

Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde Tübingen  
Abteilung Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie

**Behandlungsergebnisse operativ versorgter Frakturen  
des Collum mandibulae  
- eine retrospektive Auswertung von 2007–2016 -**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Walker, Uwe Albert  
aus  
Tübingen  
2019

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. M. Kimmel

2. Berichterstatter: Professor Dr. A. Nüssler

Tag der Disputation: 20.05.2019

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1 Frakturen.....	1
1.2 Anatomie und Biomechanik des Unterkiefers .....	2
1.3 Bruchebenen des Unterkiefers.....	3
1.4 Gelenksfortsatzfrakturen .....	7
1.4.1 Klinische Diagnostik .....	8
1.4.2 Röntgendiagnostik.....	9
1.4.3 Operative vs. konservative Therapie .....	10
1.4.4 Osteosynthese.....	12
1.4.5 Operative Zugänge zur Gelenksfortsatzregion.....	14
1.5 Fragestellung .....	16
2. Patienten und Methoden .....	17
2.1 Patienten .....	17
2.2 Untersuchungsmethodik .....	17
2.3 Röntgenbilder.....	22
2.4 Statistik.....	22
3. Ergebnisse.....	24
3.1 Patienten .....	24
3.1.1 Alter und Geschlecht .....	24
3.1.2 Nachuntersuchungszeitraum.....	24
3.1.3 Unfallereignis.....	24
3.1.4 Klassifikation der Frakturen.....	26
3.1.5 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	26
3.2 Einseitige vs. beidseitige Frakturen .....	28
3.2.1 Häufigkeiten.....	28

3.2.2 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	29
3.3 Isolierte vs. kombinierte Frakturen .....	35
3.3.1 Häufigkeiten.....	35
3.3.2 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	36
3.4 Luxations- vs. nicht Luxationsfrakturen.....	41
3.4.1 Häufigkeiten.....	41
3.4.2 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	41
3.5 Stabile vs. instabile Osteosynthese .....	46
3.5.1 Häufigkeiten.....	46
3.5.2 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	47
4. Diskussion .....	52
4.1 Gesamtkollektiv.....	52
4.1.1 Epidemiologie .....	52
4.1.2 Klassifikation.....	53
4.1.3 Schmerzen und funktionelle Parameter .....	53
4.2 Subgruppen.....	55
4.2.1 Einseitige vs. beidseitige Frakturen.....	55
4.2.2 Isolierte Kollumfrakturen vs. kombinierte Unterkieferfrakturen.....	56
4.2.3 Luxierte vs. nicht luxierte Kollumfrakturen.....	56
4.2.4 Stabile vs. instabile Osteosynthese.....	57
4.3 Beantwortung der Fragen .....	59
5. Zusammenfassung .....	61
6. Literaturverzeichnis .....	63
7. Erklärungen zum Eigenanteil.....	69

# 1. Einleitung

## 1.1 Frakturen

Als Fraktur bezeichnet man die Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens und deren daraus entstandenen Fragmente. Die meisten Frakturen resultieren aus adäquaten traumatischen Ereignissen. Dabei werden die direkten Frakturen, die beispielsweise durch einen Schlag oder einen Stoß, welche oft mit großen Weichteilschäden einhergehen, von den indirekten, die durch Hebelkräfte entstehen, unterschieden. Frakturen inadäquater Traumata werden als Spontanfraktur bezeichnet. Trotz physiologisch einwirkender Kraft bricht der Knochen auf Grund einer weiteren Erkrankung wie zum Beispiel Osteoporose. Wiederholte Einwirkungen von Mikrotraumen werden als Ermüdungsbruch bezeichnet, wie beispielsweise die Marschfraktur [1]. Generell werden Frakturen in disloziert und nicht disloziert unterschieden, die sich wiederum um die Art der Dislokation nach Wassmund unterscheiden: [2]

### a) **Dislocatio ad longitudinem cum contractione**

Verschiebung in der Längsachse mit Verkürzung durch Übereinanderschieben der Fragmente

### b) **Dislocatio ad longitudinem cum distractione**

Verschiebung in der Längsachse mit Auseinanderklaffen der Fragmente

### c) **Dislocatio ad axim**

Achsenabknickung

### d) **Dislocatio ad latus**

Verschiebung zur Seite

### e) **Dislocatio ad peripheriam**

Rotation um die Längsachse

Als Primärheilung wird die Kontaktheilung bezeichnet. Dabei handelt es sich um die adäquate Heilung eines frakturierten Knochens. Um diese zu gewährleisten, muss der Knochen durch stabile Druckosteosynthese in korrekter Position fixiert und stabilisiert werden.

Bei der Sekundärheilung wie z. B. bei einer konservativen Therapie mit Gipsverband einer Knochenfraktur entsteht zunächst ein fibrocartilaginäres Gewebe, welches den Defekt bedeckt. Binnen Wochen entsteht eine Narbe aus Geflechtknochen, die als Kallus bezeichnet wird. Durch sog. modeling und remodeling baut sich der Kallus im Verlauf mehrerer Monate zum ursprünglichen Lamellenknochen zurück.

Bei einer Defektheilung entsteht eine Pseudoarthrose, was die Bildung eines falschen Gelenks bedeutet. Symptome sind abnorme Beweglichkeit und Schmerzen unter Belastung [1, 2].

## **1.2 Anatomie und Biomechanik des Unterkiefers**

Der Unterkiefer nimmt auf Grund seiner zentralen Stellung im Gesichtsschädel eine große Rolle in Bezug auf Funktion und Ästhetik ein. Er ist an mehreren Dingen im Alltag maßgeblich beteiligt. Dazu gehören Mastikation, Sprache, Mimik und das äußere Erscheinungsbild. Schädigungen und Dysfunktionen können die Lebensqualität erheblich beeinträchtigen [3, 4].

Er ist der einzige frei bewegliche Teil des Gesichtsschädels und wird mit diesem durch das Kiefergelenk verbunden. Knöchern besteht er aus zwei Gelenkköpfen, den zugehörigen Hälsen und Fortsätze, den Muskelfortsätzen, den Kieferwinkeln und dem Unterkieferkörper. Außerdem bietet der Unterkieferkörper Platz für die Alveolarfortsätze und dessen Zähne. Durch das sich relativ mittig vom Unterkieferast und lingual liegende Foramen mandibulae läuft der Nervus alveolaris inferior, ein Ast des Nervus mandibularis bzw. des Nervus trigeminus. Dieser versorgt die Zähne sensibel und tritt am Foramen mentale wieder aus, welches sich vestibulär im Bereich der Prämolaren und mittig des Unterkieferkörpers befindet. Ab dem Austrittspunkt wird er Nervus

mentalis genannt und versorgt den Kinnbereich und Teile der Unterlippe sensibel. Das Foramen mentale ist von klinischer Bedeutung, da dort die Drucksensibilität des Nervs geprüft wird [5].

Die Biomechanik des Unterkiefers wird bis heute kontrovers diskutiert [6], wobei sie sich am ehesten mit einem Klasse III Hebel vergleichen lässt [7]. Hierbei bilden die Gelenkköpfe das Rotationszentrum, der Kaudruck den Widerstand und die Kaumuskulatur die einwirkenden Kräfte. Einwirkende Kräfte lassen vor allem im Bereich des Kieferwinkels Spannungs- und Kompressionszonen entstehen.

So entsteht physiologisch beispielsweise beim Abbeißen mit den Frontzähnen ein Druck auf die Zahnfächer, welcher sich durch die Aufhängung des Zahnes an den Sharpey'schen Fasern als Zug auf das Knochenfach ableitet. Der Unterkiefer erfährt dabei eine Spannung im oberen und eine Kompression im unteren Teil des Kieferwinkels.

Außerdem spielen die Muskelansätze und deren Zugrichtung eine große Rolle. So ziehen die Musculi masseter, temporalis und pterygoideus medialis den Unterkiefer von relativ weit dorsal nach kranial, was vor allem bei einem etwas weiter ventral liegenden Kauzentrum zu Kompressionen im kaudalen und Spannung im kranialen Teil des Unterkieferkorpus führt [8].

### **1.3 Bruchebenen des Unterkiefers**

#### Alveolarfortsatz

Die mit einer Häufigkeit von 4,5 % aller Unterkieferfrakturen einhergehenden Alveolarfortsatzfrakturen entstehen meist durch traumatische Ereignisse wie durch einen Schlag oder einen Sturz. Häufig sind sie mit Verletzungen der umliegenden Weichgewebe verbunden und dislozieren in vertikaler oder ventraler Richtung.

### Symphyse

Symphysenfrakturen können ebenfalls durch einen Schlag oder einen Sturz verursacht werden, allerdings auch indirekt als Folge beidseitiger Belastung bei Durchbiegung des Kinnbogens. Dislokationen entstehen auf Grund sich beidseitig ausgleichender Muskelzüge kaum. 19,2 % der Unterkieferfrakturen sind Symphysenfrakturen, wobei ein Großteil paramedian verläuft.

### Unterkieferkörper

Frakturen des Unterkieferkörpers werden in weiteren Bruchlinien erfasst. So gibt es Brüche im Eckzahnbereich, die oftmals mit Gelenkfortsatzfrakturen einhergehen. Da das proximale Bruchstück durch die Mundschließer mehr oder weniger in Okklusion gezogen wird und das distale durch die suprahyoidale Muskulatur nach kaudal, entsteht meist ein schräg verlaufender Frakturspalt mit einem offenen Biss. Bei Brüchen im prämolaren und im molaren Bereich lässt sich ähnliches beobachten. Einseitige Frakturen sind oft indirekte Biegungsbrüche. Doppelbrüche des Unterkieferkörpers entstehen durch direkte Gewalteinwirkung auf Grund der Spangenform des Unterkiefers nach dem „Coup et Contrecoup“-Verfahren. Insgesamt kommen Frakturen des Unterkieferkörpers mit einer Häufigkeit von 18,1 % vor.

### Kieferwinkel

Mit 16,2 % bricht der Unterkiefer am Kieferwinkel vergleichsweise häufig. Dabei ist in Bezug auf die Dislokation entscheidend, ob der Bruchverlauf vor oder innerhalb der Masseter-Pterygoideus-Schlinge ist. Ist er innerhalb, so disloziert das proximale Teil kaum bis gar nicht. Ein Sonderfall ist ein Mitabriss des dort ansetzenden Sehnenspiegels. In diesem Fall gelangt das proximale Bruchstück in die ad latus Stellung. Bei den selten vorkommenden Bruchverläufen vor der Muskelschlinge wird das proximale Stück durch den Muskelzug angehoben, wodurch sich das distale Fragment nach vorne verlagert.

### Aufsteigender Ast

Die durch sehr große Krafteinwirkung von kaudal mit der geringen Häufigkeit von 11,3 % auftretenden Frakturen des aufsteigenden Astes verlaufen horizontal oder vertikal. Beim vertikalen Verlauf durch die Incisura semilunaris hängt die Dislokation von der Beteiligung der Muskelschlinge ab. Ist sie verletzt, so wird das proximale Bruchstück nach außen in ad lateris Stellung verlagert, während das distale durch die Mundschließer nach cranial gezogen wird. Dadurch resultiert eine Okklusionsstellung der Molaren der betroffenen Seite bei gleichzeitig frontalem offenem Biss in Folge des Zuges der Mundöffner von kaudal. Bei unverletzter Muskelschlinge disloziert keiner der beiden Bruchstücke.

Horizontal verlaufende Brüche des aufsteigenden Astes kommen auf Grund der viel häufiger auftretenden Brüche des Collums sehr selten vor. Die Dislokation hängt wieder von der Abrissbeteiligung der umliegenden Muskulatur ab. Meist wird das proximale Fragment durch den Musculus temporalis nach kranial geneigt und durch den Musculus pterygoideus lateralis nach medial gezogen. Dadurch entsteht eine ad lateris Stellung in anteriomedialer Richtung. Das distale Bruchstück wird von den Mundöffnern in Richtung kaudal gezogen, so dass ein offener Biss resultiert.

### Processus muscularis

In 3,3 % der Unterkieferfrakturen bricht der Muskelfortsatz in Folge einer schweren Jochbeinfraktur indirekt als Biegebuch oder gemeinsam mit einer Gelenkfortsatzfraktur, wenn die einwirkenden Kräfte noch ausreichen, den Muskelfortsatz gegen die Crista infratemporalis zu stoßen. Dislokationen spielen keine große Rolle.

## Gelenkfortsatz

Frakturen des Gelenkfortsatzes, auch Kollumfrakturen genannt, sind mit 27,4 % aller Unterkieferfrakturen die häufigsten [9].

Der Gelenkfortsatz ist wegen seiner Morphologie, die sich vom aufsteigenden Ast verjüngt und zum Gelenkkopf wieder verbreitert, die anatomisch schwächste Stelle des Unterkiefers.

Meistens frakturiert der Gelenkfortsatz **indirekt**, wie zum Beispiel durch einen Schlag oder einen Aufprall auf das Kinn und den dadurch resultierenden Kräften nach dorsal. Bei geradliniger Krafteinwirkung kann es durch die Kräfteverteilung auf beide Gelenkfortsätze zu einer doppelseitigen Fraktur kommen, die mit einer direkten Fraktur im Bereich der Symphyse einhergehen kann. Durch schräg von vorne auf das Kinn einwirkende Kräfte kommt es zur Fraktur des Fortsatzes der gegenüberliegenden Seite, die mit einer direkten paramedianen Fraktur im Bereich der Symphyse vergesellschaftet sein kann. Außerdem kann die Kraft von unten auf den Kieferwinkel oder von hinten auf den aufsteigenden Ast einwirken, was zur Fraktur des jeweiligen Fortsatzes führen kann.

Bei Schlägen auf die Gelenkgegend kann es zu **direkten** Frakturen des darunter liegenden Fortsatzes oder durch eine Kräfteübertragung, je nach Stellung des Unterkiefers, in seltenen Fällen auch zu indirekten Frakturen kommen [10].

Gelenkfortsatzfrakturen werden in der Literatur bezüglich des therapeutischen Vorgehens kontrovers diskutiert und benötigen auf Grund ihrer vielfältigen Erscheinungsformen weitere Unterteilungen.

#### 1.4 Gelenksfortsatzfrakturen

Die heutzutage gebräuchlichste und klinisch gut umsetzbare Einteilung der Frakturen des Gelenkfortsatzes ist die nach Spiessl und Schroll [10]. Dabei werden folgende Typen unterschieden:

- Typ I: Kollumfraktur ohne wesentliche Dislokation
- Typ II: Tiefe Kollumfraktur mit Dislokation
- Typ III: Hohe Kollumfraktur mit Dislokation
- Typ IV: Tiefe Kollumfraktur mit Luxation
- Typ V: Hohe Kollumfraktur mit Luxation
- Typ VI: Kapitulumfraktur

Da Spiessl lediglich zwischen hohen und tiefen Kollumfrakturen unterscheidet und die Frakturlinien nicht klar definiert, empfiehlt es sich die sogenannte „Loukota Linie“ – auch „sigmoid notch line“ bezeichnet – bei der Klassifikation zu nutzen. Diese beschreibt die Verbindung des tiefsten Punktes der Incisura mandibulae senkrecht zur posterioren Ramuslinie.

Außerdem werden nach Loukota Spiessls hohe Kollumfrakturen als Halsfrakturen und die tiefen als Basisfrakturen bezeichnet. Eine Halsfraktur liegt vor, wenn mindestens die Hälfte des Bruchspaltes oberhalb der Loukota-Linie liegt. Andernfalls liegt eine Basisfraktur vor [11].

Neff [12] beschreibt die aktuelle AO-CMF-Trauma-Klassifikation von Kiefergelenkfortsatzfrakturen, wobei der marginale Unterschied zu Loukota darin besteht, dass anstatt die Hälfte der Bruchlinie oberhalb der Loukota-Linie nun nur mindestens ein Drittel darüber liegen muss, um von einer Halsfraktur oder hohen Kollumfraktur zu sprechen. Außerdem beschreibt die neue Klassifikation die genaue Stellung des proximalen Fragmentes zum Distalen, was eine dreidimensionale Bildgebung mittels DVT oder CT voraussetzt.

### **1.4.1 Klinische Diagnostik**

Klinisch zeigen sich Frakturen des Kiefergelenkfortsatzes von extraoral in der Regel mit einer druckdolenten Schwellung im Bereich der Fraktur. Wegen der Krafteinwirkung nach dorsokranial kann das Unterkieferköpfchen den Meatus acusticus externus partiell nach dorsal verlagern, was mit einer Schalleitungsschwerhörigkeit der betroffenen Seite und einer Blutung aus dem entsprechenden Gehörgang einhergehen kann. Durch das beidseitige Palpieren der Gehöreingänge mit den kleinen Fingern während einer Mundöffnungsbewegung lässt sich feststellen, ob das Unterkieferköpfchen auf der betroffenen Seite aus der Pfanne hinausgleitet. Durch Druck auf das Kinn in Richtung dorsal oder von unten auf den entsprechenden Kieferwinkel nach kranial, verspüren die Patienten meist einen Schmerz auf der betroffenen Seite. Bei dislozierten einseitigen Frakturen beschreiben die Patienten Okklusionsstörungen und Unterkieferbewegungsstörungen zur gesunden Seite hin. Die Okklusionsstörungen zeigen sich sowohl durch einen offenen Biss in der Front als auch auf der gesunden Seite im Bereich der Molaren kombiniert mit einer Mittellinienverlagerung zur kranken Seite hin.

Bei dislozierten beidseitigen Frakturen erscheint klinisch ein frontal offener Biss, da die aufsteigenden Äste beidseits an den proximalen Bruchstücken vorbeigleiten. Dadurch sind die Rami verkürzt, was einen beidseitigen Frühkontakt im Bereich der Molaren zur Folge hat. Die Mittellinie ist nicht verschoben. Die Unterkieferbewegungen zeigen sich sehr eingeschränkt, vor allem in der Protrusions- und Seitwärtsbewegung. Da der Unterkiefer bei disloziert beidseitigen Frakturen während der Mundöffnungsbewegung keine Abstützung nach dorsal hat, kann es auf Grund einer Dorsalverlagerung des Unterkiefers zu Atembehinderungen kommen.

### 1.4.2 Röntgendiagnostik

Neben der klinischen Diagnostik sind Röntgenbilder in zwei Ebenen von zentraler Bedeutung. Dabei werden routinemäßig eine Schädelaufnahme in posterior-anteriorer Richtung  $15^\circ$  nach Clementschitsch (Schädel p. a.  $15^\circ$ ) und ein Orthopantomogramm (OPT) angefertigt (s. Abb. 1+2).



Abbildung 2: Schädel p. a.  $15^\circ$  mit einer nach medial luxierten Kollumfraktur links

Bei Verdacht auf Mittelgesichts-beteiligungen wird den oben genannten Aufnahmen ein CT vorgezogen, um unnötige Strahlenbelastungen zu vermeiden. Weitere diagnostische Verfahren spielen in der Regel keine Rolle. Um weichgewebige Anteile wie zum Beispiel den Discus articularis genauer zu untersuchen, kann ein MRT in Betracht gezogen werden.



