen deutlich kleiner²⁵.

Aktuna Belgin, Colak et al. haben 2019 ebenfalls Kieferhöhlen von Patienten dreidimensional ausgemessen. Dabei wurden 400 Sinus maxillares bei 114 volljährigen Frauen und 86 volljährigen Männern erfasst. Mithilfe der Threshold Methode wurde das Volumen ermittelt. Dabei wurden keine intraindividuellen Unterschiede von der rechten zur linken Seite festgestellt. Das durchschnittliche Volumen lag bei 15.810 mm³ bei den männlichen Patienten

und bei 13.585 mm³ bei den weiblichen Patienten über alle Altersgruppen hinweg. Wie auch in der Studie von Jun, Song et. al. konnte die Studie feststellen, dass Kieferhöhlen bei Männern größer sind und geschlechtsunabhängig die Größe mit dem Alter abnimmt ²².

Eine indische Studie von Urooge und Patil von 2017 hat jeweils 50 männliche und weibliche Sinus maxillares von Patienten mit einem Alter zwischen 20 und 50 Jahren linear vermessen. Die Messpunkte wurden auch hier wieder verschieden zu den anderen Studien gewählt. Die volumetrischen Ergebnisse basieren auf der folgenden Umrechnungsformel: Volumen = Länge * Breite * Höhe * 1/2. Interessanterweise konnte in dieser Studie kein Größenunterschied zwischen männlichen und weiblichen Kieferhöhlen festgestellt werden, auch der intraindividuelle Vergleich zeigte keine Unterschiede ⁸⁷.

Dieselbe Umrechnungsformel für das Volumen hat die Studie von Ekizoglu, Inci et al. angewendet, um das Volumen der Kieferhöhlen zu ermitteln. Auch hier wurden die Strecken Höhe, Breite und Tiefe wieder verschieden zu den anderen Studien ausgemessen. Alle Messungen der 140 Patienten mit einem Alter zwischen 18 und 63 Jahren waren größer bei Männern und zeigten keinen Unterschied zwischen der rechten und linken Seite. Das mittlere Volumen lag hier bei 19.355 mm³ bei männlichen und 13.407 mm³ bei weiblichen Patienten ⁸⁶.

Die Studien von Vidya, Shamasundar et al., Kim, Yoon et al. und Amusa, Eziyi et al. verwendeten lediglich ganze, bzw. halbe Köpfe post mortem (PM) zur Auswertung. Dabei wurden „trockene“ Köpfe verwendet, also fehlten alle Weichgewebsstrukturen. Dennoch sind die Größenmessungen vergleichsweise eher klein ausgefallen. Lediglich bei Kim, Yoon et al. liegen die Messwerte im mittleren Bereich ^{83,84,88}.

2011 veröffentlichten Sahlstrand-Johnson, Jannert et al. ihre Studie „Computed tomography measurements of different dimensions of maxillary and frontal sinuses“. In dieser wurden die Kiefer und Stirnhöhlen von 60 Patienten mit einem Alter zwischen 18 und 65 Jahren vermessen. Die linearen Messungen wurden auch hier wieder an verschiedenen Punkten angesetzt. Bei der volumetrischen Messung kam die Threshold-Methode zum Einsatz und zusätzlich wurde das Volumen durch die Formel Volumen = Länge * Breite * Höhe * 1/2 berechnet. Dabei waren die berechneten Volumenwerte durchweg 14-17% kleiner als die, die durch die semiautomatische Methode bestimmt worden waren. Auch bei Sahlstrand-Johnson, Jannert et al. wurden keine alterskorrelierenden Größenunterschiede und größere Volumina bei Männern festgestellt ⁸⁵.

Die durchschnittliche Sinusgröße lag in der vorliegenden Studie bei den Frauen zwischen einem Volumen von 11.100 mm³ und 16.740 mm³ und bei den Männern zwischen 13.553 mm³ und 19.355 mm³. Verglichen mit den Ergebnissen beschriebener Studien aus den Jahren 2005 bis 2019 liegen die gemessenen Volumina dieser Stichprobe im oberen Bereich. Die Messwerte der Fallgruppe mit Jochbeinfrakturen liegen sogar an der oberen Grenze. Vier der acht Studien stammten aus Korea und Indien, zwei aus der Türkei und eine aus Zentralafrika. Da Menschen aus Europa eine andere Körperstatur haben und damit größer als Menschen aus Asien oder Afrika sind ¹¹³, ist die Abweichung dieser Daten zu größeren Werten plausibel. Die Volumengrößen und die Altersstruktur der Patienten liegen sehr nahe an denen, die in der schwedischen Studie von Sahlstrand-Johnson et al. ermittelt wurden (Volumen: Männer: Schweden (Swe) 18.000 mm³ und vorliegende Studie, Deutschland (Deu) 18.535 mm³, Frauen: Swe 14.500 mm³ und Deu 14.620 mm³; Altersstruktur: Swe 18-65 und Deu 15-65) ⁸⁵.

Im Vergleich zu volumetrischen Analysen wurden zweidimensionale, lineare Messungen in der Literatur zwar genauso häufig verwendet, allerdings hat jede Studie ein anderes Verfahren, bzw. ein anderes Vorgehen beschrieben. Da für diese Messungen kein einheitliches Verfahren festgelegt wurde, ist es nicht möglich, die Werte dieser Studie mit früheren Untersuchungen zu vergleichen oder ihre Gültigkeit glaubwürdig zu bewerten.

5.2. Limitationen und Implikationen für zukünftige Forschung

Die Studiengruppe der Jochbeinfrakturen mit frakturierten Kieferhöhlen und die Kontrollgruppe der Unterkieferfrakturen, bei denen keine Beteiligung der Kieferhöhle vorliegt, bieten sich in ihrer Größe und Verteilung als auswertbare Daten an. Die beiden Gruppen haben ausreichende Fallzahlen, um mathematisch signifikante Ergebnisse zu zeigen. Die geringeren Fallzahlen bei Orbitabodenfrakturen erscheinen im Vergleich mit den oben zitierten Studien als aussagekräftig. Nur die sehr niedrige Fallzahl von elf Patienten mit isolierten Jochbogenfrakturen ist statistisch nur als begrenzt aussagefähig zu sehen. Auch hier sind zwar signifikante Ergebnisse errechnet worden, doch die Aussagekraft lässt bei geringerer Studiengröße nach. Generell sollten aber alle Ergebnisse durch weitere Studien mit größeren Studienkohorten validiert werden. Dies gilt vor allem für die Größe der Frakturgruppen des Orbitabodens und des Jochbogens. Trotz des geringeren Anteils von Frauen in der Studienkohorte zeigten sich die signifikanten Messwertunterschiede geschlechterunabhängig. Durch die ätiologisch begründete geringere Häufigkeit betroffener Frauen bei den hier

untersuchten Frakturarten ist auch in zukünftigen Studien mit einem Missverhältnis der Geschlechter zu rechnen.

In vielen Studien wurden die Messungen zum Teil mehrfach wiederholt, um menschliche Fehler auszuschließen. In dieser Studie wurde nur in einem Durchgang an den festgelegten Messpositionen im Sinus maxillaris gemessen. Trotz der variablen Anatomie des Sinus maxillaris können diese Messungen aber eindeutig durchgeführt werden. Die in der Methodik beschriebenen Messpunkte sind untersucherunabhängig. Zudem konnte mit der Korrektur der Ausrichtung der CT- und DVT-Aufnahmen nach standardisierten Bezugslinien eine höhere Messsicherheit erreicht werden. Die Messungen wurden in vorliegender Studie von einem Untersucher durchgeführt. Eine weitere Erhöhung der Messsicherheit können mehrere Untersucher bieten. Auch bei Messungen von mehreren Untersuchern können Messfehler nicht vollständig minimiert werden und müssen durch die Berechnung der Inter-Observer Reliability auf die Einhaltung von Messtoleranzen kontrolliert werden. Generell ist die Genauigkeit der Abgrenzung der anatomischen Grenzen der zu vermessenden Strukturen fehleranfällig. Ebenso sind die in der jeweiligen Messmethodik definierten Ausgangspunkte der Messungen im anatomischen Modell immer einer Rest-Variabilität unterlegen.