Abbildung 1: OPT mit einer nach medial luxierten Kollumfraktur links

### **1.4.3 Operative vs. konservative Therapie**

Prinzipiell sind für Frakturen des Gelenkfortsatzes zwei Behandlungswege denkbar:

#### Konservative Therapie

Über eine intermaxilläre Fixation mit einer Schienung nach Schuchardt oder mittels IMF Schrauben wird die Fraktur ruhiggestellt. Hierbei sollte zunächst der Fokus auf die notwendige Festigkeit der Fixation gelegt werden, die sich in erster Linie aus der Art der Fraktur und der Compliance des Patienten zusammensetzt. So liegt der Vorteil der Schienung nach Schuchardt in ihrer Stabilität. Die IMF Schrauben hingegen lassen sich schneller eingliedern, schonen das Parodontium und haben ein geringeres Verletzungsrisiko für den Behandler und den Patienten während der Eingliederung [13, 14].

#### Operative Therapie

Hierbei wird mittels Miniplattenosteosynthese, wie bereits 1960 beschrieben [15], oder mit einer Zugschraubenosteosynthese [16, 17] jeweils mit oder ohne begleitender intermaxillärer Fixation verfahren.

Diese beiden Behandlungswege werden in der Literatur bis heute kontrovers diskutiert. Das liegt neben den allgemeinen Operationsrisiken in Intubationsnarkose vor allem an dem schwierigen Zugang zum Gelenkfortsatz und dem damit verbundenen Risiko einer Verletzung des Nervus facialis. Außerdem scheint auf mittelfristige Sicht das neuromuskuläre System einiges in Bezug auf knöcherne Fehlstellungen des Gelenkfortsatzes zu kompensieren. Somit kommt die subjektive Beurteilung des Behandlungsergebnisses durch die Patienten dem konservativen Behandlungsweg entgegen [18, 19]. Außerdem scheinen, verglichen mit einer gesunden Vergleichsgruppe, die konservativ versorgten Patienten aus mastikatorischer Sicht ähnliche Ergebnisse wie die operativ versorgten zu erzielen [19, 20].

In der Vergangenheit gab es eine Vielzahl von Studien, die retrospektiv die beiden Behandlungsmethoden verglichen [21-26]. Dies führte dazu, dass die präoperativen Situationen der beiden Vergleichsgruppen nicht wirklich

vergleichbar waren, da stark dislozierte und luxierte Frakturen eher auf chirurgischem Weg therapiert wurden [27].

Aktuelle prospektive Studien zeigen einen Trend zu einem besseren oder mindestens gleichwertigen Ergebnis nach chirurgischer Behandlung von dislozierten und luxierten Frakturen des Gelenkfortsatzes [4, 28-34], wobei es nach Berner noch weitere prospektive Studien braucht, um von Signifikanz sprechen zu können [35]. Gemessen werden die Ergebnisse anhand der Schneidekantendistanz, der Lateral- und Protrusionsbewegungen, der Wiederherstellung der Länge des Unterkieferastes, der Okklusion und der Schmerzfreiheit [27, 36].

Generell gilt es eine solche Operation nach gewissen Kriterien abzuwägen. So wird bei Kindern bis zwölf Jahren zunächst von einer Operation abgeraten und erst nach einem schlechten Ergebnis bei der Re-Evaluierung die OP-Indikation gestellt [30]. Für Jugendliche ab 13 Jahren und Erwachsene gelten dieselben Regeln, wonach ab einer Verkürzung des Unterkieferastes um mehr als zwei Millimeter und/oder einer Abknickung des proximalen Bruchstückes von mehr als 10° eine Operation empfohlen wird [29, 31, 37].

Absolute OP-Indikationen sind Luxationsfrakturen, Frakturen mit erheblicher Dislokation mit Abknickungen des proximalen Bruchstückes um mehr als 30° und/oder einer Verkürzung des Unterkieferastes von mehr als vier Millimetern, Frakturen mit nichteinstellbarer Okklusion unter konservativer Therapie und Frakturen mit einer Interposition von Weichgewebe, was eine Pseudoarthrose zur Folge hätte [38-41].

Tendenziell gelten für den gesamten Unterkiefer die allgemeinen Prinzipien der Traumatologie, wonach in erster Linie das Ausmaß der Dislokation die Indikation für einen operativen Eingriff stellt. Im Aufklärungsgespräch mit dem Patienten sollten bei einer operativen Therapie neben den allgemeinen Risiken einer Intubationsnarkose auf die Gefahr einer Fazialisverletzung und Narbenbildungen hingewiesen werden. Die Gesamtbehandlungszeit ist beim operativen Weg kürzer und beim konservativen Verfahren zeigt die Literatur ein größeres Risiko für einen chronischen Schmerz. Aus funktioneller Sicht haben

konservativ behandelte Patienten ein höheres Risiko für eine Okklusionsstörung. Hinzu kommt die größere Wahrscheinlichkeit einer Deviation bei der Mundöffnungsbewegung, was ästhetisch beeinträchtigend sein kann. Unter Berücksichtigung dieser genannten Aspekte sollte der behandelnde Arzt sich gemeinsam mit dem Patienten für einen der beiden Wege entscheiden und im Zweifel eine weitere Meinung hinzuziehen [27, 42].

#### **1.4.4 Osteosynthese**

Unter einer Osteosynthese versteht man die offene Darstellung des Knochenbruchs und einer Stoß auf Stoß anatomisch korrekten Repositionierung und funktionsstabilen Verbindung der Fragmente. Dies dient der möglichst schnellen und schmerzfreien Mobilisation des verletzten Knochens. Bei guter Osteosynthese ist röntgenologisch keine Kallusbildung nachweisbar, sodass von einer direkten Knochenheilung ausgegangen werden kann [10, 42].

Die beiden Hauptverfahren der Osteosynthese für Frakturen am Gelenkfortsatz sind zum einen die Zugschraubenosteosynthese und zum anderen die Osteosynthese mit Miniplatten [27].

Bei der Zugschraubenosteosynthese handelt es sich um ein stabiles Verfahren mit dem Vorteil, dass das proximale Bruchstück an das distale herangezogen wird. Das minimiert den Frakturspalt und kann sich positiv auf den Heilungsprozess auswirken [16, 17]. Das distale Fragment wird bei dieser Technik entweder senkrecht von der Unterkieferbasis aus [17] oder schräg von der Mitte des Unterkieferastes aus [16] vorgebohrt. Diese Bohrung dient als Gleitloch für die Schraube, welches also im Durchmesser etwas größer als die Schraube sein muss. Das proximale Fragment hingegen wird in einem geringeren Durchmesser vorgebohrt, damit das Gewinde der Schraube noch gut im Knochen greift. Beim Ansetzen und Festdrehen der Schraube kann nun das distale an das proximale Fragment gezogen werden, ohne von der Schraube selbst auf Distanz gehalten zu werden [43]. Da diese Technik sehr

schwierig und in Folge dessen sehr fehleranfällig ist, ist sie im chirurgischen Alltag nur vereinzelt zu finden [27].

Das weitaus mehr verbreitete System der Miniplattenosteosynthese gilt bei günstigen Platzverhältnissen als die stabilste Form der Osteosynthese am Unterkiefergelenkfortsatz [44]. Dabei werden zwei 2.0 Miniplatten mit im Idealfall jeweils zwei Schrauben am proximalen und distalen Fragment angebracht. Zunächst wird eine Platte am dorsalen Rand des aufsteigenden Astes angebracht, die dem Zug des Musculus pterygoideus lateralis entgegenwirkt, den Gelenkkopf in der korrekten Stellung hält und die vertikale Dimension sichert. Um eine bessere Rotationsstabilität zu erreichen, wird die zweite Platte am ventralen Rand in Richtung Incisura semilunaris gesetzt [45, 46]. Ähnliche Eigenschaften haben Trapezoid-, 3-D- oder Deltaplaten mit dem Vorteil nur eine Platte und vielleicht weniger Schrauben zu benötigen [47, 48]. Sie sind jedoch etwas schwieriger in der Anpassung an den aufsteigenden Ast und möglicherweise aus Platzgründen manchmal von vornherein kontraindiziert.

In einer aktuellen Studie wird erneut mit den von Kirschner 1909 entwickelten „k wires“ am Unterkiefergelenkfortsatz experimentiert, wobei die Autoren selbst die Ergebnisse lediglich als befriedigend bezeichnen [49], was bestätigt, dass dieses Verfahren eher Teil der Vergangenheit ist.

Ein weiteres Verfahren ist die Fixation der beiden Fragmente mit zwei Positionierungsschrauben aus Titan [50] oder neuerdings auch mit Ultraschall aktivierten resorbierbaren Platten und Pins [51-53]. Dieses ist indiziert, wenn aus Platzgründen keine Miniplatte möglich ist. Neuere Studien beschreiben eine ausreichende Stabilität während des Heilungsprozesses bei den resorbierbaren Materialien und erwähnen keine entzündlichen Prozesse während der Resorption [52, 53]. Vorteilhaft ist auch, dass keine Metallentfernung in Erwägung gezogen werden muss. Des Weiteren können Kinder und Jugendliche von den resorbierbaren Materialien profitieren, da resorbierbares Material dem wachsenden Skelett deutlich weniger im Wege steht.

Zusammenfassend ist die Miniplattenosteosynthese das geläufigste und meist erprobte Verfahren für Frakturen am Gelenkfortsatz [27]. An den schwieriger erreichbaren Gelenkregionen werden die resorbierbaren Materialien eher in Betracht gezogen [53].

#### **1.4.5 Operative Zugänge zur Gelenkfortsatzregion**

Für den Chirurgen ist es eine sehr anspruchsvolle Aufgabe Frakturen am Gelenkfortsatz darzustellen. Dennoch sind mehrere Zugänge möglich. Hierbei werden die Zugänge nach Frakturhöhe und nach trans- und extraoralem Zugang differenziert. Transorale Zugänge sind unübersichtlicher, eher den tieferen Frakturen vorbehalten und sollten endoskopisch assistiert sein. Zugänge von extraoral werden von anatomischen Strukturen wie Ästen des Nervus facialis, der Glandula parotis und dem äußeren Gehörgang eingeengt.

Der insgesamt am kaudalsten gelegene Zugang für den Gelenkfortsatz ist der hohe submandibuläre Zugang, auch periangulärer Zugang genannt. Dieser Zugang gilt als relativ sicherer Zugang, da der Ramus marginalis des Nervus facialis gut darstellbar ist, sich kaudal der Inzision befindet und somit von dem nötigen Hakenzug nach kranial verschont bleibt. Die Hautinzision erfolgt ca. 1 cm unterhalb des Unterkieferrandes und zieht sich der ersten Hautfalte am Hals folgend über eine Länge von ca. 4-5 cm um den Kieferwinkel herum. Dem Platysma folgend wird bis ca. 1 cm oberhalb des Unterkieferrandes präpariert, wo nach sicherer Darstellung des Ramus marginalis der Musculus masseter durchtrennt wird, um subperiostal zur Fraktur zu gelangen [54].

Als alternativen Zugang bietet sich der retromandibuläre Zugang an. Er gilt als sichere Alternative zum periangulären Zugang [55]. Die Hautinzision beginnt 0,5 cm unterhalb des Ohrläppchens und verläuft ca. 4 cm parallel zum aufsteigenden Ast des Unterkiefers nach kaudal. Um zur Frakturstelle zu kommen gibt es mehrere Möglichkeiten, wobei der direkte Weg durch die Parotis auf Grund des geringen Risikos Nerven zu verletzen und der guten Übersicht wegen am beliebtesten zu sein scheint und dazu noch die besten Ergebnisse bringt [56]. Hierbei wird die Kapsel der Parotis dargestellt, welche

horizontal eröffnet wird, um zur Fraktur zu gelangen [54]. Der Vorteil dieses Zuganges liegt im kurzen Weg zwischen Hautinzision und Fraktur. Etwaige postoperative Speichelfisteln sistieren in der Regel spontan [27].

Der transorale Zugang ermöglicht eine von extraoral narbenfreie Alternative, um zum Gelenkfortsatz zu gelangen. Die Schleimhautinzision verläuft am anterioren Rand des Unterkieferastes. Samt dem Periost wird der Musculus masseter nach lateral verdrängt, um die Fraktur darzustellen [54]. Mit dem Endoskop sollte nach der Repositionierung der dorsale Rand des Unterkieferastes kontrolliert werden, damit Versätze der Knochenfragmente vermieden werden. Auf Grund der schlechten Sichtverhältnisse eignet sich dieser Zugang eher für wenig dislozierte oder etwas stärker nach lateral dislozierte tiefe Frakturen [27]. Für komplexere Frakturen sollte ein anderer Zugang gewählt werden [57].

Für hohe Gelenkfortsatzfrakturen und diakapituläre Frakturen bietet sich der präaurikuläre Zugang an. Die Hautinzision beginnt auf Höhe des Tragus und wird dann entlang des Ohransatzes nach kranial erweitert. Anschließend wird auf dem Musculus temporalis bis hin zum Periost des Arcus zygomaticus durchpräpariert, um von dort aus unter sicherer Schonung der Fazialisnerven von kranial an die Kiefergelenksregion zu kommen [58]. In einer Studie von 2013 sehen die Autoren diesen Zugang sogar als Universalzugang für alle Etagen am Gelenkfortsatz [59].

In die obere Gelenkregion gelangt man auch gut über den retroaurikulären Zugang. Er hat den Vorteil einer guten Übersicht über die Gelenkregion und einer quasi unsichtbaren Narbe hinter der Ohrmuschel. Hierbei wird die Haut ca. 2-3 mm hinter dem Ohransatz halbmondförmig um das Ohr herum inzidiert. Danach folgt die scharfe Durchtrennung des Meatus acusticus externus und die Präparation unterhalb des Musculus temporalis bis hin zur Gelenkregion [54]. Der guten Übersicht [60] und der geringen Gefahr einer Nervenschädigungen steht die Durchtrennung des Meatus acusticus gegenüber, der narbig einengen kann. Durch mehrschichtige Nähte und postoperative Tamponaden kann die Narbenbildung allerdings auf ein Minimum reduziert werden [61].

## 1.5 Fragestellung

Gegenstand dieser Arbeit war die Auswertung von Patientendaten, die von 2007 bis 2016 an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Tübingen nach einer Fraktur am Gelenkfortsatz des Unterkiefers operiert wurden.

Hierbei wurde das Augenmerk vor allem auf die unterschiedlichen Frakturmuster und deren spezifischen Behandlungsergebnisse gelegt.

Somit konnten folgende Fragestellungen formuliert werden:

1. Erzielen beidseitige oder einseitige Frakturen des Collum mandibulae bessere Behandlungsergebnisse?
2. Erzielen kombinierte Frakturen des Unterkiefers oder isolierte Frakturen des Collum mandibulae bessere Behandlungsergebnisse?
3. Erzielen Luxations- oder nicht Luxationsfrakturen bessere Behandlungsergebnisse?
4. Sind Frakturversorgungen mit zwei Platten stabiler als diejenigen mit einer Platte?
5. Haben Plattenbrüche oder -lockerungen eine Auswirkung auf das Behandlungsergebnis?

## **2. Patienten und Methoden**

Die Grundlage dieser Untersuchung bildeten die Daten von 65 Patienten mit insgesamt 76 Frakturen am Gelenkfortsatz des Unterkiefers, die im Zeitraum vom 01.01.2007 bis 31.12.2016 operiert wurden.

### **2.1 Patienten**

Im oben genannten Zeitraum wurden 162 Patienten mit Frakturen am Gelenkfortsatz operiert. Patienten mit einer Fraktur des Gelenkfortsatzes in Kombination mit Frakturen des Mittelgesichts wurden ausgeschlossen. In die Studie eingeschlossen wurden letztlich 65 Patienten mit isolierten Unterkieferfrakturen, bei denen im Rahmen einer Nachsorgeuntersuchung klinische Daten zur postoperativen Okklusion, zu Schmerzen, zur maximalen Mundöffnung, der maximalen Protrusionsbewegung, der maximalen Laterotrusionsbewegungen und der obligatorischen Kontrolle des Ramus marginalis erhoben werden konnten.

### **2.2 Untersuchungsmethodik**

#### Prüfung der Okklusion

Bei dieser Untersuchung galt die Aufmerksamkeit dem gleichmäßigen Schlussbiss. Nach frontaler Betrachtung der geschlossenen Zahnreihen wurde die Ansicht von rechts mit der Ansicht von links verglichen (s. Abb. 3-5). Bei Unsicherheiten konnte Okklusionsfolie bei der Überprüfung des Schlussbisses helfen. Ein Zeichen einer durch die Fraktur entstandenen Fehlokklusion war der einseitig offene Biss. Bei älteren Patienten ließ sich zusätzlich die Okklusion gut über die durch die Abnutzung entstandenen Schliiffacetten überprüfen.



Abbildung 3:  
Schlussbissstellung, Ansicht von frontal



Abbildung 4:  
Schlussbissstellung, Ansicht von links



Abbildung 5:  
Schlussbissstellung, Ansicht von rechts

### Ermittlung der Schmerzen

Um Schmerzen einschätzen zu können, wurde eine von 0–100 skalierte visuelle Analogskala (VAS) angewendet. Dies ist ein semiquantitatives Verfahren, um die subjektive Empfindungsstärke von Schmerz eines Patienten messen zu können. Um die Zahlenbarriere zu umgehen, wurde auf der Vorderseite die „Smiley Skala“ verwendet (s. Abb. 6+7).



Abbildung 6:  
Vorderseite der visuellen Analogskala (VAS)



Abbildung 7:  
Rückseite der visuellen Analogskala (VAS)

### Messung der maximalen Mundöffnung (mm)

Die maximale Mundöffnung wurde mit einem Lineal gemessen. Für die Messung der maximalen Mundöffnung musste der inzisale Überbiss zur gemessenen Schneidekantendistanz addiert werden. Bei dem abgebildeten Fall also 46 mm Schneidekantendistanz plus 3 mm Überbiss ergab dies eine maximale Mundöffnung von 49 mm (s. Abb. 8–10).



Abbildung 8:  
Markierung des inzisalen Überbisses mittels Lineal



Abbildung 9:  
Darstellung des Überbisses bei offenem Mund



Abbildung 10:  
Messung der maximalen Mundöffnung

### Messung der maximalen Protrusion (mm)

Für die Messung der maximalen Protrusion musste der inzisale Overjet berücksichtigt werden. Um Messfehler zu vermeiden, wurden die vestibulären Flächen der Inzisiven als Referenzpunkt genommen. Somit würde in dem abgebildeten Fall ein Overjet von 2 mm der Distanz von 5 mm der beiden vestibulären Flächen der Inzisiven hinzugezählt werden, um auf eine maximale Protrusion von 7 mm zu kommen (s. Abb.11 + 12).



Abbildung 11:  
Registrierung des Overjets



Abbildung 12:  
Messung der Protrusion

### Messung der maximalen Laterotrusion (mm)

Bei der Messung der Laterotrusionsbewegung wurde die Distanz der Mittellinien der beiden oberen und unteren Inzisiven bei maximaler Lateralbewegung gemessen. Diese fand unter Berücksichtigung der Mittellinie statt. Wenn also die Mittellinie der oberen und unteren ersten Inzisiven in der Schlussokklusion nicht übereinstimmte, musste diese Diskrepanz bei der Messung berücksichtigt werden. In diesem Fall stimmte die Mitte und es konnte eine Lateralbewegung nach links von 9 mm gemessen werden (s. Abb. 13 + 14).



Abbildung 13:  
Mittellinienbestimmung in Schlussbissstellung



Abbildung 14:  
Maximale Lateralbewegung nach links

Die Lateralbewegungen wurden in beiden Richtungen gemessen. Um die Daten für die Auswertung nutzbar zu machen, wurden anstatt „linkslateral“ und „rechtslateral“ die Begrifflichkeiten „Lateralbewegung zur Frakturseite“ und „Lateralbewegung zur nicht Frakturseite“ verwendet. Bei beidseitigen Frakturen wurden die beiden Lateralbewegungen summiert und durch zwei dividiert und somit ein Mittelwert für die „Lateralbewegung zur Frakturseite“ angenommen, da hier die „Lateralbewegung zur nicht Frakturseite“ entfiel.

#### Überprüfung der Funktion des Ramus marginalis des Nervus facialis

Der Ramus marginalis wurde auf seine Funktion überprüft, indem der Patient einmal lächelte und einen Kussmund formte. Eine Fehlfunktion hätte beim Lächeln auf der betroffenen Seite eine hängende Unterlippe bedeutet. Beim Kussmund wäre die betroffene Seite nach kranial gezogen erschienen (s. Abb. 15 + 16).



Abbildung 15:  
Lächelnde Patientin



Abbildung 16:  
Ausformung eines Kussmundes

### **2.3 Röntgenbilder**

Die prä- und postoperativen Röntgenbilder wurden ausgewertet und das Frakturmuster bestimmt. Anhand der Bilder wurden die Fragen

*Handelte es sich um eine einseitige oder um eine beidseitige Fraktur des Unterkiefergelenkfortsatzes?*

*Handelte es sich um eine isolierte Fraktur des Unterkiefergelenkfortsatzes oder um eine kombinierte Fraktur mit einer Unterkieferkorpusbeteiligung?* beantwortet.

Anschließend wurden die Frakturen nach Spiessl und Schroll [10] und wenn ein CT vorhanden war nach neuer AO-CMF-Trauma-Klassifikation [12] klassifiziert, um primär luxierte von nicht luxierten Frakturen und hohe von tiefen Frakturen unterscheiden zu können. Die Klassifikation nach Spiessl und Schroll wurde dahingehend modifiziert, dass die tiefen und hohen Gelenkfortsatzfrakturen anhand der Loukota Linie [11] und der von Neff beschriebenen 1/3 zu 2/3 Regel der AO-CMF-Trauma-Klassifikation differenziert wurden [12].

An den postoperativen Bildern wurden die Anzahl der verwendeten Platten und Schrauben sowie die knöcherne Konsolidierung bzw. Plattenbrüche oder -lockerungen bestimmt.

### **2.4 Statistik**

Alle für die Untersuchung nötigen Daten wurden anhand einer Exceltabelle erfasst und für die Auswertung in IBM SPSS Statistics v25 geladen.

Für alle Auswertungen wurden die Parameter Schmerzen, maximale Mundöffnung, Laterotrusion und Protrusion mit dem Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung getestet [62]. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p > 0,05$  festgelegt. Bei  $p > 0,05$  galten die Werte als normalverteilt.

Für die nach Shapiro-Wilk nicht normalverteilten Parameter wurden zur weiteren Veranschaulichung Histogramme erstellt.

Anschließend wurde – unter Berücksichtigung, dass bei diesem Test eigentlich entweder eine Normalverteilung der Werte innerhalb der Gruppe nach z. B.

Shapiro-Wilk vorliegen musste, oder die Vergleichsgruppen eine ähnliche Population größer 30 gehabt haben sollten [63] – ein t-Test [64] für alle Parameter durchgeführt.

Da die Voraussetzung eines t-Tests die Varianzgleichheit war, ging diesem ein Test auf Varianzgleichheit nach Levene voraus [65]. Dieser Test vertrat die Nullhypothese, was bedeutete, wenn seine Werte  $p > 0,05$  waren, die Nullhypothese nicht abgelehnt werden konnte, die Varianzen also als gleich betrachtet werden konnten.

Um die vermuteten Unterschiede der in den Tests verglichenen Gruppen statistisch signifikant zu prüfen, wurde die 2-seitige Signifikanz des t-Tests verwendet, deren Signifikanzniveau auf  $p < 0,05$  gelegt wurde.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Patienten

#### 3.1.1 Alter und Geschlecht

Das mittlere Alter der in die Studie eingeschlossenen Patienten betrug beim Unfallhergang 38,3 Jahre. Der jüngste Patient wurde mit 14 Jahren operiert, der älteste war 75 Jahre alt (s. Tab.1).

Tabelle 1: Alter der untersuchten Patienten zum Unfallzeitpunkt

	Anzahl (n)	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Alter (Jahre)	65	14	75	38,3	17,5

22 Patienten (33,8 %) waren weiblich und 43 (66,2 %) männlich.

#### 3.1.2 Nachuntersuchungszeitraum

Im Durchschnitt wurden die für die Studie relevanten Funktionsparameter 5,3 Jahre nach dem Trauma im Rahmen einer Nachsorgeuntersuchung erhoben. Der kürzeste Zeitraum zwischen Operation und Erhebung der Funktionsparameter betrug 1,1 Jahre und der längste 11,2 Jahre (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Durchschnittliches Nachuntersuchungsintervall

	Anzahl (n)	Minimum	Maximum	Mittelwert	Std.-Abweichung
Nachuntersuchungsintervall (Jahre)	65	1,1	11,2	5,3	2,8

#### 3.1.3 Unfallereignis

Bezüglich des Unfallereignisses konnten insgesamt sieben Gruppen erstellt werden.

1. Häuslich                      Unfälle im häuslichen Umfeld
2. Freizeit                        Unfälle bei Freizeitaktivitäten
3. Rad                              Fahrradstürze
4. Gewalt                         Gewaltdelikte
5. Pkw                              Autounfälle
6. Geschäftlich                 Unfälle im Rahmen der Arbeit
7. Motorrad/Mofa              Motorrad- oder Mofaunfälle

Diese ließen sich auf Grund der quantitativen Verteilung in eine Haupt- und eine Nebengruppe aufteilen. So teilten sich 59 Patienten, das entsprach 90 % aller Patienten, relativ gleichmäßig auf die Ereignisse Häuslich, Freizeit, Rad und Gewalt auf. Die verbleibenden 6 Patienten (ca. 10 %) verteilten sich gleichmäßig auf die Ereignisse Pkw, Geschäftlich und Motorrad/Mofa (s. Abb. 17).

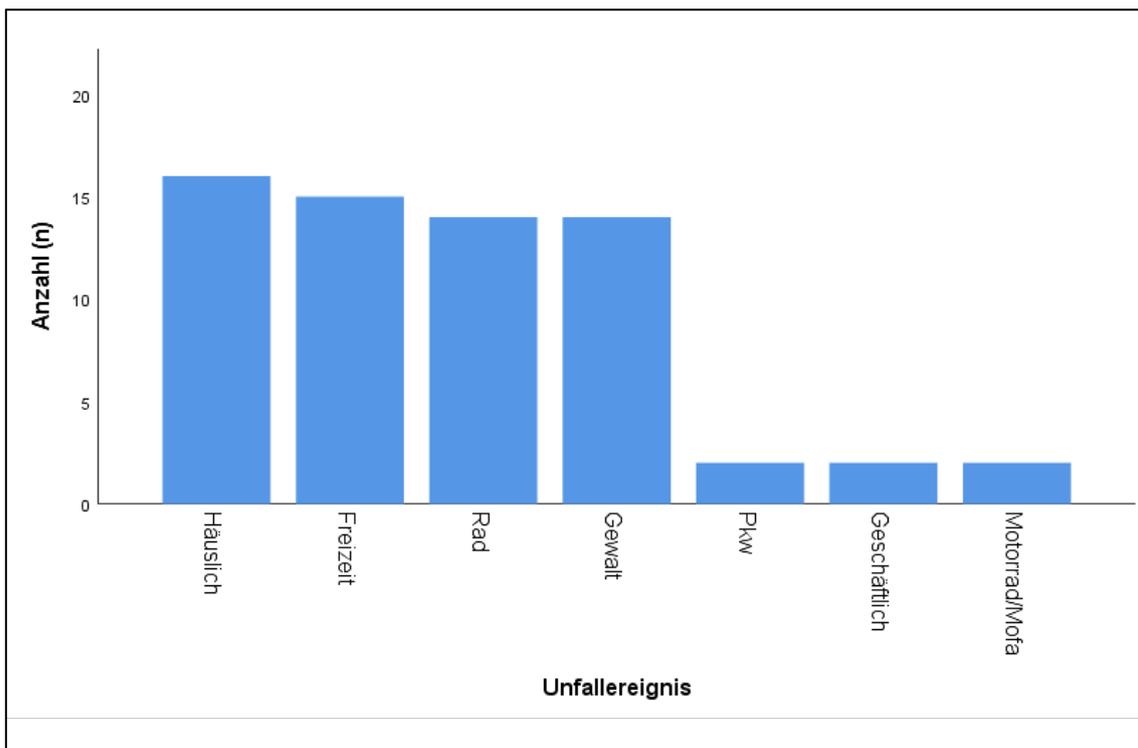


Abbildung 17: Verteilung der Patienten auf das Unfallereignis

Die folgende Abbildung zeigt die Geschlechterverteilung von Frauen und Männern in Bezug auf das Unfallereignis. Hierbei fiel vor allem in der Hauptgruppe auf, dass Frauen und Männer im häuslichen Alltag und auf dem Rad gleichermaßen oft stürzten, wohingegen Männer riskantere Freizeitaktivitäten auszuüben schienen und sich deutlich öfter in gewalttätige Auseinandersetzungen verwickelten (s. Abb. 18).

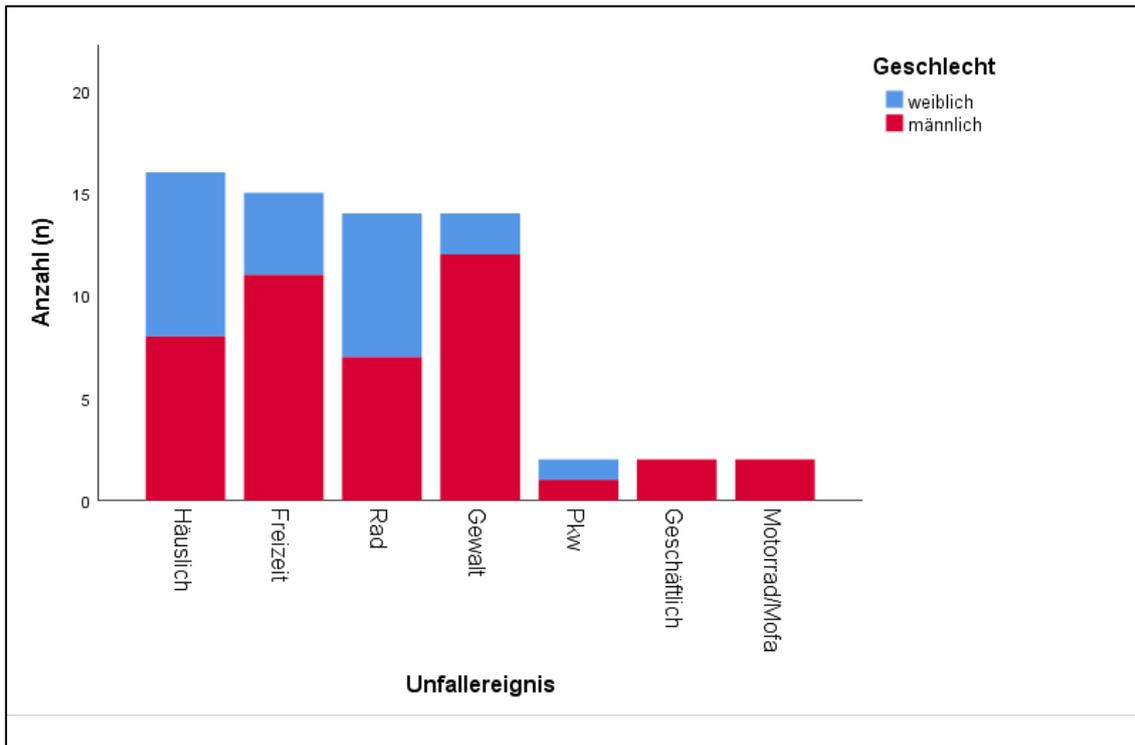


Abbildung 18: Geschlechterverteilung in Bezug auf das Unfallereignis

### 3.1.4 Klassifikation der Frakturen

74 Frakturen konnten modifiziert nach Spiessl und Schroll klassifiziert werden. Dabei fiel auf, dass mit 42 Frakturen über 55 % dem Typ 2, den tiefen dislozierten Gelenkfortsatzfrakturen, zugeordnet waren. Hohe Frakturen des Typ 3 waren mit acht Fällen hingegen seltener. Außerdem konnten elf Frakturen dem Typ 1 zugeordnet werden, der eigentlich nicht zwingend eine Indikation zur Operation darstellt. Die luxierten Frakturen waren mit sechs für Typ 4 und sieben für Typ 5 in ähnlicher Anzahl vertreten (s. Tab. 3).

Tabelle 3: Typenverteilung der Frakturen nach Spiessl und Schroll

	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Gesamt
Anzahl (n)	11	42	8	6	7	74
Häufigkeit (%)	14,9	56,8	10,8	8,1	9,5	100

### 3.1.5 Schmerzen und funktionelle Parameter

Im Folgenden (Tab. 4) werden die Mittelwerte des Parameters für Schmerzen und der funktionellen Parameter dargestellt. Die Laterotrusionsbewegungen wurden bei allen Fällen summiert und durch zwei dividiert. Die hohen Werte für die Standardabweichung sind durch die geringe Fallzahl von 65 bedingt.

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichung des Gesamtergebnisses

	Schmerz (VAS 0 – 100)	Korrekte Okklusion (%)	Maximale Mundöffnung (mm)	Protrusion (mm)	Laterotrusion (mm)
Mittelwert	5,5	86	48,7	8,3	9,7
Std.-Abweichung	16,9	34	8,4	2,3	2,2

Die daraufhin erstellten Boxplots visualisieren die Ergebnisse. Es ist erkennbar, dass es beispielsweise bei dem Parameter für Schmerzen lediglich sieben Werte gab, die als Ausreißer gewertet wurden (s. Abb.19).

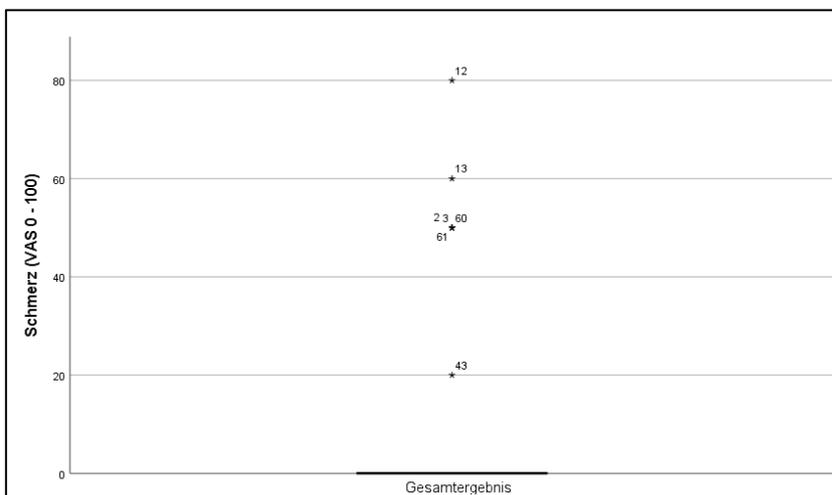


Abbildung 19: Boxplot der Schmerzen aller Patienten

Die folgenden Boxplots visualisieren die Ergebnisse der Parameter für die maximale Mundöffnung, die Protrusion und die Laterotrusion (s. Abb. 20–23).

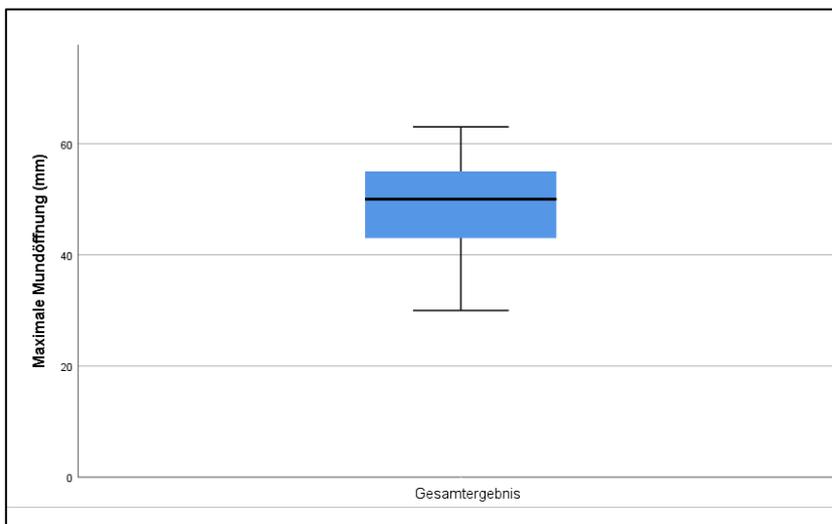


Abbildung 20: Boxplot der maximalen Mundöffnung aller Patienten

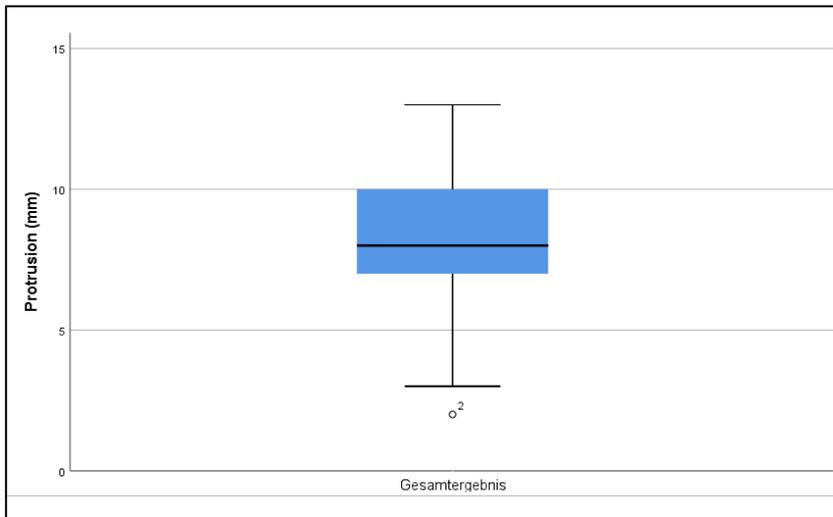


Abbildung 21: Boxplot der Protrusion aller Patienten

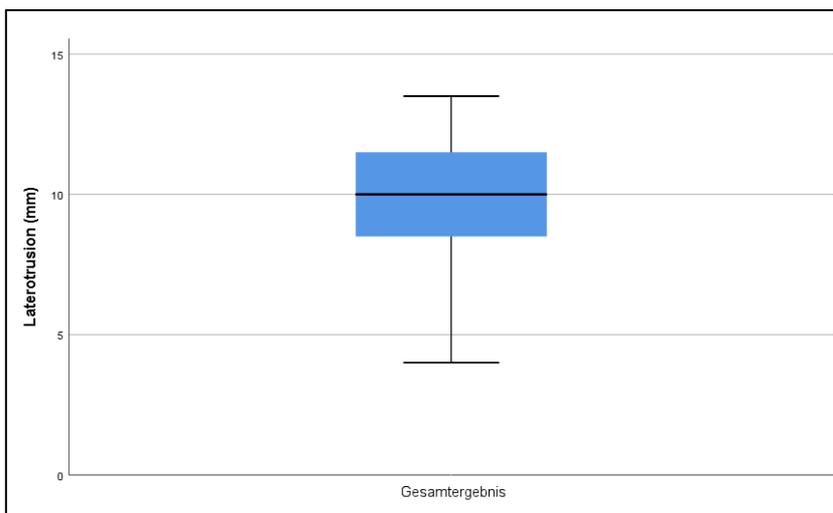


Abbildung 22: Boxplot der Laterotrusion aller Patienten

## 3.2 Einseitige vs. beidseitige Frakturen

### 3.2.1 Häufigkeiten

Elf Patienten hatten eine doppelseitige Gelenkfraktur und 54 Patienten eine einseitige Gelenkfraktur (s. Tab. 4). Die in die Studie eingeschlossenen 65 Patienten hatten eine Gesamtanzahl von 76 operierten Gelenkfortsätzen.