5.3. Klinische Relevanz

Das vorliegende Forschungsthema wurde bisher in keiner Studie untersucht. Eine Ausnahme bildet die Studie von Buller et al., die eine ähnliche Herangehensweise bei Stirnhöhlenfrakturen wählte. Es konnte gezeigt werden, dass das Frakturmuster von Stirnhöhlenfrakturen von der morphologischen Ausprägung der Stirnhöhlen abhängt. Bei Menschen mit großen Stirnhöhlen treten die typischen Impressionsfrakturen des Sinus frontalis auf. Bei mittleren, dem Durchschnitt entsprechenden Größen, kommt es häufiger zu linearen Frakturen, wobei auch häufiger die Hinterwand des Sinus mitbetroffen ist^{114,115}. Letzteres kann dahingehend interpretiert werden, dass bei durchschnittlicher Größe des Sinus frontalis zur Induktion einer Fraktur eine höhere Kraftereinwirkung notwendig ist. Große Stirnhöhlen sind dagegen eine Risikoregion für ein lokales Trauma, wie es bei Kontaktsportarten auftreten kann⁹³. Diese Studie ist bisher die Einzige, die die Größe von Nasennebenhöhlen mit dem Risiko, eine Fraktur in angrenzenden Regionen zu erleiden, in Verbindung bringt. Die fehlende Studiendichte in diesem Forschungsfeld verdeutlicht umso mehr die Relevanz der Studie, die im Rahmen dieser Dissertation durchgeführt wurde und sich

auf die anatomische Nähe und Ausdehnung der Kieferhöhlen und die Stabilität des Mittelgesichts bezieht.

Neben diesem theoretischen Zugewinn wird auch die praktische Relevanz der Studie deutlich: Die Beobachtungen zeigen, dass das Risiko für stark dislozierte Frakturen mit einem größeren Sinusvolumen von ca. 20.000 mm³ zunimmt¹⁰⁰. Außerdem kann die Hypothese präzisiert werden, dass die Sinushöhe ein entscheidender Faktor für das Frakturrisiko ist. Die Tatsache, dass die Sinusbreite und -tiefe unabhängig voneinander konstant bleiben, ist ein bemerkenswertes Merkmal, das hilft, die Ätiologie des Mittelgesichtstraumas besser zu verstehen. Analog zur Studie von Buller et al. lässt sich aus den Ergebnissen dieser Dissertation für den Sinus maxillaris ableiten, dass Sportler, die bereits einmal eine Jochbeinfraktur erlitten haben, für Nahkontaktsportarten, z.B. Boxen und Fußball, in Betracht ziehen sollten, protektive Gesichtsmasken zu tragen^{93,116}.

5.4. Fazit

Die Höhe und das Volumen der Kieferhöhle scheinen eine entscheidende Rolle bei der Stabilisierung des Jochbeinpfelers zu spielen. Eine größere Kieferhöhle ist ein anatomischer Risikofaktor für eine dislozierte Jochbeinfraktur, insbesondere für eine stärker ausgeprägte Dislokation der Fraktur. Die Daten stützen die Hypothese, dass eine größere Sinushöhe zu einer größeren Oberfläche des Jochbeinpfelers führt, was sich als prädiktiver Faktor für eine geringere Widerstandsfähigkeit gegen traumatische Stöße auf das Mittelgesicht erwies. Dieses Erkenntnis ist sowohl für Mannschafts- und Kontaktsportarten als auch für Fahrradunfälle und vorsätzliche Körperverletzungen klinisch relevant.

Daraus lässt sich folgende These ableiten: Nicht nur ein größeres Volumen des Sinus maxillaris, sondern auch eine größere vertikale Ausdehnung des Sinus führen zu einem erhöhten Risiko, im Falle eines direkten Traumas eine Jochbeinfraktur zu erleiden.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Afzelius L-E, Rosén C. Facial fractures: A review of 368 cases. *International Journal of Oral Surgery* 1980; 9: 25–32. [https://doi.org/10.1016/S0300-9785\(80\)80003-2](https://doi.org/10.1016/S0300-9785(80)80003-2).
- 2 Meyer U, Benthous S, Du Chesne A, Wannhof H, Zöllner B, Joos U. Untersuchung von Patienten mit Gesichtsschädelfrakturen unter ätiologischen und rechtsrelevanten Gesichtspunkten. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 1999; 3: 152–57. <https://doi.org/10.1007/s100060050120>.
- 3 Yamamoto K, Kuraki M, Kurihara M, et al. Maxillofacial fractures resulting from falls. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 1602–07. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.09.029>.
- 4 Rahman RA, Hussaini HM, Rahman NA, et al. Facial Fractures in Kajang Hospital, Malaysia: A 5-Year Review. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2007; 33: 90–95. <https://doi.org/10.1007/s00068-007-5154-5>.
- 5 Busch HA-R. Analyse der Gesichtsschädelfrakturen am Jenaer Patientengut. Dissertation. Jena, 2012.
- 6 Erol B, Tanrikulu R, Görgün B. Maxillofacial fractures. Analysis of demographic distribution and treatment in 2901 patients (25-year experience). *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2004; 32: 308–13. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2004.04.006>.
- 7 Malara P, Malara B, Drugacz J. Characteristics of maxillofacial injuries resulting from road traffic accidents - a 5-year review of the case records from Department of Maxillofacial Surgery in Katowice, Poland. *Head Face Med* 2006; 2: 27. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-2-27>.
- 8 Roccia F, Bianchi F, Zavattoni E, Tanteri G, Ramieri G. Characteristics of maxillofacial trauma in females: a retrospective analysis of 367 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 2010; 38: 314–19. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2009.10.002>.
- 9 Austermann KH. Frakturen des Gesichtsschädels. In: Schwenzler N, Ehrenfeld M, eds. *Spezielle Chirurgie*. 3. aktualisierte und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme, 2000.
- 10 Knight JS, North JF. The classification of malar fractures: An analysis of displacement as a guide to treatment. *British Journal of Plastic Surgery* 1960; 13: 325–39. [https://doi.org/10.1016/S0007-1226\(60\)80063-X](https://doi.org/10.1016/S0007-1226(60)80063-X).
- 11 Schulte E, Schumacher U, Schünke M. Prometheus - Lernatlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie; 115 Tabellen. 3., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2012.