Tabelle 5: Absolute und prozentuale Werte für die Frakturverteilung

		Anzahl (n)	Häufigkeit (%)
Patienten mit Fraktur des Collum mandibulae	einseitig	54	83,1
	beidseitig	11	16,9

### 3.2.2 Schmerzen und funktionelle Parameter

#### Prüfung der erhobenen Daten auf Normalverteilung

Im Folgenden ergab der Test nach Shapiro-Wilk keine Normalverteilung (Signifikanzniveau  $p = 0,05$ ) der Parameter für Schmerzen und der korrekten Okklusion bei ein- und beidseitigen Frakturen, der maximalen Mundöffnung bei einseitigen Frakturen und der Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei einseitigen Frakturen (s. Tab.5). Bei den beidseitigen Frakturen entfiel der Wert für den Parameter für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite. Daraufhin wurden zur Veranschaulichung der Werteverteilung und der Abweichung der Normallinie Histogramme der Parameter erstellt (s. Abb. 23–26). Das Histogramm für die maximale Mundöffnung erscheint weniger harmonisch als das der Laterotrusion zur nicht Frakturseite. Aufgrund der nominalen Datenerfassung für die korrekte Okklusion (ja/nein) war keine Normalverteilung zu erwarten und es wurde auf Histogramme verzichtet.

Tabelle 6: Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung

	Fraktur einseitig/beidseitig	Shapiro-Wilk	
		Anzahl (n)	Signifikanzniveau (p)
Schmerz VAS (0–100)	einseitig	54	,000
	beidseitig	11	,000
Korrekte Okklusion (%)	einseitig	54	,000
	beidseitig	11	,000
Maximale Mundöffnung (mm)	einseitig	54	,037
	beidseitig	11	,244
Protrusion (mm)	einseitig	54	,296
	beidseitig	11	,271
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	einseitig	54	,130
	beidseitig	11	,107
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	einseitig	54	,015
	beidseitig	11	.

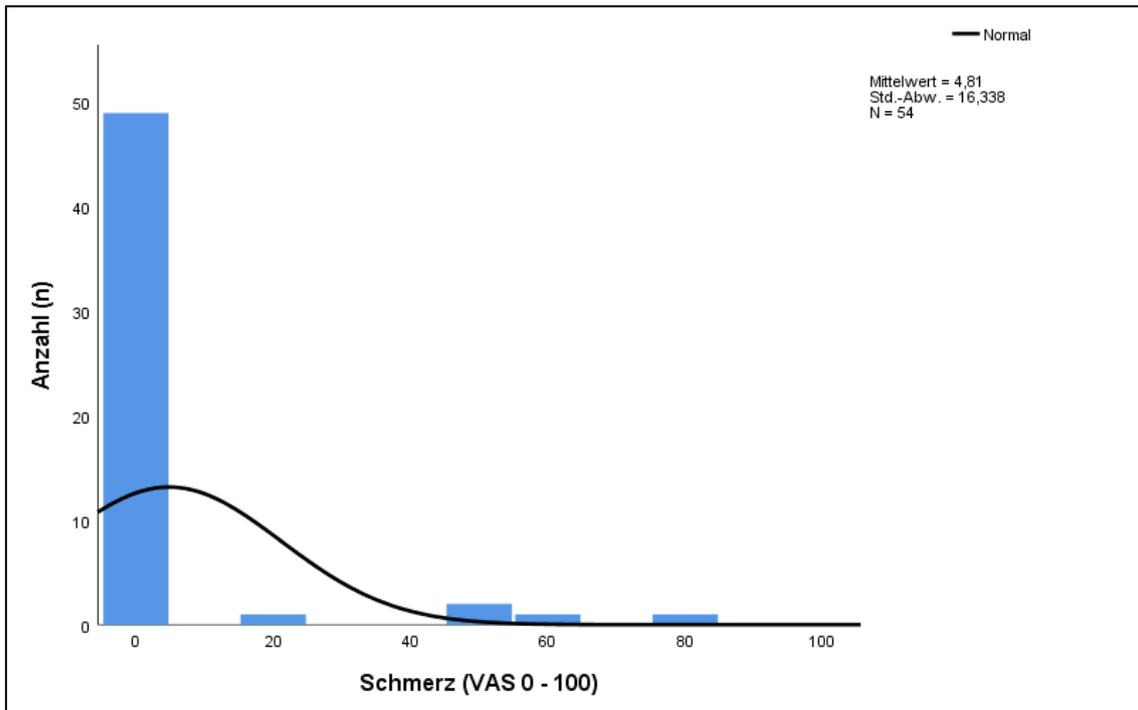


Abbildung 23: Histogramm der Schmerzen bei einseitigen Frakturen

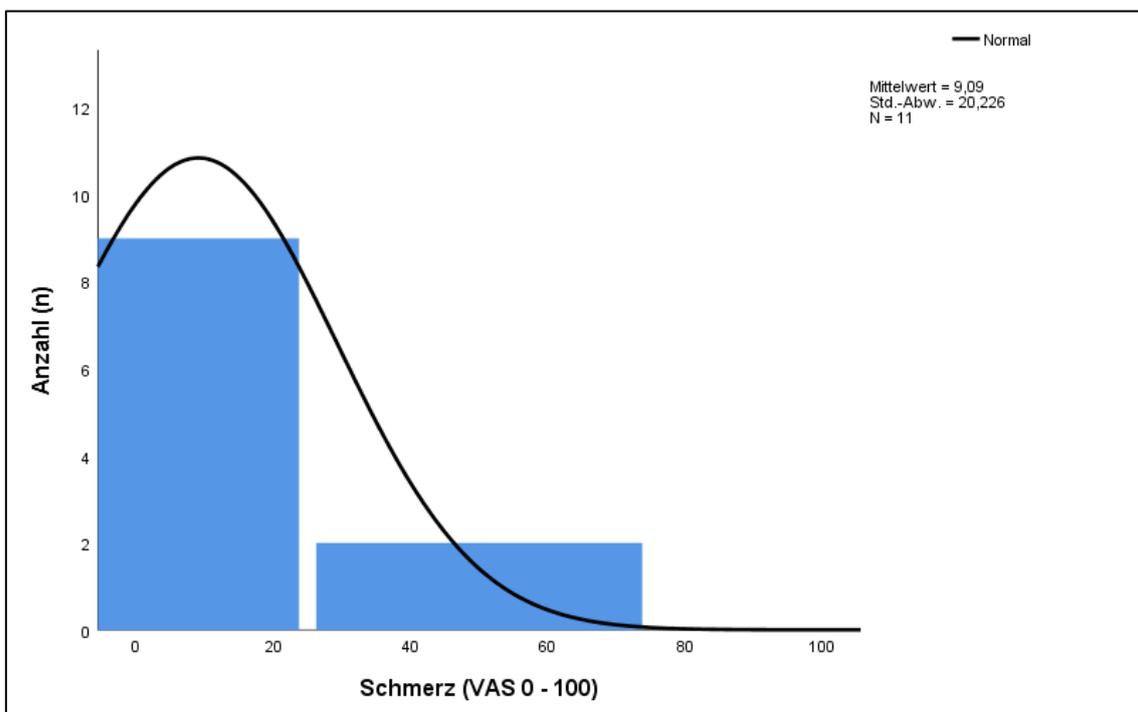


Abbildung 24: Histogramm der Schmerzen bei beidseitigen Frakturen

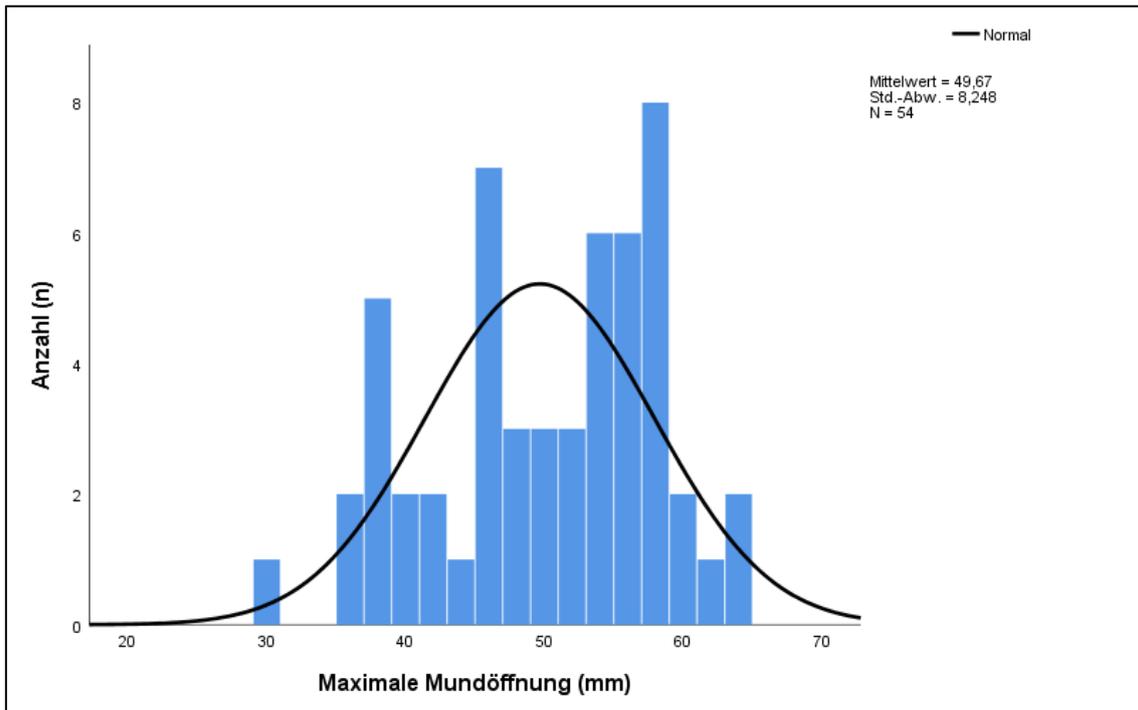


Abbildung 25: Histogramm der maximalen Mundöffnung bei einseitigen Frakturen

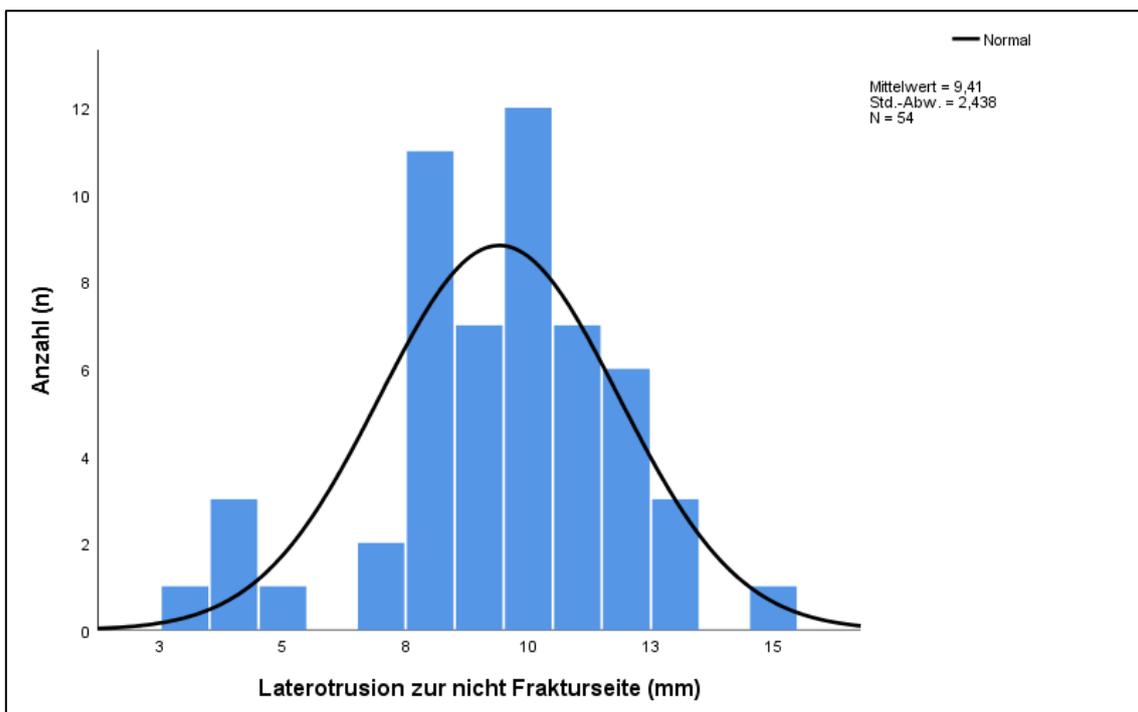


Abbildung 26: Histogramm der Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei einseitigen Frakturen

## Ergebnisse

Im Folgenden wurden die Ergebnisse für die untersuchten Parameter Schmerz und Funktion dargestellt. Die einseitigen Frakturen konnten in allen Parametern bessere Werte erzielen. Außerdem fiel auf, dass bei einseitigen Frakturen die Laterotrusionsbewegung zur nicht Frakturseite hin schlechter war als zur frakturierten Seite. Bei beidseitigen Frakturen entfiel das Ergebnis „Laterotrusion zur nicht Frakturseite“, da beide Seiten frakturiert waren. Der Test nach Levene ergab bis auf den Parameter für die korrekte Okklusion eine Varianzgleichheit, was wie schon beim Test nach Shapiro-Wilk der nominalen Datenerfassung dieses Parameters geschuldet war. Der 2-seitige t-Test weist keinen statistisch signifikanten Unterschied der Vergleichsgruppen nach. Die Irrtumswahrscheinlichkeit sollte unter 0,05 liegen. Dem zu Folge konnten für „Max. MÖ“, „Protrusion“ und „Laterotrusion zur Frakturseite“ nur Tendenzen für einen Unterschied der beiden Gruppen angenommen werden (s. Tab. 6).

Tabelle 7: Ergebnisse des Vergleiches einseitige vs. beidseitige Frakturen

	Mittelwerte		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit
	Einseitig	Beidseitig	Signifikanz (p)	Sig. (2-seitig)
Schmerz (VAS 0–100)	4,8	9,1	,178	,450
Korrekte Okklusion (%)	91	64	,000	,112
Maximale Mundöffnung (mm)	49,6	44,5	,777	,061
Protrusion (mm)	8,5	7,1	,826	,083
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	10,4	8,9	,252	,079
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	9,4	-	-	-

Zur Veranschaulichung wurden die Ergebnisse bis auf den Parameter „korrekte Okklusion“ zusätzlich grafisch mit Boxplots dargestellt (s. Abb. 27–31). Es fällt

zunächst im Boxplot für Schmerzen auf, dass die Mehrheit aller Patienten nur wenig Schmerzen nach der erfolgten Therapie hatten, es aber eine kleine Gruppe von Patienten mit erheblichen Schmerzen gab. Die Hauptgruppe der Patienten mit geringen Schmerzen ließ sich in einem klassischen Boxplot grafisch nicht auflösen. Das Minimum, das erste und dritte Quartil und sogar das Maximum in beiden Fällen lagen auf der Nulllinie, da die Anzahl der Ausreißer (fünf bei einseitigen und zwei bei beidseitigen Frakturen) unter 25 % der jeweiligen Gesamtanzahl (54 bei einseitigen und elf bei beidseitigen Brüchen) lag. Die Ausreißer wurden mit einem Stern dargestellt. Dies waren Ausreißer 2. Grades, die mehr als das 3-fache des Interquartilsabstands vom 1. oder 3. Quartil entfernt waren.

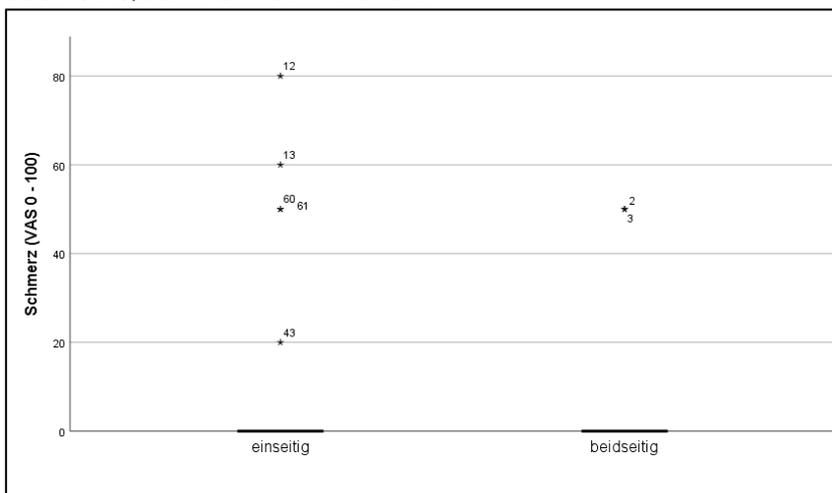


Abbildung 27: Boxplot für Schmerzen bei ein- und beidseitigen Frakturen

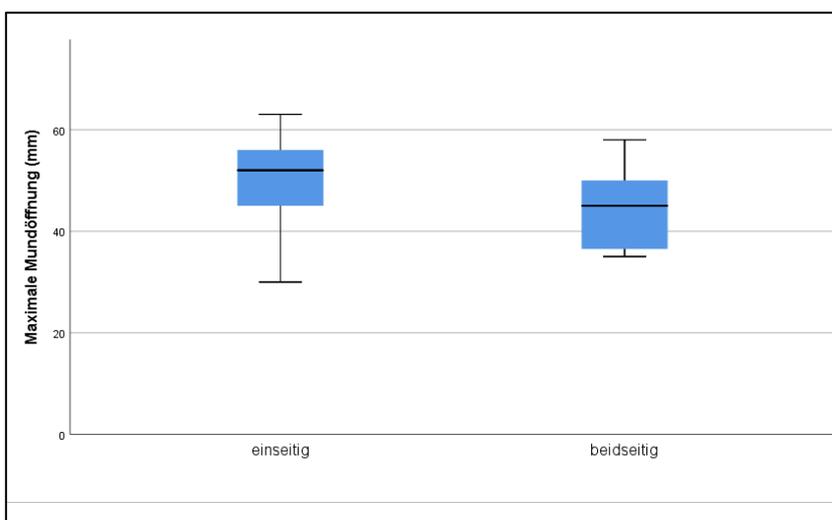


Abbildung 28: Boxplot für die maximale Mundöffnung bei ein- und beidseitigen Frakturen

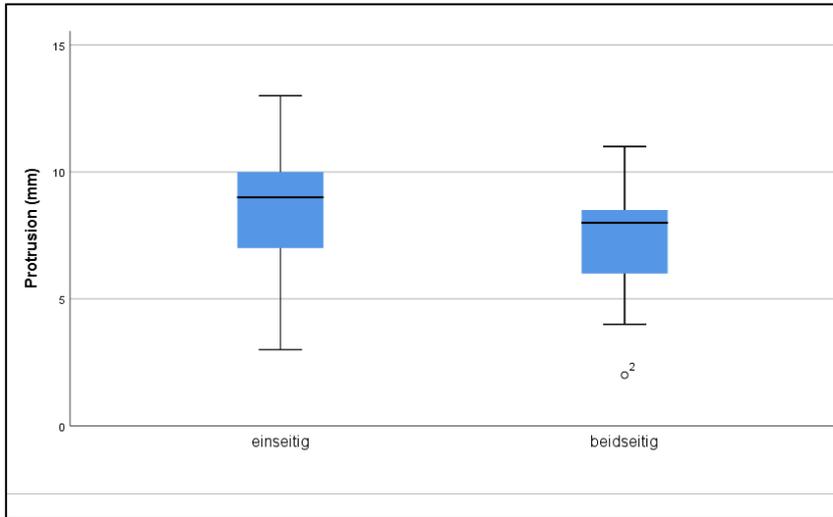


Abbildung 29: Boxplot für die Protrusion bei ein- und beidseitigen Frakturen

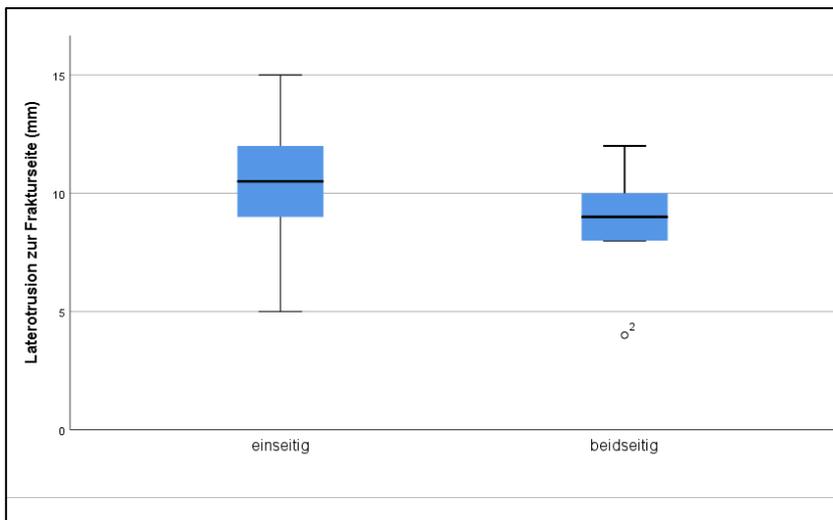


Abbildung 30: Boxplot für die Laterotrusion zur Frakturseite bei ein- und beidseitigen Frakturen

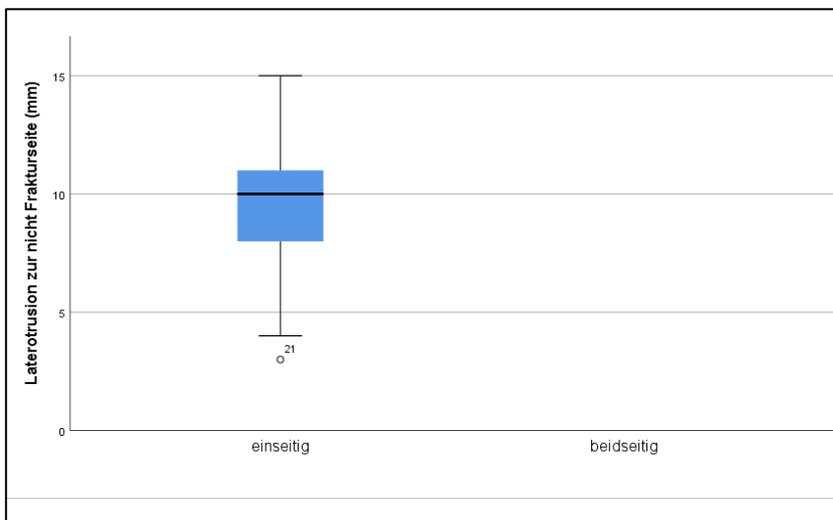


Abbildung 31: Boxplot für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei ein- und beidseitigen Frakturen

### 3.3 Isolierte vs. kombinierte Frakturen

Für die folgenden Auswertungen wurden die beidseitigen Kollumfrakturen nicht mit einbezogen. Dies hätte sonst auf Grund der ungleichen Verteilung auf die Frakturmuster die Ergebnisse verzerrt. Die Verteilung der ein- und beidseitigen Kollumfrakturen auf isolierte und kombinierte Unterkieferfrakturen wurde in Abb. 32 dargestellt.

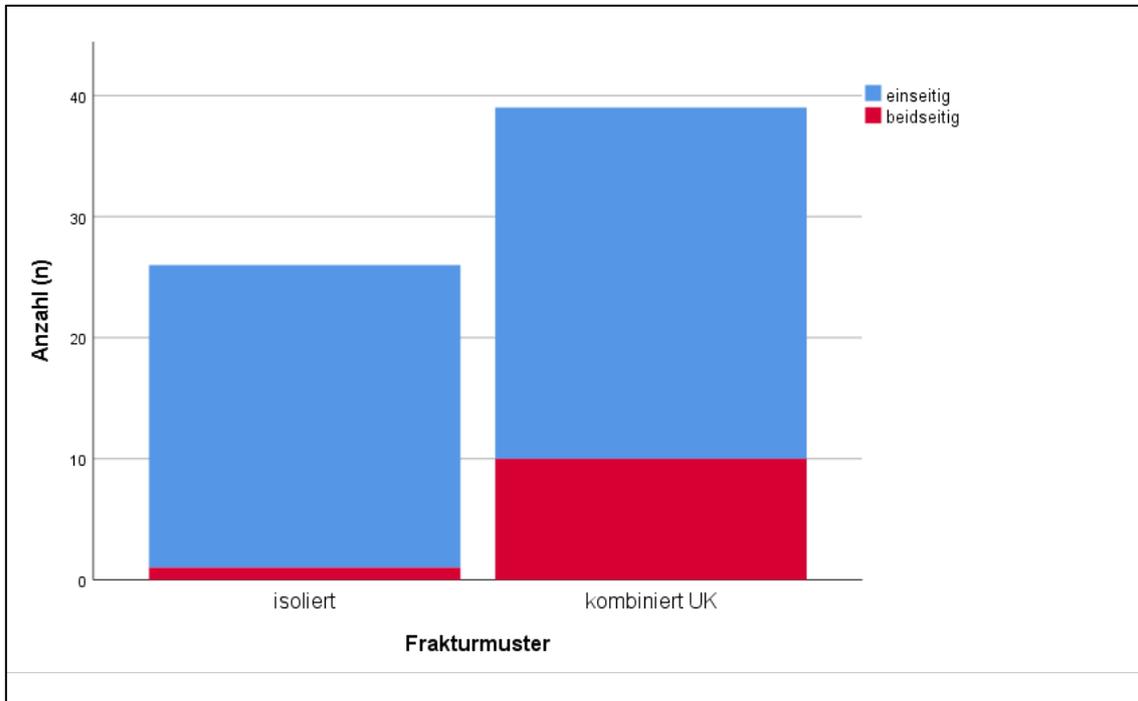


Abbildung 32: Frakturmuster in Bezug auf einseitige und beidseitige Collumfrakturen

#### 3.3.1 Häufigkeiten

Die Anzahl von 54 einseitigen Unterkiefergelenksfortsatzfrakturen bildete die Grundlage der weiteren Untersuchungen. In 53,7 % der Fälle war nicht nur der Kiefergelenksfortsatz, sondern auch der Unterkieferkörper im Sinne einer kombinierten Unterkieferfraktur gebrochen. Mit einem Verhältnis von ca. 54 % zu 46 % lag der Anteil der kombinierten Frakturen nur wenig über dem der isolierten Frakturen (s. Tab. 7).

Tabelle 7: Anzahl isolierter Collumfrakturen und kombinierter Unterkieferfrakturen

	Anzahl (n)	Prozent (%)
Isolierte Collumfraktur	25	46,3
kombiniert mit Unterkieferkörper	29	53,7

### 3.3.2 Schmerzen und funktionelle Parameter

#### Prüfung der erhobenen Daten auf Normalverteilung

Wie bereits in der Gegenüberstellung von einseitigen und beidseitigen Frakturen wurde zunächst ein Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung der vorliegenden Werte durchgeführt. Die Werte der Schmerzen (geringe Datenmenge) und der korrekten Okklusion (nominale Datenerfassung) waren nicht normal verteilt. Die Werte der Parameter für die maximale Mundöffnung, Protrusion und Laterotrusion zur Frakturseite hin lagen im Shapiro-Wilk Test in ihrer Signifikanz  $p > 0,05$ , was für eine Normalverteilung sprach.

Tabelle 8: Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung

	Frakturmuster isoliert/kombiniert	Shapiro-Wilk	
		Anzahl (n)	Signifikanzniveau (p)
Schmerz VAS (0–100)	isoliert	25	,000
	kombiniert	29	,000
Korrekte Okklusion (%)	isoliert	25	,000
	kombiniert	29	,000
Maximale Mundöffnung (mm)	isoliert	25	,104
	kombiniert	29	,272
Protrusion (mm)	isoliert	25	,608
	kombiniert	29	,471
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	isoliert	25	,299
	kombiniert	29	,059
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	isoliert	25	,038
	kombiniert	29	,004

Auf Grund der nach Shapiro-Wilk fraglichen Normalverteilung der Laterotrusion zur nicht Frakturseite für das isolierte und kombinierte Frakturmuster wurden Histogramme zur weiteren Analyse angefertigt (s. Abb.33 + 34).

Durch die nahe am Mittelwert liegenden Maxima beider Histogramme konnten die Parameter durchaus in den t-Test miteinbezogen werden. Die Vergleichsgruppen erschienen quantitativ zwar knapp unter 30, ähneln sich jedoch in ihrer Gruppengröße und waren den Histogrammen folglich gut verteilt.

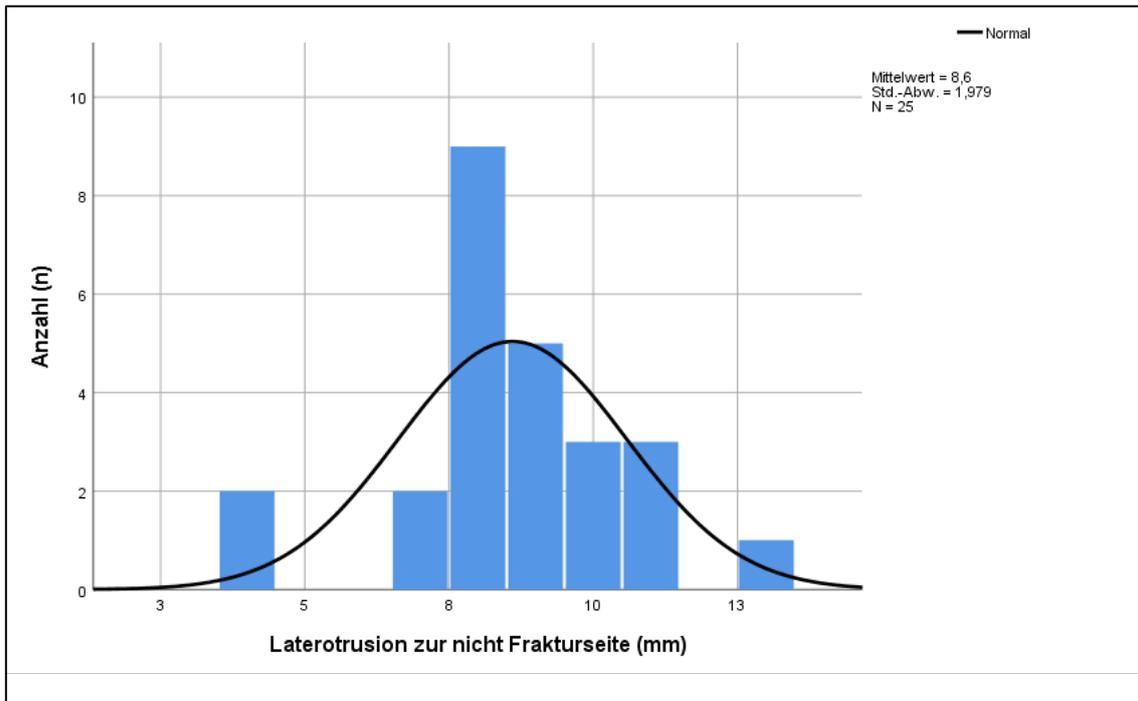


Abbildung 33: Histogramm der Laterotrusion zur nicht Frakturseite für die isolierten Frakturen

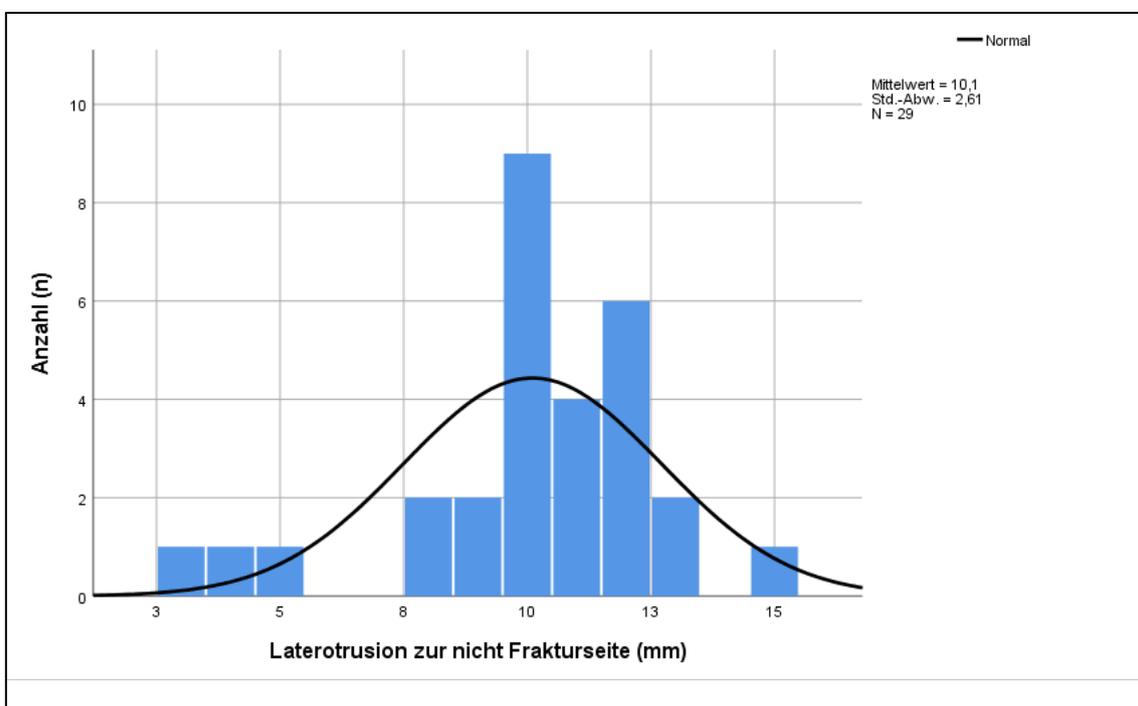


Abbildung 34: Histogramm der Laterotrusion zur nicht Frakturseite für die kombinierten Frakturen

## Ergebnisse

Die Mittelwerte der Parameter für Schmerz und Funktion erschienen in der folgenden Tabelle (Tab. 9) für die kombinierten Frakturen größer/gleich den isolierten Frakturen. Am deutlichsten war der Unterschied bei den Parametern für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite und für die maximale Mundöffnung. Für die maximale Mundöffnung ergibt sich eine Differenz von 4 mm.

Der in der folgenden Tabelle dem t-Test vorausgegangene Test nach Levene für die Gleichheit der Varianz bestätigte diese bei allen Parametern (Signifikanzniveau  $p > +/- 0,05$ ).

Der jeweilige t-Wert beschrieb wiederum Abweichungen der Mittelwerte, die bei den Schmerzen, der Protrusion und der Laterotrusion zur Frakturseite nur minimal zu sein schienen. Dies bestätigte die 2-seitige Testung mit relativ hohen Werten, sodass kein statistisch signifikanter Unterschied der beiden Vergleichsgruppen bestand.

Der mit 0,076 nahe an 0,05 liegende Wert für die maximale Mundöffnung zeigte zumindest eine Tendenz für eine signifikant bessere Mundöffnung bei den kombinierten Frakturen.

Die Laterotrusion zur nicht Frakturseite war in der Gruppe der kombinierten Frakturen signifikant besser im Vergleich zu den isolierten Gelenkfortsatzfrakturen ( $p = 0,022$ ). Allerdings waren die Werte nach Shapiro-Wilk nicht normal verteilt, was dieses Ergebnis unsicher erscheinen ließ.

Tabelle 9: Ergebnisse des Vergleichs isolierte vs. kombinierte Frakturen des Collum mandibulae

	Mittelwerte		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit
	isoliert	kombiniert	Signifikanz (p)	Sig. (2-seitig)
Schmerz (VAS 0–100)	5,6	4,1	,446	-,746
Korrekte Okklusion (%)	88	93	,205	,528
Maximale Mundöffnung (mm)	47,5	51,5	,433	,076
Protrusion (mm)	8,36	8,72	-,571	,570
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	10,3	10,4	-,170	,865
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	8,6	10,1	,449	,022

Folgende Boxplots sollten auch in diesem Vergleich die Werteverteilung etwas näher beleuchten (s. Abb. 35–39).

Bei den Schmerzen fiel sofort auf, dass kaum auffällige Werte vorhanden waren, was einen Vergleich der Gruppen sehr schwierig machte. Die Boxplots für Schmerzen lagen an der Nulllinie und zeigten nur zwei bis drei Werte je Vergleichsgruppe, die als Ausreißer markiert wurden.