- 12 DocCheck Flexikon. Gesichtsschädel.
<https://flexikon.doccheck.com/de/Gesichtssch%C3%A4del>. lizenziert unter CC BY-NC-SA (Zuletzt abgerufen 25.03.2023).
- 13 Gerrer F. Gesichtsschädel (Viszerocranium). <https://www.medizin-kompakt.de/gesichtsschaedel>;
https://www.medeco.de/typo3temp/pics/img5_vorder_899c0dff99.jpg (Zuletzt abgerufen 06.02.2022).
- 14 Waldhart E, Röhler G, Norer B, Puelacher W. Versorgung von Mittelgesichtsfrakturen. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 2000; 4: S118-S125.
<https://doi.org/10.1007/PL00014532>.
- 15 Herzog M. Osteosynthesen bei Kopf- und Gesichtsverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit* 2001; 3: 45–53. <https://doi.org/10.1007/s100390000348>.
- 16 Wagner JH. Gesichtsschädelverletzungen - Epidemiologie, Häufigkeit, Ursachen und Therapie. Eine retrospektive Analyse von 2787 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in Tübingen behandelte Frakturen. Inaugural-Dissertation. Tübingen, 2005.
- 17 Rasse M. Frakturen des Gesichtsschädels. In: Schwenger N, Ehrenfeld M, eds. *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*. 4., vollständig überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2011, 1981: 280–364.
- 18 DocCheck Flexikon. Nasennebenhöhlen.
<https://flexikon.doccheck.com/de/Nasennebenh%C3%B6hle>. lizenziert unter CC BY-NC-SA (Zuletzt abgerufen 13.12.2022).
- 19 DocCheck Flexikon. Kieferhöhle. <https://flexikon.doccheck.com/de/Kieferh%C3%B6hle#>. lizenziert unter CC BY-NC-SA (Zuletzt abgerufen 13.12.2022).
- 20 Jung L, Bednarek C. Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales) - Anatomie, Lage & Funktion | Kenhub. <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/nasennebenhohlen-sinus-paranasales> (Zuletzt abgerufen 12.03.2023).
- 21 Reschreiter C. Zur Morphologie des sinus maxillaris. Cotta, 1878.
- 22 Aktuna Belgin C, Colak M, Adiguzel O, Akkus Z, Orhan K. Three-dimensional evaluation of maxillary sinus volume in different age and sex groups using CBCT. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 2019; 276: 1493–99. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05383-y>.
- 23 Takahashi Y, Watanabe T, Iimura A, Takahashi O. A Study of the Maxillary Sinus Volume in Elderly Persons Using Japanese Cadavers. *Okajimas Folia Anat Jpn* 2016; 93: 21–27. <https://doi.org/10.2535/ofaj.93.21>.

- 24 Arijji Y, Kuroki T, Moriguchi S, Arijji E, Kanda S. Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology* 1994; 23: 163–68. <https://doi.org/10.1259/dmfr.23.3.7835518>.
- 25 Jun B-C, Song S-W, Park C-S, Lee D-H, Cho K-J, Cho J-H. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process; volume assessment by 3-dimensional reconstruction by high-resolucional CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005; 132: 429–34. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2004.11.012>.
- 26 DocCheck Flexikon. Mandibula. <https://flexikon.doccheck.com/de/Mandibula>. lizenziert unter CC BY-NC-SA (Zuletzt abgerufen 25.03.2023).
- 27 Bodic F, Hamel L, Lerouxel E, Baslé MF, Chappard D. Bone loss and teeth. *Joint Bone Spine* 2005; 72: 215–21. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2004.03.007>.
- 28 Glanze DW, Anderson K, Myers T. Mosby's medical dictionary. 9. edition. St. Louis, Missouri: Mosby; Elsevier, 2013.
- 29 Lee KH. Epidemiology of mandibular fractures in a tertiary trauma centre. *Emerg Med J* 2008; 25: 565–68. <https://doi.org/10.1136/emj.2007.055236>.
- 30 Atilgan S, Erol B, Yaman F, Yilmaz N, Ucan MC. Mandibular fractures: a comparative analysis between young and adult patients in the southeast region of Turkey. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 17–22. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572010000100005>.
- 31 Anyanechi CE. Mandibular fractures associated with domestic violence in calabar, Nigeria. *Ghana Medical Journal* 2010; 44: 155–58. <https://doi.org/10.4314/gmj.v44i4.68909>.
- 32 Eggensperger NM, Danz J, Heinz Z, Iizuka T. Occupational maxillofacial fractures: a 3-year survey in central Switzerland. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2006; 64: 270–76. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2005.10.016>.
- 33 Bogusiak K, Arkuszewski P. Characteristics and epidemiology of zygomaticomaxillary complex fractures. *J Craniofac Surg* 2010; 21: 1018–23. <https://doi.org/10.1097/scs.0b013e3181e62e47>.
- 34 Hwang K, You SH. Analysis of facial bone fractures: An 11-year study of 2,094 patients. *Indian J Plast Surg* 2010; 43: 42–48. <https://doi.org/10.4103/0970-0358.63959>.
- 35 Aksoy E, Unlü E, Sensöz O. A retrospective study on epidemiology and treatment of maxillofacial fractures. *Journal of Craniofacial Surgery* 2002; 13: 772–75. <https://doi.org/10.1097/00001665-200211000-00012>.
- 36 Matos FP de, Arnez MFM, Sverzut CE, Trivellato AE. A retrospective study of mandibular fracture in a 40-month period. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2010; 39: 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2009.10.005>.

- 37 Fasola AO, Obiechina AE, Arotiba JT. Incidence and pattern of maxillofacial fractures in the elderly. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2003; 32: 206–08. <https://doi.org/10.1054/ijom.2002.0323>.
- 38 Kontio R, Suuronen R, Ponkkonen H, Lindqvist C, Laine P. Have the causes of maxillofacial fractures changed over the last 16 years in Finland? An epidemiological study of 725 fractures. *Dental Traumatology* 2005; 21: 14–19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2004.00262.x>.
- 39 Obuekwe O, Owotade F, Osaiyuwu O. Etiology and pattern of zygomatic complex fractures: a retrospective study. *Journal of the national medical association* 2005; 97: 992.
- 40 Depprich R, Handschel J, Hornung J, Meyer U, Kübler NR. Ursachen, Therapie und Komplikationen bei der Frakturversorgung des Unterkiefers - eine retrospektive Analyse von 10 Jahren. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2007; 11: 19–26. <https://doi.org/10.1007/s10006-006-0037-1>.
- 41 Gerber B, Ahmad N, Parmar S. Trends in maxillofacial injuries in women, 2000-2004. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009; 47: 374–77. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2008.09.006>.
- 42 Funk M, Pierobon A. Sturzprävention bei älteren Menschen. Risiken - Folgen - Maßnahmen. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme, 2007.
- 43 Chew DJ, Edmondson HD. A study of maxillofacial injuries in the elderly resulting from falls. *Journal of oral rehabilitation* 1996; 23: 505–09. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1996.tb00887.x>.
- 44 Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988; 319: 1701–07. <https://doi.org/10.1056/NEJM198812293192604>.
- 45 Renteln-Kruse W von. Sturz-Syndrom. In: Renteln-Kruse W von, ed. *Medizin des Alterns und des alten Menschen*. Heidelberg: Steinkopff, 2004: 92–101.
- 46 Schubert J. Therapie von Mittelgesichtsfrakturen. *Der Radiologe* 2007; 47: 598, 600-5. <https://doi.org/10.1007/s00117-007-1513-9>.
- 47 Statista. Polizeilich erfasste Straftaten nach Straftatengruppen bis 2021 | Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/212/umfrage/polizeilich-erfasste-straftaten/?locale=de> (Zuletzt abgerufen 27.03.2023).
- 48 Montovani JC, Campos LMP de, Gomes MA, Moraes VRS de, Ferreira FD, Nogueira EA. Etiology and incidence facial fractures in children and adults. *Braz J Otorhinolaryngol* 2006; 72: 235–41. [https://doi.org/10.1016/s1808-8694\(15\)30061-6](https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)30061-6).