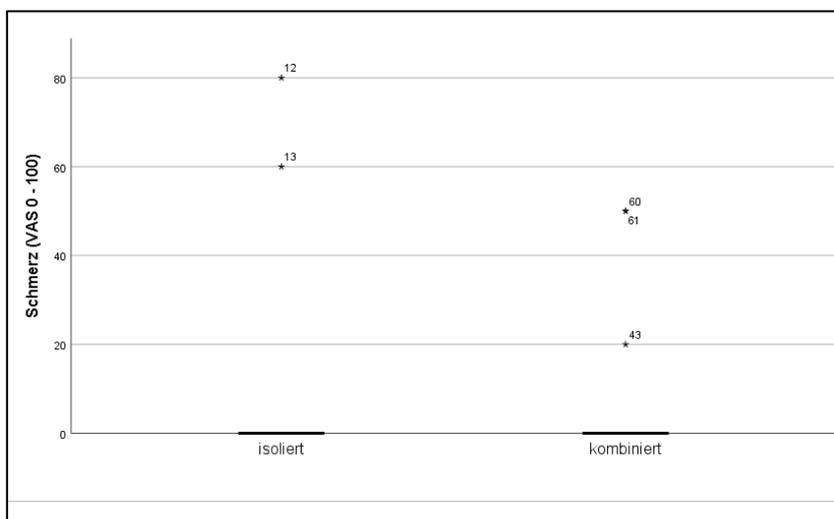


Abbildung 35: Boxplot für Schmerzen bei isolierten und kombinierten Frakturen

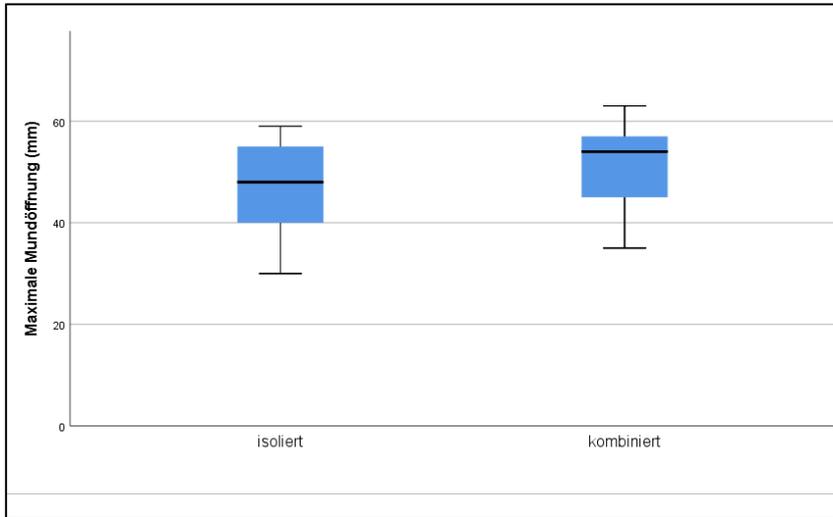


Abbildung 36: Boxplot für die maximale Mundöffnung bei isolierten und kombinierten Frakturen

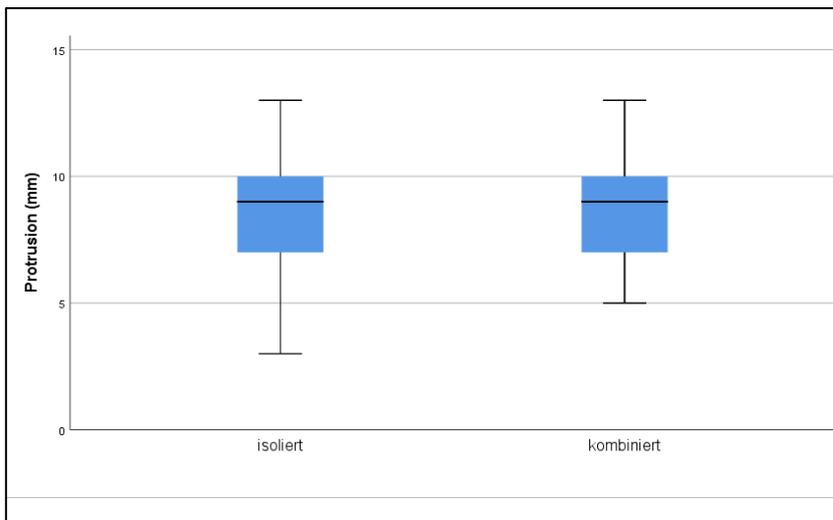


Abbildung 37: Boxplot für die Protrusion bei isolierten und kombinierten Frakturen

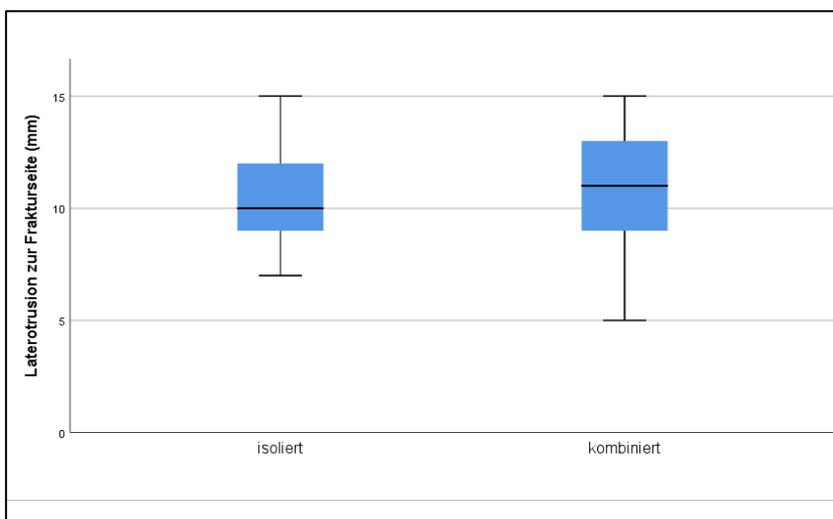


Abbildung 38: Boxplot für die Laterotrusion zur Frakturseite bei isolierten und kombinierten Frakturen

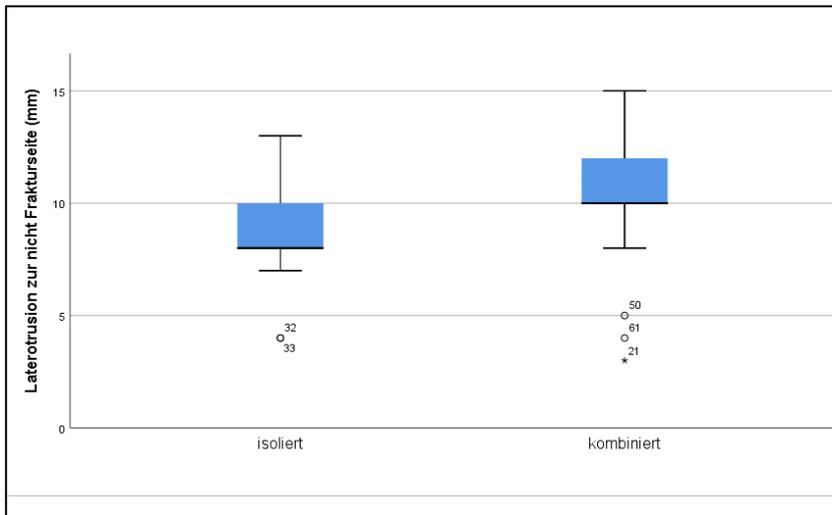


Abbildung 39: Boxplot für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite für die isolierten und kombinierten Frakturen

### 3.4 Luxations- vs. nicht Luxationsfrakturen

Für die Gegenüberstellung von Luxations- und nicht Luxationsfrakturen wurden ebenfalls nur einseitige Gelenkfortsatzfrakturen berücksichtigt.

#### 3.4.1 Häufigkeiten

Wie der Tabelle 10 zu entnehmen ist, zeigten die in die Studie eingeschlossenen Patienten eine prozentuale Verteilung von 20 % zu 80 % zu Gunsten der nicht luxierten Frakturen. In absoluten Werten waren elf von 54 einseitigen Frakturen luxiert entsprechend der Typen 4 und 5 nach der modifizierten Klassifizierung nach Spiessl und Schroll.

Tabelle 10: Anzahl der Luxations- und nicht Luxationsfrakturen

	Anzahl (n)	Prozent (%)
Luxation	11	20,4
keine Luxation	43	79,6

#### 3.4.2 Schmerzen und funktionelle Parameter

##### Prüfung der erhobenen Daten auf Normalverteilung

In der folgenden Tabelle (Tab. 11) wurden die ermittelten Werte für den Schmerz und die Funktionsparameter auf ihre Normalverteilung nach Shapiro-Wilk innerhalb der jeweiligen Vergleichsgruppe geprüft.

Die Parameter der Schmerzen (geringe Datenmenge) und der korrekten Okklusion (nominalen Datenerfassung) wiesen keine Normalverteilung nach Shapiro-Wilk auf.

Da der Grenzwert für die Signifikanz bei größer/gleich 0,05 lag, wiesen nach Shapiro-Wilk die maximale Mundöffnung für nicht luxierte Frakturen und die Laterotrusion zur nicht Frakturseite für luxierte Frakturen knapp eine Normalverteilung auf.

Bis auf die Laterotrusion zur nicht frakturierten Seite bei nicht luxierten Frakturen mit einem Wert von 0,33 waren die restlichen Werte für die übrigen Parameter normal verteilt.

Tabelle 11: Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung

	Luxation	Shapiro-Wilk	
		Anzahl (n)	Signifikanzniveau (p)
Schmerz VAS (0–100)	nein	43	,000
	ja	11	,000
Korrekte Okklusion (%)	nein	43	,000
	ja	11	,000
Maximale Mundöffnung (mm)	nein	43	,089
	ja	11	,421
Protrusion (mm)	nein	43	,322
	ja	11	,786
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	nein	43	,295
	ja	11	,655
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	nein	43	,033
	ja	11	,055

Das angefertigte Histogramm zur Veranschaulichung der Verteilung der Laterotrusion zur nicht frakturierten Seite für nicht luxierte Frakturen zeigte jedoch eine relativ harmonische Verteilung mit einem nahe am Mittelwert liegenden Peak (s. Abb. 40).

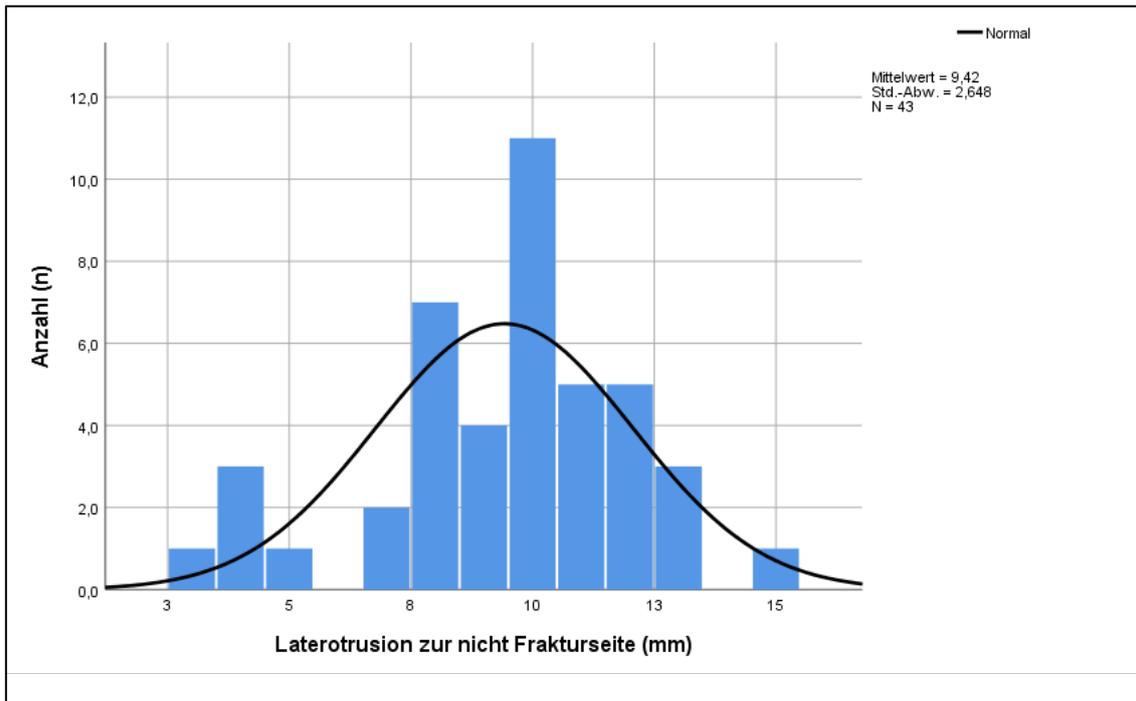


Abbildung 40: Histogramm der Laterotrusion zur nicht Frakturseite für die nicht luxierten Frakturen

## Ergebnisse

Für die Auswertung der Daten (Tab. 13) wurde zunächst ein Mittelwert aller Parameter erzeugt. Auf die Okklusion schien es keinen Einfluss zu nehmen, ob die Fraktur luxiert war oder nicht. Beide Werte lagen bei 91 %. Außerdem schienen die Patienten mit luxierten Frakturen mehr Schmerzen zu haben als die mit nicht luxierten Frakturen und es schien, dass die Laterotrusion zur Frakturseite bei den luxierten Frakturen ausgeprägter war.

Der Test auf Varianzgleichheit nach Levene konnte bis auf bei den Schmerzen eine Varianzgleichheit nachweisen (Signifikanzniveau  $p > 0,05$ ).

Der 2-seitige t-Test wies bis auf eine Ausnahme keine signifikanten Unterschiede der beiden Vergleichsgruppen innerhalb der Parameter Schmerz und Funktion nach. Lediglich die Laterotrusion zur Frakturseite erreichte einen signifikanten Unterschied mit  $p$  unter 0,05 zu Gunsten der Luxationsfrakturen.

Tabelle 12: Ergebnisse des Vergleichs luxierte vs. nicht luxierte Frakturen des Collum mandibulae

	Mittelwerte		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit
	nicht luxiert	luxiert	Signifikanz (p)	Sig. (2-seitig)
Schmerz (VAS 0–100)	2,7	12,7	,000	,284
Korrekte Okklusion (%)	91	91	,966	,983
Maximale Mundöffnung (mm)	50,0	48,0	,216	,458
Protrusion (mm)	8,6	8,1	,395	,554
Laterotrusion zur Frakturseite (mm)	10,0	11,8	,227	,047
Laterotrusion zur nicht Frakturseite (mm)	9,4	9,3	,114	,948

Im Folgenden wurden zur Veranschaulichung der Ergebnisse Boxplots erstellt (s. Abb. 41–45). Der Boxplot für Schmerzen machte wie in den vorhergegangenen Tests deutlich, dass nur wenige Patienten erhebliche Schmerzen hatten und die überwiegende Mehrheit kaum Schmerzen aufwies.

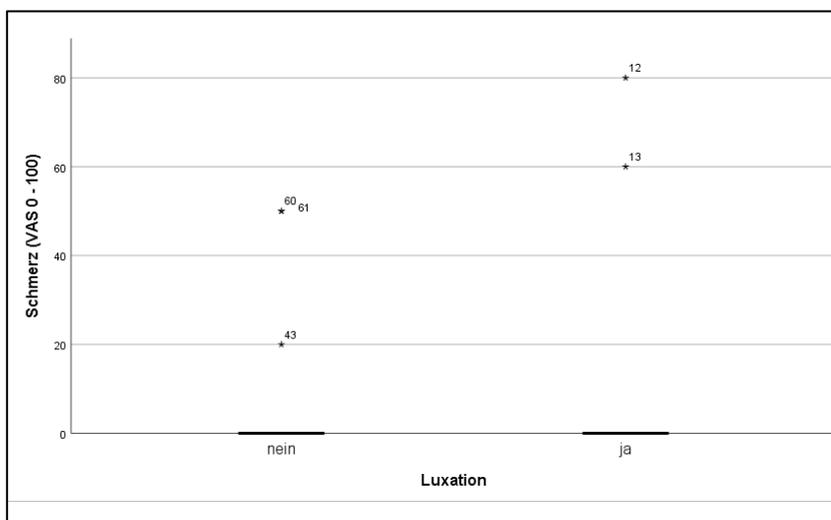


Abbildung 41: Boxplot für die Schmerzen bei luxierten und nicht luxierten Frakturen

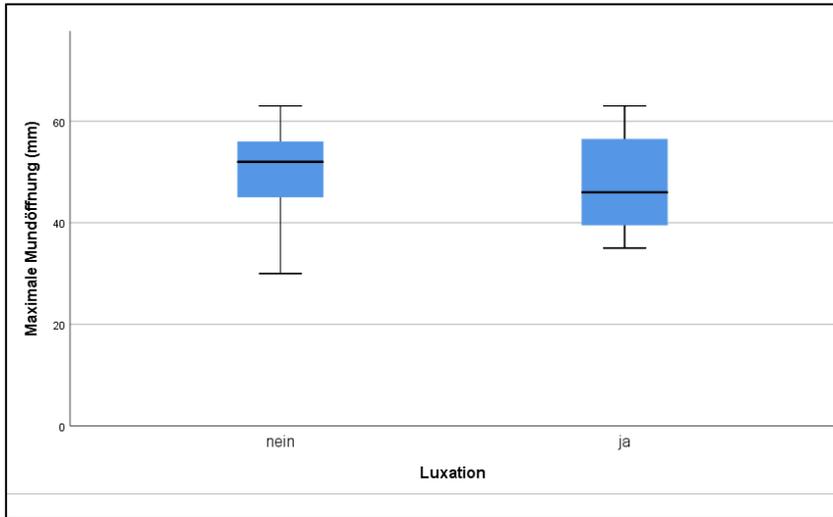


Abbildung 42: Boxplot für die maximale Mundöffnung bei luxierten und nicht luxierten Frakturen

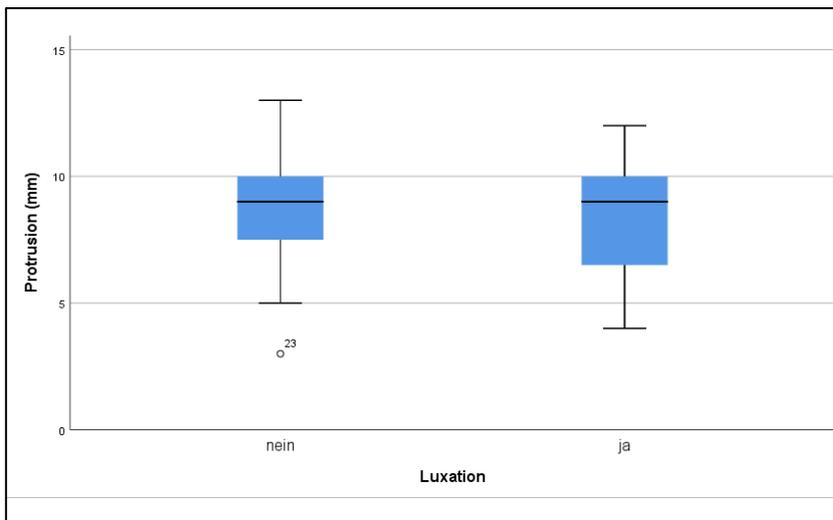


Abbildung 43: Boxplot für die Protrusion bei luxierten und nicht luxierten Frakturen

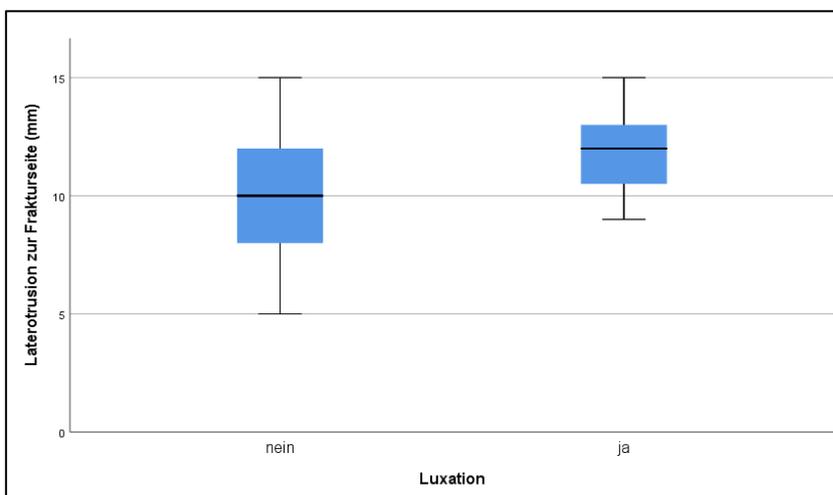


Abbildung 44: Boxplot für die Laterotrusion zur Frakturseite bei luxierten und nicht luxierten Frakturen

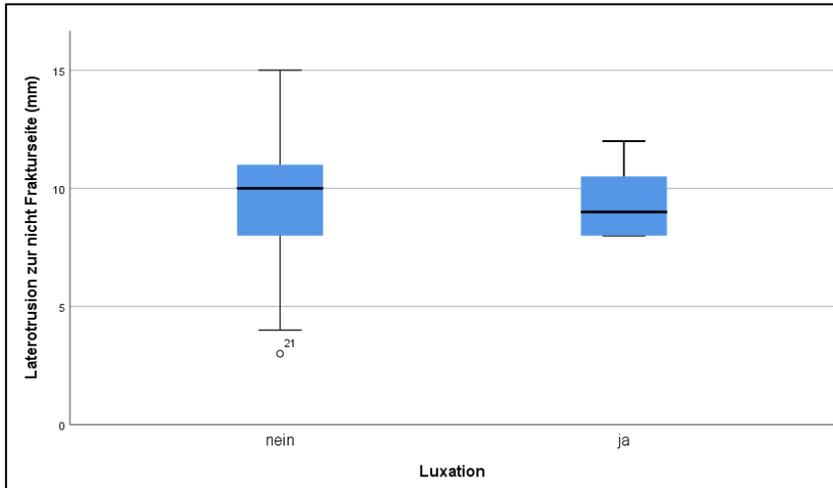


Abbildung 45: Boxplot für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei luxierten und nicht luxierten Frakturen

### 3.5 Stabile vs. instabile Osteosynthese

#### 3.5.1 Häufigkeiten

Im folgenden Schaubild (Abb. 46) wurden die gebrochenen Osteosyntheseplatten bzgl. der Anzahl der für die Osteosynthese verwendeten Platten dargestellt. Dazu wurden drei Gruppen gebildet: Die Gruppe „1 Platte“, in der aus verschiedenen Gründen nur eine Osteosyntheseplatte verwendet wurde, die Gruppe „2 Platten“, welche das Standardverfahren für Osteosynthesen für diese Art von Frakturen sein sollte und die Gruppe „Sonstige“, die Osteosyntheseverfahren mit Zugschrauben, Deltaplatten oder mit mehr als zwei Platten enthielt. Auffallend war die Häufung der Brüche bei den Osteosynthesen mit zwei Platten.