- 49 Lee KH. Interpersonal violence and facial fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67: 1878–83. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.04.117>.
- 50 Lee K. Trend of alcohol involvement in maxillofacial trauma. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107: e9-13. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.12.020>.
- 51 Lee KH, Snape L, Steenberg LJ, Worthington J. Comparison between interpersonal violence and motor vehicle accidents in the aetiology of maxillofacial fractures. *ANZ journal of surgery* 2007; 77: 695–98. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2007.04189.x>.
- 52 Otte D, Haasper C, Wiese B. Wirksamkeit von Fahrradhelmen bei Verkehrsunfällen von Radfahrern auf Kopfverletzungshäufigkeit und Verletzungsschwere. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik* 2008; 46: 344–54.
- 53 Statistisches Bundesamt. Verkehr. Verkehrsunfälle 2020. Fachserie 8, 2021.
- 54 Lee KH, Chou H-J. Facial fractures in road cyclists. *Australian dental journal* 2008; 53: 246–49. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2008.00056.x>.
- 55 Gutsche J, Hintzpeter B, Neuhauser H, Schlaud M. Helmtragequoten bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland und vermeidbare Kopfverletzungen nach Fahrradunfällen. *Gesundheitswesen* 2010; 72: V228. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1266420>.
- 56 Farrington T, Onambele-Pearson G, Taylor RL, Earl P, Winwood K. A review of facial protective equipment used in sport and the impact on injury incidence. *British journal of oral and maxillofacial surgery* 2012; 50: 233–38. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2010.11.020>.
- 57 Mourouzis C, Koumoura F. Sports-related maxillofacial fractures: A retrospective study of 125 patients. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2005; 34: 635–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2005.01.008>.
- 58 Elhammali N, Bremerich A, Rustemeyer J. Demographical and clinical aspects of sports-related maxillofacial and skull base fractures in hospitalized patients. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2010; 39: 857–62. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2010.04.006>.
- 59 Schwenzer N. Sporttraumatologie des Kiefer- und Gesichtsbereiches. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2000; 51: 369–71.
- 60 Iizuka T, Randell T, Güven O, Lindqvist C. Maxillofacial fractures related to work accidents. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 1990; 18: 255–59. [https://doi.org/10.1016/S1010-5182\(05\)80426-3](https://doi.org/10.1016/S1010-5182(05)80426-3).
- 61 Exadaktylos AK, Bournakas T, Eggli S, Zimmermann H, Iizuka T. Maxillofacial injuries related to work accidents: a new concept of a hospital-based full electronic occupational

- trauma surveillance system. *Occup Med (Lond)* 2002; 52: 45–48.
<https://doi.org/10.1093/occmed/52.1.45>.
- 62 Hächl O, Tuli T, Schwabegger A, Gassner R. Maxillofacial trauma due to work-related accidents. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2002; 31: 90–93.
<https://doi.org/10.1054/ijom.2001.0166>.
- 63 Hardt N. Craniofacial Trauma. Diagnosis and Management. 2. Auflage. Cham: Springer, 2019.
- 64 Rasse M. Spezielle Traumatologie. In: Hausamen J-E, Machtens E, Reuther JF, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H, eds. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Operationslehre und -atlas. 4., vollst. überarb. Aufl. Berlin: Springer Medizin, 2012: 239–83.
- 65 Dempf R, Hausamen JE. Gesichtsschädelfrakturen. *Der Unfallchirurg* 2000; 103: 301–13. <https://doi.org/10.1007/s001130050540>.
- 66 Buitrago-Téllez CH, Kunz C. Bildgebende Diagnostik bei Gesichtsschädelfrakturen und Traumafolgen. *Radiologie up2date* 2001; 1: 371–97. <https://doi.org/10.1055/s-2001-19279>.
- 67 Dammann F. Bildgebung der Nasennebenhöhlen (NNH) in der heutigen Zeit. *Der Radiologe* 2007; 47: 576, 578-83. <https://doi.org/10.1007/s00117-007-1502-z>.
- 68 Keutel C, Heuschmid M, Reinert S. Bildgebende Verfahren bei Kieferhöhlenerkrankungen. *Der MKG-Chirurg* 2014; 7: 177–84.
<https://doi.org/10.1007/s12285-013-0408-1>.
- 69 Dammert S, Funke M, Merten HA, Obernauer S, Grabbe E. Mehrschicht-Spiral-CT (MSCT) beim Mittelgesichtstrauma: Optimierung der Aufnahme- und Rekonstruktionsparameter. In: RÖFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren, vol 174. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag: 874–79.
- 70 Mueller CK, Bader R-D, Schultze-Mosgau S. Mund-, Kiefer- und Gesichtsverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit* 2010; 12: 208–14. <https://doi.org/10.1007/s10039-010-1668-x>.
- 71 Wanner L. Kurzvorstellung der S2k-Leitlinie „Dentale digitale Volumentomographie“. *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt* 2014; 218: 284–86.
- 72 Reitz-Scheunemann E. Die Abrechnung der digitalen Volumentomografie. <https://www.iww.de/pa/abrechnungswissen/roentgenleistungen-die-abrechnung-der-digitalen-volumentomografie-f95467> (Zuletzt abgerufen 30.03.2023).

- 73 Langnickel R, Held P. Wertigkeit der MRT in der Diagnostik von Tumoren im Bereich des Schläfenbeins, des Nasopharynx, der Nase, der Nebenhöhlen und der kranialen Abschnitte des Parapharyngealraumes. *Laryngorhinootologie* 1992; 71: 283–92. <https://doi.org/10.1055/s-2007-997297>.
- 74 Frakes MA, Evans T. Evaluation and management of the patient with LeFort facial fractures. *Journal of Trauma Nursing* 2004; 11: 95-101; quiz 102. <https://doi.org/10.1097/00043860-200411030-00002>.
- 75 Nakib S, Schön R. Mittelgesichtsfrakturen. *Der MKG-Chirurg* 2014; 7: 35–38. <https://doi.org/10.1007/s12285-013-0382-7>.
- 76 Chuong R, Kaban LB. Fractures of the zygomatic complex. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1986; 44: 283–88. [https://doi.org/10.1016/0278-2391\(86\)90079-0](https://doi.org/10.1016/0278-2391(86)90079-0).
- 77 World Health Organization. The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders. Clinical descriptions and diagnostic guidelines. Reprinted. Geneva: World Health Organization, 2009.
- 78 International Classification of Diseases (ICD). <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases> (Zuletzt abgerufen 26.03.2023).
- 79 Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. ICD-10-GM - Historie und Ausblick - Versionsverlauf. <https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-10-GM/Historie/Versionsverlauf/versionsverlauf.html?nn=932842> (Zuletzt abgerufen 26.03.2023).
- 80 Mocker D. Eine neue Klassifikation der Krankheiten. Mit der ICD-11 ist 2022 eine neue Version der Internationalen Klassifikation der Krankheiten in Kraft getreten. Doch was bedeutet das? Ein Führer durch den Code-Dschungel. *Spektrum.de* 17.01.2022.
- 81 Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. ICD-10-GM Version 2023. <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2023/block-s00-s09.htm> (Zuletzt abgerufen 26.03.2023).
- 82 Aust R, Drettner B. The functional size of the human maxillary ostium in vivo. *Acta Otolaryngol* 1974; 78: 432–35. <https://doi.org/10.3109/00016487409126376>.
- 83 Vidya C, Shamasundar NM, Manjunatha B, Raichurkar K. Evaluation of Size and Volume of Maxillary Sinus to Determine Gender By 3D Computerized Tomography Scan Method using dry Skulls of South Indian Origin 2013.
- 84 Kim H-J, Yoon H-R, Kim K-D, et al. Personal-computer-based three-dimensional reconstruction and simulation of maxillary sinus. *Surg Radiol Anat* 2003; 24: 393–99. <https://doi.org/10.1007/s00276-002-0058-x>.

-
- 85 Sahlstrand-Johnson P, Jannert M, Strömbeck A, Abul-Kasim K. Computed tomography measurements of different dimensions of maxillary and frontal sinuses. *BMC Medical Imaging* 2011; 11: 8. <https://doi.org/10.1186/1471-2342-11-8>.
- 86 Ekizoglu O, Inci E, Hocaoglu E, Sayin I, Kayhan FT, Can IO. The use of maxillary sinus dimensions in gender determination: a thin slice multidetector computed tomography assisted morphometric study. *J Craniofac Surg* 2014; 25: 957–60. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000000734>.
- 87 Urooge A, Patil BA. Sexual Dimorphism of Maxillary Sinus: A Morphometric Analysis using Cone Beam Computed Tomography. *J Clin Diagn Res* 2017; 11: ZC67-ZC70. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25159.9584>.
- 88 Amusa Y, Eziyi J, Akinlade O, et al. Volumetric measurements and anatomical variants of paranasal sinuses of Africans (Nigerians) using dry crania. *IJMMS* 2011: 303–99. <https://doi.org/10.5897/IJMMS.9000254>.
- 89 Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Naaimi AS, Al-Timimi JF. Evaluation of maxillary sinus dimensions in gender determination using helical CT scanning. *J Forensic Sci* 2011; 56: 403–08. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01642.x>.
- 90 Mildenerger P, Eichelberg M, Martin E. Introduction to the DICOM standard. *Eur Radiol* 2002; 12: 920–27. <https://doi.org/10.1007/s003300101100>.
- 91 Noah. How To Calculate Voxel Size In Ct – modeladvisor.com. <https://www.modeladvisor.com/how-to-calculate-voxel-size-in-ct/> (Zuletzt abgerufen 10.04.2023).
- 92 Zhou X. Automatic Segmentation of Multiple Organs on 3D CT Images by Using Deep Learning Approaches. *Adv Exp Med Biol* 2020; 1213: 135–47. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33128-3_9.
- 93 Buller J, Kreppel M, Maus V, Zirk M, Zöller JE. Risk of frontal sinus anterior table fractures after craniofacial trauma and the role of anatomic variations in frontal sinus size: A retrospective case-control study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 2019; 47: 611–15. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2019.01.018>.
- 94 Lorkiewicz-Muszyńska D, Kociemba W, Rewekant A, et al. Development of the maxillary sinus from birth to age 18. Postnatal growth pattern. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2015; 79: 1393–400. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2015.05.032>.
- 95 Langford RJ, Sgouros S, Natarajan K, Nishikawa H, Dover MS, Hockley AD. Maxillary volume growth in childhood. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111: 1591–97. <https://doi.org/10.1097/01.PRS.0000057971.87632.37>.

-
- 96 Microsoft, Frankroj, paolomatarazzo, et al. BitLocker. <https://learn.microsoft.com/de-de/windows/security/information-protection/bitlocker/bitlocker-overview> (Zuletzt abgerufen 02.04.2023).
- 97 Withopf M, Beier A. Sperrgebiet. SecurStick: Verschlüsselung ohne Admin-Rechte. *c't* 2010.
- 98 Yushkevich PA, Gerig G. ITK-Snap Website. PMWiki (Zuletzt abgerufen 13.12.2022).
- 99 Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage* 2006; 31: 1116–28. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.015>.
- 100 Buller J, Bömelburg C, Kruse T, Zirk M. Does Maxillary Sinus Size Affect the Risk for Zygomatic Complex Fractures? *Clin Anat* 2022. <https://doi.org/10.1002/ca.23986>.
- 101 IBM Corp. IBM SPSS Statistics for Windows. Armonk, NY: IBM Corp. <https://hadoop.apache.org>.
- 102 SPSS Statistics - Überblick. <https://www.ibm.com/de-de/products/spss-statistics> (Zuletzt abgerufen 14.12.2022).
- 103 DocCheck Flexikon. Deutsche Horizontale. https://flexikon.doccheck.com/de/Deutsche_Horizontale. lizenziert unter CC BY-NC-SA (Zuletzt abgerufen 24.09.2023).
- 104 Xie L, Shao Y, Hu Y, Li H, Gao L, Hu H. Modification of surgical technique in isolated zygomatic arch fracture repair: seven case studies. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2009; 38: 1096–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2009.05.004>.
- 105 Randall DA, Bernstein PE. Epistaxis balloon catheter stabilization of zygomatic arch fractures. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1996; 105: 68–69. <https://doi.org/10.1177/000348949610500112>.
- 106 Kelamis JA, Mundinger GS, Feiner JM, Dorafshar AH, Manson PN, Rodriguez ED. Isolated bilateral zygomatic arch fractures of the facial skeleton are associated with skull base fractures. *Plast Reconstr Surg* 2011; 128: 962–70. <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e3182268cf3>.
- 107 Gomes PP, Passeri LA, Barbosa JRdA. A 5-year retrospective study of zygomatico-orbital complex and zygomatic arch fractures in Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2006; 64: 63–67. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2005.09.012>.
- 108 Ariji Y, Ariji E, Yoshiura K, Kanda S. Computed tomographic indices for maxillary sinus size in comparison with the sinus volume. *Dentomaxillofacial Radiology* 1996; 25: 19–24. <https://doi.org/10.1259/dmfr.25.1.9084281>.

- 109 Sharma SK, Jehan M, Kumar A. Measurements of maxillary sinus volume and dimensions by computed tomography scan for gender determination. *Journal of the Anatomical Society of India* 2014; 63: 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.jasi.2014.04.007>.
- 110 Schriber M, Bornstein MM, Suter VGA. Is the pneumatisation of the maxillary sinus following tooth loss a reality? A retrospective analysis using cone beam computed tomography and a customised software program. *Clinical Oral Investigations* 2019; 23: 1349–58. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2552-5>.
- 111 Kühnel TS, Reichert TE. Traumatologie des Mittelgesichts. *Laryngorhinootologie* 2015; 94 Suppl 1: S206-47. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396873>.
- 112 Bundeskriminalamt. Polizeiliche Kriminalstatistik (PKS) 2021 - BKA Bund Falltabellen. https://www.bka.de/DE/AktuelleInformationen/StatistikenLagebilder/PolizeilicheKriminalstatistik/PKS2021/pks2021_node.html (Zuletzt abgerufen 13.11.2022).
- 113 Rodriguez-Martinez A, Zhou B, Sophiea MK, et al. Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants. *The Lancet* 2020; 396: 1511–24. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31859-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31859-6).
- 114 Buller J, Maus V, Grandoch A, Kreppel M, Zirk M, Zöller JE. Frontal Sinus Morphology: A Reliable Factor for Classification of Frontal Bone Fractures? *J Oral Maxillofac Surg* 2018; 76: 2168.e1-2168.e7. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2018.06.020>.
- 115 Lee J-H, Park J-T. Three-Dimensional Evaluation of the Frontal Sinus in Koreans. *Int J Environ Res Public Health* 2022; 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159605>.
- 116 Cascone P, Petrucci B, Ramieri V, Marianetti TM. Security Hi-tech Individual Extra-light Device Mask: a new protection for soccer players. *Journal of Craniofacial Surgery* 2008; 19: 772–76. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e31816b1ad4>.