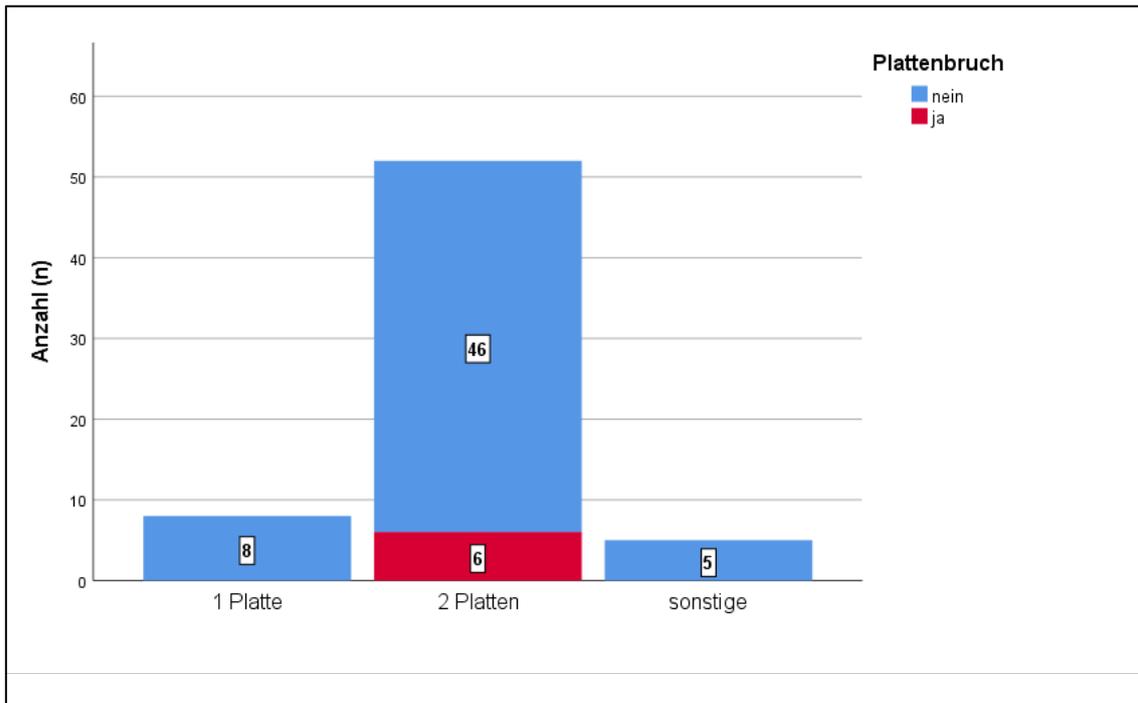


Abbildung 46: Anzahl gebrochener Platten in Bezug auf die Anzahl der verwendeten Platten

Sechs von 65 Patienten hatten gebrochene Platten, was eine Häufigkeit von 9 % entspricht. Das bedeutet, dass es bei fast jedem zehnten Patienten zu einem Plattenbruch kam (s. Tab. 14).

Tabelle 14: Anzahl stabiler und instabiler Osteosynthese

	Anzahl (n)	Prozent (%)
Stabile Osteosynthese	59	90,8
Instabile Osteosynthese	6	9,2

### 3.5.2 Schmerzen und funktionelle Parameter

Im Folgenden wurden stabile vs. instabile Osteosynthesen bzgl. ihres klinischen Outcomes näher dargestellt. Hierzu wurden die Parameter für die Laterotrusion summiert. Die Laterotrusion nach rechts wurde der Laterotrusion nach links hinzugezählt, sodass zwar nicht mehr wie in den vorhergegangenen Auswertungen zur Frakturseite oder zur nicht Frakturseite differenziert werden konnte, jedoch alle Fälle miteinbezogen werden konnten.

## Prüfung der erhobenen Daten auf Normalverteilung

Im Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung (Tab. 15) erschienen, wie in den vorherigen Vergleichen, die Schmerzen und die Okklusion ebenfalls auf Grund der geringen Datenmengen bei den Schmerzen und der nominalen Datenerfassung bei der Okklusion nicht normalverteilt.

Die Werte für die maximale Mundöffnung bei stabilen Osteosynthesen waren knapp nicht normalverteilt, woraufhin zur weiteren Analyse der Daten ein Histogramm angefertigt wurde (s. Abb. 47). Alle anderen Parameter galten als normal verteilt.

Tabelle 15: Test nach Shapiro-Wilk auf Normalverteilung

	Osteosynthese	Shapiro-Wilk	
		Anzahl (n)	Signifikanzniveau (p)
Schmerz VAS (0–100)	stabil	59	,000
	instabil	6	,000
Korrekte Okklusion (%)	stabil	59	,000
	instabil	6	,004
Maximale Mundöffnung (mm)	stabil	59	,019
	instabil	6	,343
Protrusion (mm)	stabil	59	,124
	instabil	6	,886
Laterotrusion (mm)	stabil	59	,082
	instabil	6	,562

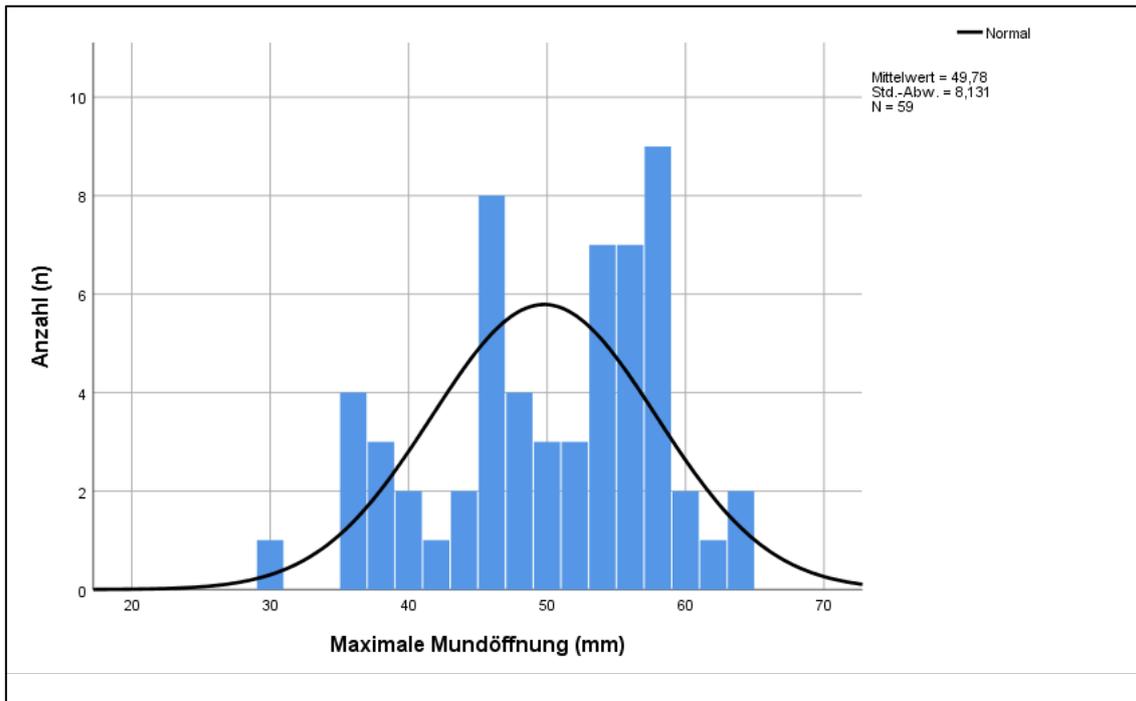


Abbildung 47: Histogramm für die maximale Mundöffnung bei stabilen Osteosynthesen

## Ergebnisse

Auf die Okklusion scheint ein Plattenbruch erheblichen Einfluss zu haben. Die Hälfte der Patienten mit gebrochenen Platten litten unter einer Fehlokklusion. Im Vergleich zur stabilen Osteosynthese war die maximale Mundöffnung in der Gruppe für die instabile Osteosynthese um mehr als 10 mm eingeschränkt. Außerdem konnten für die Protrusion ca. um 30 % schlechtere Werte für die instabile Osteosynthese gemessen werden. Auf die Laterotrusion scheint die Stabilität der Osteosynthese weniger Einfluss gehabt zu haben (s.Tab.16 auf der folgenden Seite).

Tabelle 13 Ergebnisse des Vergleichs stabile vs. instabile Osteosynthese von Frakturen des Collum mandibulae

	Mittelwerte		Levene-Test der Varianzgleichheit	T-Test für die Mittelwertgleichheit
	stabile Osteosynthese	instabile Osteosynthese	Signifikanz (p)	Sig. (2-seitig)
Schmerz (VAS 0–100)	5,2	8,3	,454	,675
Korrekte Okklusion (%)	90	50	,002	,136
Maximale Mundöffnung (mm)	49,7	39,0	,033	,000
Protrusion (mm)	8,5	6,0	,107	,012
Laterotrusion (mm)	19,6	17,6	,565	,308

Der Boxplot für Schmerz verdeutlicht die geringe Anzahl derjenigen mit einer instabilen Osteosynthese und erheblichen Schmerzen. In diesem Fall betraf es eine Person (s. Abb. 48). Die Abbildungen 49–51 visualisieren die funktionellen Parameter dieses Vergleichs.

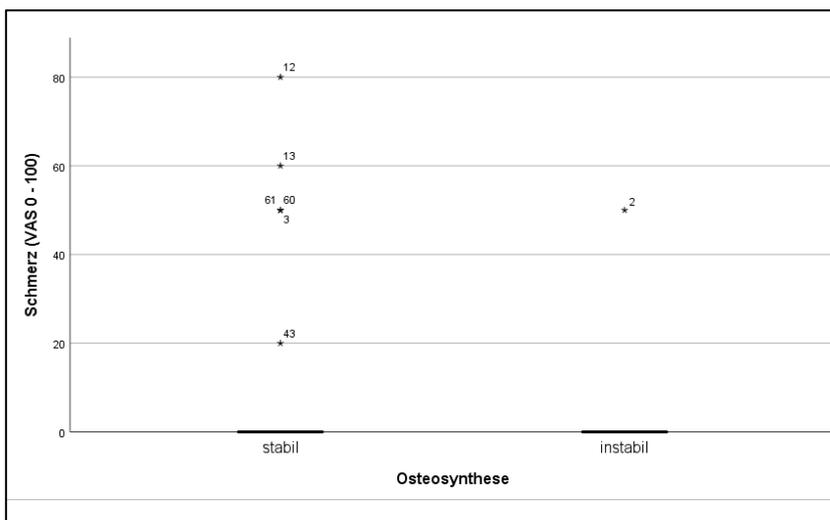


Abbildung 48: Boxplot für die Schmerzen bei stabilen und instabilen Osteosynthesen

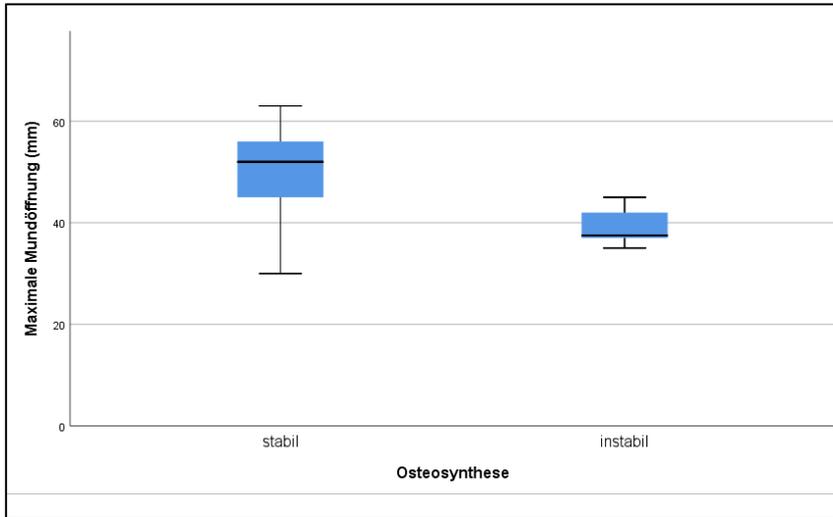


Abbildung 49: Boxplot für die maximale Mundöffnung bei stabilen und instabilen Osteosynthesen

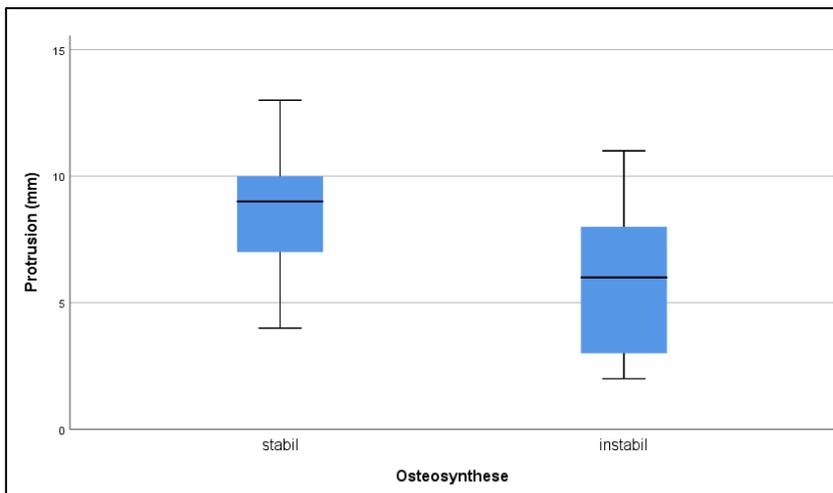


Abbildung 50: Boxplot für die Protrusion bei stabilen und instabilen Osteosynthesen

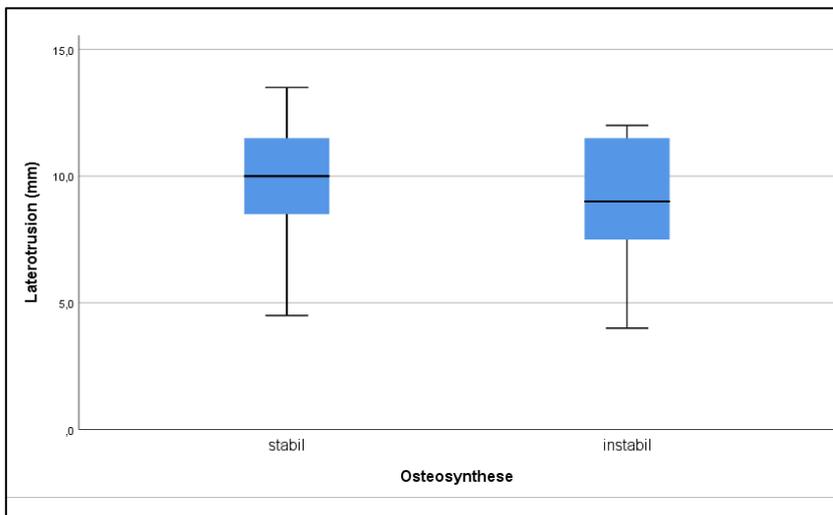


Abbildung 51: Boxplot für die Laterotrusion bei stabilen und instabilen Osteosynthesen

## **4. Diskussion**

### **4.1 Gesamtkollektiv**

#### **4.1.1 Epidemiologie**

Die in die Studie eingeschlossenen Patienten mit Frakturen des Gelenkfortsatzes wurden im Alter von 14 bis 75 Jahren operiert. Dies entspricht der Literatur, wonach diese Frakturen bis zum Alter von zwölf Jahren bevorzugt konservativ therapiert werden sollten [66-68]. Das mittlere Alter (38 +/- 17,5) war vergleichbar mit einer 2014 von Zrounba publizierten Studie [69]. Doppelt so viele männliche als weibliche Patienten waren in der vorgelegten Untersuchung betroffen, wohingegen in anderen Studien männliche Patienten sogar drei- bis viermal so oft betroffen waren als die weiblichen [9, 69]. Die Verteilung der Unfallursachen und der damit verbundenen Geschlechterverteilung war am ehesten durch regionale Unterschiede bedingt. Afrooz (USA) beschrieb eine 4-fach größere Inzidenz für männliche Patienten bei Unterkieferfrakturen. Das könnte an der Häufung von Gewaltdelikten und Autounfällen liegen, die in dieser Studie gemeinsam 70 % des Unfallhergangs ausmachten [9]. Bei der von Zrounba veröffentlichten Studie, die die Region Straßburg betraf, betrug der Männeranteil das 3-fache des Frauenanteils mit einer Summe von Gewaltdelikten und Autounfällen von ca. 45 % [69]. In unserer Studie ergab die Summe aus Gewaltdelikten und Autounfällen ca. 25 %. Dies könnte das unterschiedlich beobachtete Geschlechterverhältnis erklären, da laut Bundeskriminalamt vor allem Gewaltdelikte und laut National Highway Traffic Safety Administration (USA) Verkehrsunfälle mit einem erheblich höheren Männeranteil (80 - 90 %) einhergehen [70, 71]. Außerdem könnte der hohe Anteil an Fahrradunfällen in der vorgelegten Studie mit der Region Tübingen, die als Fahrradstadt bekannt ist, zusammenhängen.