7. Anhang

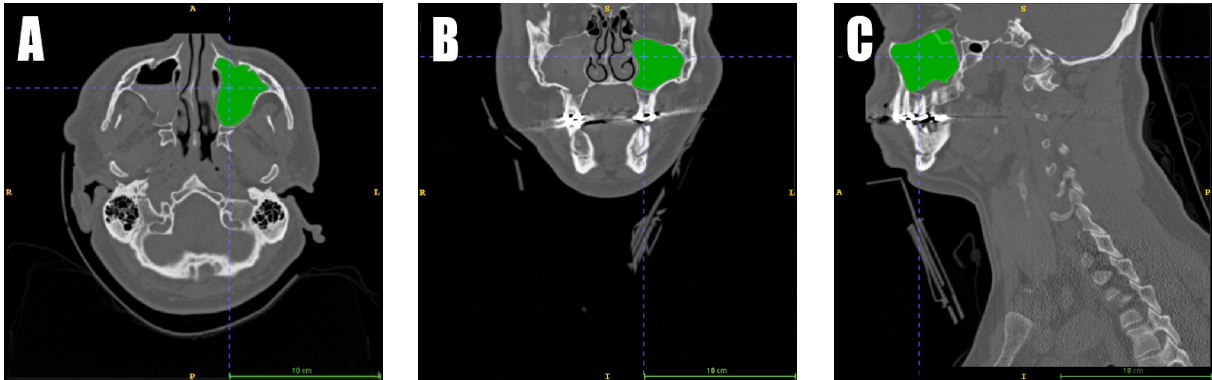


Abb. 19: CT-Aufnahme mit wenig dislozierter Jochbeinfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün)

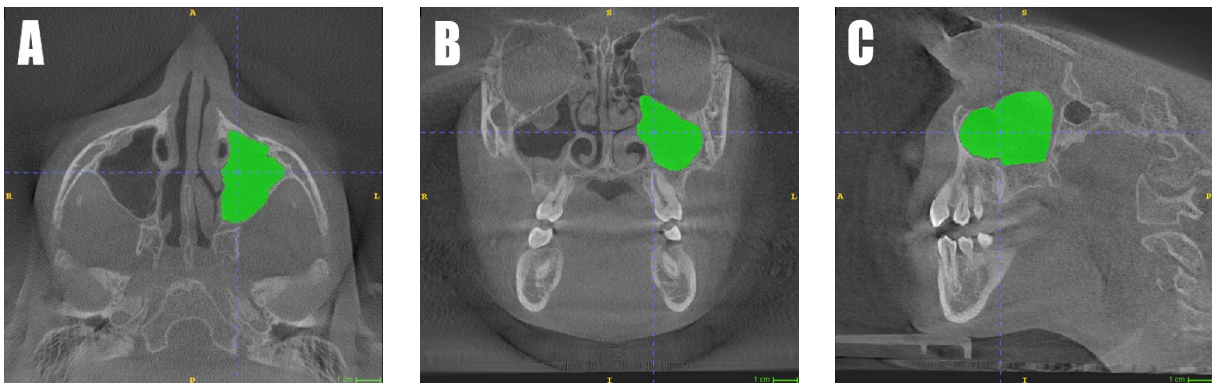


Abb. 20: DVT-Aufnahme mit nicht dislozierter Orbitabodenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün)

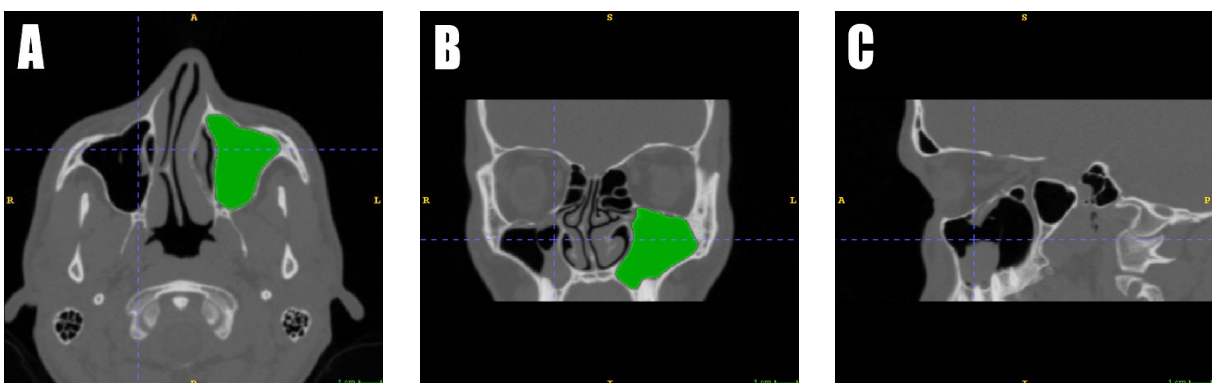


Abb. 21: CT-Aufnahme mit stark dislozierter Orbitabodenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün)

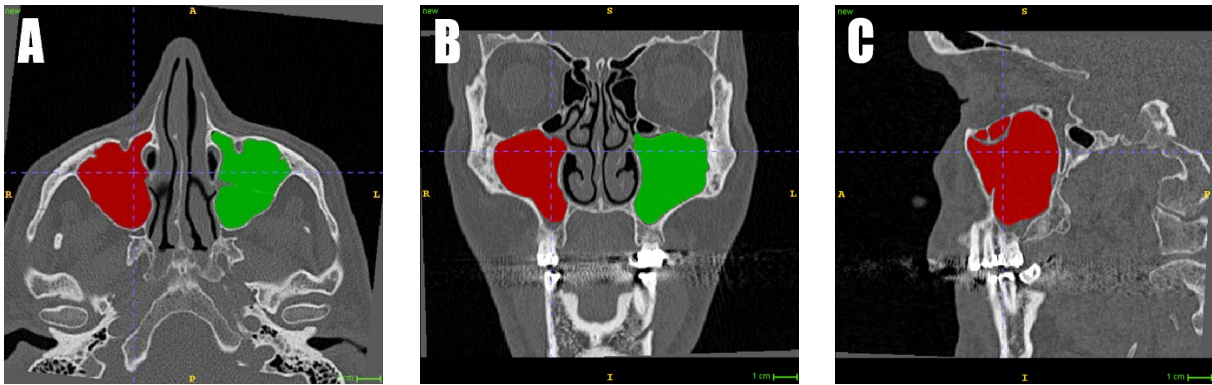


Abb. 22: CT-Aufnahme mit nicht dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün)

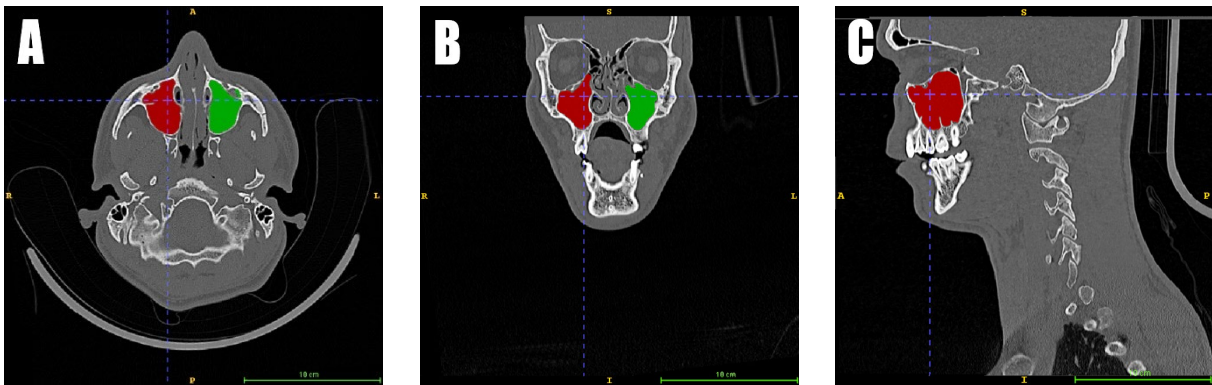


Abb. 23: CT-Aufnahme mit wenig dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün)

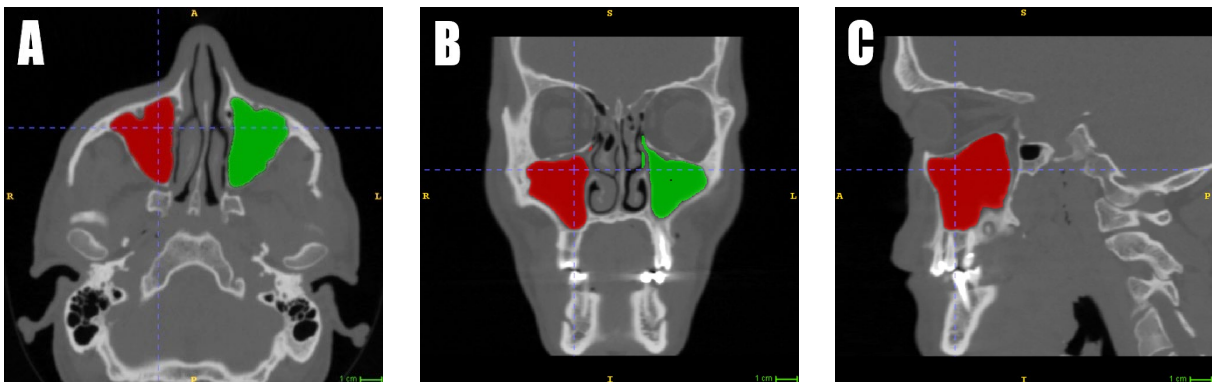


Abb. 24: CT-Aufnahme mit stark dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün)

Autoren	Erhebungs- zeitraum und Land	Studiengröße	Alter der Patienten/Un- tersuchungs- objekte in Jahren	Sinusvolumen in mm ³		
				männlich	weiblich	alle
Jun et al., 2005 ²⁵	2002/03 Korea	238 Kieferhöhlen	0 bis 80	18.360	12.699	15.765
Aktuna Belgin et al., 2019 ²²	2009-2016 Türkei	200 Patienten	18 bis >55	15.810	13.585	14.542
Uthman, Al-Rawi et al. 2011 ⁸⁹	Irak	88 Patienten	20 bis 49	Keine Volumenbestimmung		
C. Vidya et al., 2013 ⁸³	2011 Indien	30 Köpfe PM	N/A	13.553	10.321	12.260
Kim et al., 2003 ⁸⁴	2002 Korea	33 Köpfe PM	Durchschnitt 55,8	18.000	11.100	15.100
Y. Amusa et al., 2011 ⁸⁸	2011 Nigeria	24 Köpfe PM	Erwachsene	N/A	N/A	13.285
Sahlstrand-Johnson et al., 2011 ⁸⁵	2011 Schweden	60 Patienten	Durchschnitt 40 (18 bis 64)	18.000	14.500	15.700
Urooge and Patil, 2017 ⁸⁷	2015/16 Indien	100 Patienten	20 bis 50	16.660	16.740	16.700
Ekizoglu et al., 2014 ⁸⁶	2013 Türkei	140 Patienten	>18	19.355	13.407	16.381
Unsere Studie, 2022 ¹⁰⁰	2011-2016 Deutschland	89 + 110 Patienten	15 bis 65	19.218	15.392	18.391
	nur Kontrollgruppe	110 Patienten		18.535	14.620	17.645
	nur Studiengruppe	89 Patienten		20.035	16.464	19.313

Tab. 17: Studienvergleich Sinusgrößen ¹⁰⁰

				Frakturart					
				Jochbein	Orbitaboden	Jochbogen	Unterkiefer		
Anzahl	n								
Geschlecht	m	Dislokation	nicht disloziert	0	11	2			
			wenig disloziert	33	12	7			
			stark disloziert	38	7	6			
		gesamt	71	30	15	85			
		w	Dislokation	nicht disloziert	0	2	0		
				wenig disloziert	13	4	1		
	stark disloziert			5	3	0			
	gesamt	Dislokation	gesamt	18	9	1	25		
	gesamt	Dislokation	nicht disloziert	0	13	2			
			wenig disloziert	46	16	8			
			stark disloziert	43	10	6			
			gesamt	89	39	16	110		
Volumen			Mittelwert (Std. Abw.)	in mm ³					
Geschlecht			m	Dislokation	nicht disloziert		18903 (±6060)	22935 (±1987)	
	wenig disloziert	19416 (±5141)			19325 (±3344)	18900 (±3317)			
	stark disloziert	20573 (±5471)			20699 (±7331)	15237 (±5076)			
	gesamt	20035 (±5314)		19491 (±5341)	17973 (±4621)	18535 (±4602)			
	w	Dislokation		nicht disloziert		18793 (±364)			
				wenig disloziert	15608 (±3030)	19133 (±5324)	16220		
			stark disloziert	18687 (±5215)	19952 (±783)				
	gesamt	Dislokation	gesamt	16464 (±3859)	19330 (±3322)	16220	14620 (±4054)		
	gesamt	Dislokation	nicht disloziert		18886 (±5534)	22935 (±1987)			
			wenig disloziert	18340 (±4924)	19277 (±3725)	18565 (±3214)			
			stark disloziert	20354 (±5416)	20475 (±6008)	15237 (±5076)			
			gesamt	19313 (±5237)	19454 (±4909)	17863 (±4486)	17645 (±4760)		
Höhe			Mittelwert (Std. Abw.)	in mm					
Geschlecht			m	Dislokation	nicht disloziert		36,7 (±5,45)	41,48 (±0,21)	
	wenig disloziert	37,41 (±4,50)			36,09 (±4,89)	39,16 (±4,16)			
	stark disloziert	38,66 (±3,83)			37,9 (±3,83)	32,32 (±7,32)			
	gesamt	38,07 (±4,17)		36,74 (±4,78)	36,73 (±6,41)	36,42 (±4,18)			
	w	Dislokation		nicht disloziert		37,78 (±0,95)			
				wenig disloziert	34,55 (±3,70)	35,65 (±8,13)	31,69		
			stark disloziert	35,33 (±3,51)	36,83 (±1,61)				
	gesamt	Dislokation	gesamt	34,76 (±3,56)	36,52 (±5,14)	31,69	31,61 (±5,35)		
	gesamt	Dislokation	nicht disloziert		36,87 (±5,00)	41,48 (±0,21)			
			wenig disloziert	36,6 (±4,44)	35,98 (±5,55)	38,22 (±4,67)			
			stark disloziert	38,27 (±3,91)	37,58 (±3,26)	32,32 (±7,32)			
			gesamt	37,41 (±4,25)	36,69 (±4,79)	36,42 (±6,32)	35,33 (±4,88)		
Breite			Mittelwert (Std. Abw.)	in mm					
Geschlecht			m	Dislokation	nicht disloziert		26,72 (±3,99)	32,87 (±3,61)	
	wenig disloziert	27,63 (±3,58)			27,9 (±2,53)	29,37 (±4,99)			
	stark disloziert	27,61 (±3,52)			29,11 (±4,39)	26,22 (±3,16)			
	gesamt	27,62 (±3,52)		27,75 (±3,57)	28,58 (±4,53)	27,68 (±3,15)			
	w	Dislokation		nicht disloziert		26,67 (±1,65)			
				wenig disloziert	26,53 (±2,80)	27,81 (±5,62)	27,58		
			stark disloziert	26,84 (±4,32)	31,02 (±2,63)				
	gesamt	Dislokation	gesamt	26,62 (±3,15)	28,63 (±4,17)	27,58	26,41 (±4,37)		
	gesamt	Dislokation	nicht disloziert		26,71 (±3,67)	32,87 (±3,61)			
			wenig disloziert	27,32 (±3,38)	27,88 (±3,32)	29,14 (±4,67)			
			stark disloziert	27,52 (±3,57)	29,68 (±3,91)	26,22 (±3,16)			
			gesamt	27,42 (±3,46)	27,95 (±3,68)	28,51 (±4,38)	27,39 (±3,48)		
Tiefe			Mittelwert (Std. Abw.)	in mm					
Geschlecht			m	Dislokation	nicht disloziert		41,22 (±3,80)	38,22 (±6,08)	
	wenig disloziert	40,1 (±3,55)			39,72 (±2,71)	39 (±2,28)			
	stark disloziert	40,11 (±3,05)			39,59 (±2,69)	36,94 (±3,97)			
	gesamt	40,11 (±3,26)		40,24 (±3,14)	38,07 (±3,39)	39,79 (±3,62)			
	w	Dislokation		nicht disloziert		39,38 (±3,67)			
				wenig disloziert	38,35 (±2,67)	40,17 (±2,23)	36,13		
			stark disloziert	37,56 (±2,29)	39,1 (±0,40)				
	gesamt	Dislokation	gesamt	38,13 (±2,53)	39,64 (±1,97)	36,13	37,47 (±4,82)		
	gesamt	Dislokation	nicht disloziert		40,94 (±3,70)	38,22 (±6,08)			
			wenig disloziert	39,61 (±3,39)	39,83 (±2,54)	38,64 (±2,34)			
			stark disloziert	39,81 (±3,06)	39,44 (±2,22)	36,94 (±3,97)			
			gesamt	39,71 (±3,22)	40,1 (±2,90)	37,95 (±3,31)	39,27 (±4,02)		

Tab. 18: Gesamtauswertung Sinusgrößen mit Unterkategorien Geschlecht und Dislokationsgrad

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schädelknochen des Neuro- (grau) und Viscerocranium (orange) in (a) lateraler und (b) frontaler Ansicht. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. C, S. 13 aus Prometheus ¹¹	11
Abb. 2:	Hauptkraftlinien (blau), Ansicht von (a) lateral und (b) frontal. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. B, S. 15 aus Prometheus ¹¹	12
Abb. 3:	Nasennebenhöhlen. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb. C, S. 15 aus Prometheus ¹¹	13
Abb. 4:	Unterkiefer Ansicht von links. Eigene Darstellung.....	14
Abb. 5:	NNH-Aufnahme in o.m. (links) und o.f. (rechts), Kieferhöhlen (1), Stirnhöhlen (2), Keilbeinhöhle (3), Siebbeinzellen (4) ⁶⁷	19
Abb. 6:	OPTG simuliert aus DVT der Kontrollgruppe; Pfeil zeigt Unterkieferfraktur.....	19
Abb. 7:	DVT aus der Kontrollgruppe in (a) axialer, (b) koronaler und (c) sagittaler Ansicht	20
Abb. 8:	Bruchlinien bei Mittelgesichtsfrakturen in der Einteilung nach Le Fort, (a) I, (b) II, (c) III. Eigene Darstellung in Anlehnung an Abb E, S. 15 aus Prometheus ¹¹	22
Abb. 9:	Voxel versus Pixel. Hier Beispiel: Dimensionen des Voxels 0,5 x 0,5 x 3 mm, da die Schichtdicke des zu Grunde liegenden CTs / DVTs 3 mm beträgt.	27
Abb. 10:	Ablauf Studie	29
Abb. 11:	DVT-Aufnahme mit stark dislozierter Jochbeinfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün) ¹⁰⁰	31
Abb. 12:	CT-Aufnahme mit wenig dislozierter Orbitabodenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit rechtsseitig gemessenem Volumen (rot).....	32
Abb. 13:	DVT-Aufnahme aus der Kontrollgruppe in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt. D zeigt das gemessene Volumen des Sinus: Rechts (rot), links (grün) ¹⁰⁰	33
Abb. 14:	Säulendiagramm Fallzahlen nach Frakturgruppen aufgeteilt nach Geschlecht.....	35

Abb. 15: Säulendiagramm der Anzahl der Traumata nach Ursache, Frakturgruppe und Dislokation.....	37
Abb. 16: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - Jochbeinfrakturen vs. Kontrollgruppe	42
Abb. 17: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - nur stark dislozierte Jochbeinfrakturen vs. Kontrollgruppe	42
Abb. 18: Boxplots der Größenmesswerte der Sinus maxillares - Orbitabodenfrakturen vs. Kontrollgruppe	43
Abb. 19: CT-Aufnahme mit wenig dislozierter Jochbeinfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün).....	62
Abb. 20: DVT-Aufnahme mit nicht dislozierter Orbitabodenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün).....	62
Abb. 21: CT-Aufnahme mit stark dislozierter Orbitabodenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit linksseitig gemessenem Volumen (grün).....	62
Abb. 22: CT-Aufnahme mit nicht dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur rechts in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün)	63
Abb. 23: CT-Aufnahme mit wenig dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün).....	63
Abb. 24: CT-Aufnahme mit stark dislozierter, isolierter Jochbogenfraktur links in (A) axialer, (B) koronaler und (C) sagittaler Ansicht dargestellt mit beidseitig gemessenen Volumen (rot und grün).....	63

7.2. Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Abkürzungsverzeichnis.....	8
Tab. 2:	Einteilung Frakturarten nach der Bruchmechanik ¹⁷	18
Tab. 3:	Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Knight und North ¹⁰	22
Tab. 4:	Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Schwenzer und Steinhilber ⁶⁶	23
Tab. 5:	Klassifikation von Mittelgesichtsfrakturen nach Herzog und Austermann ⁵	24
Tab. 6:	Auszug aus ICD-10-GM Version 2023 S02.1-S02.9 Gesichtsschädelfrakturen ⁸¹	25
Tab. 7:	Übersicht Frakturgruppen.....	35
Tab. 8:	Seitenvergleich innerhalb der Kontrollgruppe.....	36
Tab. 9:	Deskriptiver Vergleich Fall- und Kontrollgruppen.....	37
Tab. 10:	Fallzahlen Trauma Ätiologie der Fallgruppen.....	38
Tab. 11:	Fallzahlen und Sinusgrößen der Jochbeinfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation ¹⁰⁰	39
Tab. 12:	Fallzahlen und Sinusgrößen der Orbitabodenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation.....	40
Tab. 13:	Fallzahlen und Sinusgrößen der isolierten Jochbogenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig von der Dislokation.....	41
Tab. 14:	Fallzahlen und Sinusgrößen der Jochbeinfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht ¹⁰⁰	43
Tab. 15:	Fallzahlen und Sinusgrößen der Orbitabodenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht.....	44
Tab. 16:	Fallzahlen und Sinusgrößen der isolierten Jochbogenfrakturen- und Kontrollgruppe abhängig vom Geschlecht.....	44
Tab. 17:	Studienvergleich Sinusgrößen ¹⁰⁰	64
Tab. 18:	Gesamtauswertung Sinusgrößen mit Unterkategorien Geschlecht und Dislokationsgrad.....	65

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Aus vorliegender Studie wurde im Jahr 2022 folgender Artikel veröffentlicht:

“Does Maxillary Sinus Size Affect the Risk for Zygomatic Complex Fractures?” von Buller J., Bömelburg C., Kruse T., Zirk M. in Clinical Anatomy, New York 2022