#### **4.1.2 Klassifikation**

Mehrere Autoren beschäftigten sich in den letzten Jahren mit der Klassifikation von Kollumfrakturen [11, 12, 72, 73]. Dennoch scheint die 1972 erschienene Klassifikation nach Spiessl und Schroll für den klinischen Alltag mit leichter Modifikation noch sehr praktikabel. Die Klassifikation nach der neuen AO-CMF-Trauma-Klassifikation beschreibt zwar anhand des dadurch entstandenen Codes die Fraktur sehr genau, ist aber umständlich zu erheben und erfordert ein dreidimensionales bildgebendes Verfahren mittels CT oder DVT. Diese Bildgebung wird aber bei Unterkieferfrakturen nicht regelhaft angewendet. Bei der Anwendung dieses sehr modernen Klassifikationssystems entstanden so viele unterschiedliche Fraktur Codes, dass bei der untersuchten Fallzahl keine statistisch verwertbaren Ergebnisse erzielt werden konnten. Die beobachtete Verteilung der Frakturtypen modifiziert nach Spiessl und Schroll entspricht weitgehend den Literaturdaten. Kozakiewicz berichtete in 71 % der Fälle von Kollumbasis-Frakturen und in 16 % von hohen Kollumfrakturen [29, 73]. In unserer Studie waren 64,9 % Frakturen der Kollumbasis und 20,3 % hohe Kollumfrakturen. Es ist jedoch anzumerken, dass Frakturen des Gelenkfortsatzes bei ihrer Einordnung in ihre Klassifikation viel Interpretationsspielraum zulassen, wie Kommers et al. eindrücklich beschrieben [72].

#### **4.1.3 Schmerzen und funktionelle Parameter**

##### Schmerzen

Die untersuchte Gruppe (n = 65) hatte auf der VAS (0 - 100) im Durchschnitt 5,5 bei einer Standardabweichung (SD) von 16,9 angegeben. 7 von 65 (10,7 %) hatten Schmerzen angegeben. In den Studien von Singh (VAS 1,1; SD 3,3), Schneider (VAS 3;0 SD nicht angegeben) und Eckelt et al. (VAS 2,9; SD 1), die die gleiche Messtechnik anwandten, lagen die Mittelwerte auf der VAS zwischen 1,1 und 3,0. Prozentual gesehen lag der Anteil der Patienten dieser Arbeiten die Schmerzen angegeben haben zwischen 11,1 % und 22,2 % [29, 31, 32]. In unserer Studie hatten vergleichsweise etwas weniger Patienten

Schmerzen angegeben (10,7 %). Die deutlich größere Standardabweichung (16,9) kommt durch einzelne Patienten mit größeren Schmerzen (VAS 80, 60) zustande, wodurch sich der Mittelwert bei einer vergleichsweise geringeren Schmerzquote etwas erhöht darstellt. Die subjektive Beschreibung von Schmerzen und deren Intensität ist sehr variabel und hängt vom Untersuchungszeitpunkt und dem Alter der Patienten ab [74]. Die Schmerzanamnese fand in unserer Studie im Mittel 5,3 Jahre postoperativ statt. Dadurch könnten sich bei der Schmerzanamnese Schmerzen chronifiziert und verstärkt dargestellt haben. Die prospektiv geführten Vergleichsstudien ermittelten die Werte sechs Monate postoperativ.

### Okklusion

Die von uns beobachteten Ergebnisse in Bezug auf die Okklusion bewegen sich beim Vergleich mit der Literatur im Mittelfeld. So liegt der Anteil für die Fehlokklusion in der vorliegenden Studie bei 14 %, wohingegen Chrcanovic in seiner Metaanalyse 29 Studien bezüglich dieses Parameters untersuchte und auf einen Gesamtanteil von 7 % an Fehlokklusionen bei operativ versorgten Frakturen des Collum mandibulae kam [36]. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass die für diese Untersuchung verwendeten Studien sehr unterschiedliche Ergebnisse bezüglich der Okklusion ergaben. Reddy et al. ermittelten nur zwei Fälle einer Fehlokklusion bei 110 operierten Patienten [75], wohingegen Kokemueller et al. bei 14 von 31 Patienten eine Fehlokklusion sahen [76]. Dies zeigt, dass hier sehr unterschiedliche Ergebnisse berichtet werden. Dies könnte an der Untersuchungstechnik liegen. Außerdem schloss Chrcanovic in seine Studie Untersuchungen ein, die Capitulumfrakturen beinhalteten, wie z. B. die von Landes 2008 oder die von Hlawitschka et al. 2005 erschienenen Studien [77, 78], die die Gesamtergebnisse bzgl. der Okklusion verschönernd beeinflussen, da Capitulumfrakturen in der Regel kaum Einfluss auf die Okklusion haben.

## Dynamische Ergebnisse

Die funktionellen Parameter erscheinen in dieser Studie verglichen mit anderen Studien besser. So maßen wir für die maximale Mundöffnung 48,7 mm, die Protrusion 8,3 mm und die Laterotrusion 9,7 mm. Dagegen lagen diese Parameter bei Chrcanovics Metanalyse für die operativ versorgten Patienten mit Kollumfrakturen bei 41,2 mm, 6,7 mm und 8,9 mm [36]. Der Unterschied könnte vor allem auf das lange durchschnittliche Nachsorgeintervall unserer Patienten von mehr als fünf Jahren zurückzuführen sein. Der eklatante Unterschied hinsichtlich der maximalen Mundöffnung zwischen unseren Ergebnissen und denen von Chrcanovic ist den integrierten Werten der Studien von Villarreal et al. und Rasheed et al. zuzuschreiben, die bereits einen Monat postoperativ erhoben wurden und bei ca. 25 mm für die maximale Mundöffnung lagen [79, 80]. Nach einer Untersuchung von Throckmorton und Ellis, die prospektiv über drei Jahre geführt wurde, scheinen sich die funktionellen Parameter bis zu zwei Jahre postoperativ zu verbessern. Hierbei konnten die Autoren bei ihrer 2-Jahres-Kontrolle für die maximale Mundöffnung 49,2 mm, für die Protrusion 8,8 mm und für die Laterotrusion 10,7 mm ermitteln, was den in dieser Studie erhobenen Werten näher kommt [21].

## **4.2 Subgruppen**

### **4.2.1 Einseitige vs. beidseitige Frakturen**

16,9 % der in der vorgelegten Studie untersuchten Patienten erlitten eine beidseitige Fraktur des Collum mandibulae. Diese Gruppe hatte hinsichtlich der Schmerzen und der funktionellen Parameter etwas schlechtere Behandlungsergebnisse als die der einseitigen Frakturen. Dies konnte allerdings fallzahlbedingt (n = 11 beidseitige Frakturen und n = 54 einseitige Frakturen) nicht mit statistischer Signifikanz nachgewiesen werden. Daher können lediglich Tendenzen beschrieben werden, die vor allem für die maximale Mundöffnung, die Protrusion und die Laterotrusion nahe am Signifikanzniveau ( $p < 0,05$ ) liegende Werte aufweisen. Merlet et al. konnten in ihrer retrospektiven Analyse ähnliche Tendenzen feststellen [81]. Schneider et al. hingegen konnten diesen Trend in ihrer 6-Monatskontrolle nicht bestätigen.

So unterschieden sich die funktionellen Ergebnisse für die beidseitigen Frakturen (n = 30) kaum von denen für die einseitigen Frakturen (n = 6) [31]. Da der Nachuntersuchungszeitpunkt die funktionellen Parameter erheblich beeinflusst, sind langfristige und möglichst prospektive Studien vor allem bei geringen Fallzahlen deutlich aussagekräftiger. Somit sollten unsere etwas schlechteren Ergebnisse für die beidseitigen Frakturen nicht überbewertet werden.

#### **4.2.2 Isolierte Kollumfrakturen vs. kombinierte Unterkieferfrakturen**

Im Vergleich der isolierten Kollumfrakturen mit den kombinierten Frakturen des Collum und Corpus mandibulae konnten kaum Unterschiede festgestellt werden. 46,3 % der Patienten gehörten zu der Gruppe der isolierten und 53,7 % zu der Gruppe der kombinierten Frakturen. Um sicher zu gehen, dass durch eine mögliche ungleiche Verteilung der ein- und beidseitigen Kollumfrakturen auf die beiden Gruppen das Ergebnis nicht beeinflusst wird, wurden beidseitige Frakturen ausgeschlossen. Es war überraschend, dass der Wert für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite signifikant besser bei den kombinierten Frakturen ausfiel. Dieses Ergebnis lässt sich praktisch nicht erklären. Ob die Gelenkregion durch eine weitere Fraktur am Corpus mandibulae während des Traumas etwas verschont wird und daher bessere Ergebnisse für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei kombinierten Frakturen entstehen, wäre lediglich eine vage Spekulation. Die Tendenz für bessere Werte für die maximale Mundöffnung bei kombinierten Frakturen könnte diese Theorie unterstützen. In Bezug auf Schmerzen und die Okklusion gab es den Ergebnissen zu Folge keine Unterschiede.

#### **4.2.3 Luxierte vs. nicht luxierte Kollumfrakturen**

Bei der Gegenüberstellung von luxierten und den nicht luxierten Frakturen wurden ebenfalls nur einseitige Frakturen berücksichtigt. Ca. 20 % (n = 11) der Frakturen gehörten der luxierten Form an. Da die Luxationsfraktur das gravierendere Trauma darstellt, sollten hypothetisch deshalb luxierte Frakturen

eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein schlechteres Outcome haben. Zwei der elf Patienten mit luxierten Frakturen hatten starke Schmerzen, wodurch der Mittelwert der luxierten Frakturen deutlich höher erscheint (VAS 12,7) als der der nicht luxierten Frakturen (VAS 2,7). Um Ausreißer klarer differenzieren zu können, bedarf es auch hier weiterer größerer Untersuchungen, um das Zufallsprinzip zu minimieren. Außer bei der Laterotrusion zur Frakturseite zu Gunsten der luxierten Frakturen ergab auch der t-Test für die Mittelwertgleichheit weder Tendenzen noch statistisch signifikante Unterschiede für die funktionellen Parameter. Die Laterotrusion zur frakturierten Seite erzielte signifikant bessere Werte für die luxierten Frakturen, was an kompensatorischen Effekten des gesunden Gelenks liegen könnte.

In der Literatur wird eher in der Bruchebene unterschieden, womit Vergleiche verschiedener Operationszugänge möglich sind oder Bezug auf die Stabilität der Osteosynthese und deren Bruchebene genommen werden kann. So summierten z. B. Handschel et al., Schneider et al. und Eckelt et al. die Frakturtypen nach Spiessl und Schroll Typ 2 und Typ 4 für die tiefen Kollumfrakturen und Typ 3 und Typ 5 für die hohen Kollumfrakturen [29, 31, 56]. Die Luxation des Gelenks, also Typ 4 und Typ 5, ist eine sichere Operationsindikation, spielte im funktionellen Outcome unserer Studie zu Folge jedoch keine wesentliche Rolle. Merlet et al. konnten dies in ihrer Studie bestätigen [81]. Entscheidend für das gute funktionelle Outcome war eine frühe Mobilisation des Gelenks.

#### **4.2.4 Stabile vs. instabile Osteosynthese**

Bei einer nicht unerheblichen Anzahl von sechs aus 65 Patienten (9,2 %) der vorliegenden Studie kam es zur Fraktur des Osteosynthesematerials. Diesem Parameter scheint in der Literatur nicht allzu viel Aufmerksamkeit geschenkt zu werden, da zum Beispiel in Chrcanovics Studie 36 Studien integriert wurden, aber nur elf Arbeiten Angaben zur Stabilität der Osteosynthese machten [36]. Landes registrierte in seiner Studie fünf von 87 Patienten (5,7 %) mit gebrochenem Osteosynthesematerial [30]. Handschel berichtete von 10 aus 83 Patienten (12 %) mit instabiler Osteosynthese. Allerdings hatte Landes

vermehrt Probleme mit gelockertem Osteosynthesematerial vor allem bei Verwendung einer Y-Platte [56]. In der Literatur wird empfohlen, dass nach Möglichkeit Kollumfrakturen aus Stabilitätsgründen mit zwei Miniplatten versorgt werden sollten [44, 82]. Auffallend in unserer Studie erschien deshalb, dass alle Frakturen des Osteosynthesematerials den Osteosynthesen mit zwei Miniplatten zuzuschreiben waren, was eventuell daran liegen könnte, dass im Untersuchungszeitraum zwei Osteosynthesesysteme verwendet wurden, welche nicht näher differenziert wurden. Die Stabilität der Osteosynthese scheint demzufolge nicht nur von der Anzahl der verwendeten Platten abhängig zu sein, sondern auch von ihrer Form und Dimension. Alle acht Osteosynthesen, bei denen aus Platzgründen nur eine Platte platziert werden konnte, waren stabil. Die Gegenüberstellung der stabilen vs. der instabilen Osteosynthesen hinsichtlich ihres Outcomes bzgl. der Schmerzen und der funktionellen Parameter zeigt, dass die erhobenen Parameter schlechtere Werte bei instabiler Osteosynthese aufwiesen. Insbesondere scheint eine frakturierte Platte erheblichen Einfluss auf die maximale Mundöffnung und die Protrusion zu haben, die bei instabilen Osteosynthesen (39,0 mm und 6 mm) signifikant schlechter waren als bei stabilen Osteosynthesen (49,7 mm und 8,5 mm). Das könnte daran liegen, dass die durch eine Plattenfraktur entstandene Asymmetrie des Unterkiefers im Bereich des Gelenkfortsatzes die Gelenkköpfe nicht mehr synchron nach ventral die Gelenkbahn hinabgleiten können. Bezüglich der Okklusion erzielten instabile Osteosynthesen ebenfalls schlechtere Ergebnisse. Das hängt mit großer Wahrscheinlichkeit mit der einhergehenden Verkürzung des entsprechenden Ramus mandibulae zusammen. Ein Einfluss auf Schmerzen und die Laterotrusion erschien nur minimal.

### 4.3 Beantwortung der Fragen

1. *Erzielen beidseitige oder einseitige Frakturen des Collum mandibulae bessere Behandlungsergebnisse?*

Einseitige Frakturen des Collum mandibulae erzielen tendenziell bessere Ergebnisse, was statistisch auf Grund der geringen Datenlage nicht signifikant bewiesen werden konnte.

2. *Erzielen kombinierte Frakturen des Unterkiefers oder isolierte Frakturen des Collum mandibulae bessere Behandlungsergebnisse?*

Im Vergleich der isolierten mit den kombinierten Frakturen war überraschenderweise der Wert für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei den kombinierten Frakturen besser. Ansonsten erzielte keine der beiden Gruppen nach der Datenlage dieser Studie bessere Ergebnisse bezüglich der untersuchten Parameter.

3. *Erzielen Luxations- oder nicht Luxationsfrakturen bessere Behandlungsergebnisse?*

Das Vorliegen oder Fehlen einer Luxation scheint keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis zu haben. Die Ergebnisse erscheinen bei Luxationsfrakturen und nicht Luxationsfrakturen gleichermaßen homogen auf ähnlichem Niveau, obwohl die Luxierten gegenüber den nicht Luxierten bei der Laterotrusion zur frakturierten Seite signifikant bessere Ergebnisse erzielten.

4. *Sind Frakturversorgungen mit zwei Platten stabiler als diejenigen mit einer Platte?*

Dieser Studie zu Folge sind Frakturversorgungen mit zwei Platten nicht stabiler.

5. *Haben Plattenbrüche oder -lockerungen eine Auswirkung auf das Behandlungsergebnis?*

Plattenbrüche oder -lockerungen verschlechtern das Behandlungsergebnis, vor allem bei den symmetrischen funktionellen Bewegungen wie der maximalen Mundöffnung und der Protrusion.

## 5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Outcomes von Patienten, die im Zeitraum vom 01.01.2007 bis 31.12.2016 am Universitätsklinikum Tübingen in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie wegen Frakturen des Collum mandibulae operiert wurden. Patienten, für die keine Daten zur Nachsorgeuntersuchung mit Erhebung von Schmerz- und Funktionsparametern vorlagen und Patienten mit kombinierten Mittelgesichtsfrakturen wurden ausgeschlossen. Es verblieben 65 Patienten mit Kollumfrakturen des Unterkiefers. Die Frakturen wurden anhand der prä- und postoperativen Röntgenbilder modifiziert nach Spiessl und Schroll klassifiziert. Es wurde zwischen einseitigen und beidseitigen Frakturen, zwischen kombinierten und isolierten Frakturen und zwischen Luxations- und nicht Luxationsfrakturen differenziert. Außerdem wurden anhand postoperativer Röntgenbilder die Stabilität der Osteosynthesen bestimmt. Anschließend wurden die Daten statistisch ausgewertet (IBM SPSS Statistics v.25).

Das mittlere Alter der untersuchten Patienten betrug 38 Jahre. 1/3 waren weiblich und 2/3 männlich. 25 % der Unfälle ereigneten sich im häuslichen Umfeld, 23 % waren Stürze in der Freizeit, 22 % Fahrradunfälle und 22 % Gewaltdelikte. Die übrigen 8 % teilten sich unter den Autounfällen, geschäftlichen Unfällen und Motorrad- bzw. Mofa-Unfällen auf.

Bei dem differenzierten Vergleich zwischen ein- und beidseitigen Gelenkfortsatzfrakturen zeigte sich ein tendenziell besseres Outcome der einseitigen Frakturen, was jedoch statistisch nicht signifikant war.

Im Vergleich der isolierten mit den kombinierten Frakturen war überraschenderweise der Wert für die Laterotrusion zur nicht Frakturseite bei den kombinierten Frakturen besser. Die anderen Parameter unterschieden sich kaum.

Die Luxierten konnten gegenüber den nicht Luxierten bei der Laterotrusion zur frakturierten Seite signifikant bessere Ergebnisse erzielen. Auch in diesem Vergleich unterschieden sich die anderen Parameter kaum.

Im Vergleich der stabilen mit den instabilen Osteosynthesen zeigte sich, dass bei Stabilität der Osteosynthese die Schmerzen deutlich geringer und die Funktionsparameter deutlich besser waren, für die beiden Parameter „Protrusion“ und „maximale Mundöffnung“ sogar statistisch signifikant besser. Bei allen instabilen Osteosynthesen wurde die Fraktur mit zwei Platten versorgt.

Die Ergebnisse der vorgelegten Dissertation zeigen, dass das Outcome einer Kollumfraktur des Unterkiefers nur wenig bis unwesentlich von dem Vorliegen einer kombinierten oder isolierten, einer luxierten oder nicht luxierten oder einer ein- oder beidseitigen Fraktur abhängt. Für ein gutes Operationsergebnis ist die Stabilität der durchgeführten Osteosynthese entscheidend. Deshalb ist hierauf bei der Entwicklung von Osteosynthesystemen und bei der Frakturversorgung in der Klinik das Hauptaugenmerk zu richten.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Pschyrembel, *Pschyrembel*. Vol. 266. 2014. 712.
2. Wassmund, *Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels*. 1927: H. Meusser Berlin.
3. Kommers, S.C., B. van den Bergh, and T. Forouzanfar, *Quality of life after open versus closed treatment for mandibular condyle fractures: A review of literature*. Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2013. **41**(8): p. e221-e225.
4. Omeje, K.U., et al., *Quality of life in treatment of mandibular fractures using closed reduction and maxillomandibular fixation in comparison with open reduction and internal fixation*; A randomized prospective study. Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2014. **42**(8): p. 1821-1826.
5. Schumacher, M.S.E.S.U., *Prometheus LernAtlas der Anatomie*. Vol. 3. 2005: Thieme.
6. Choi, A.H., et al., *Biomechanics and functional distortion of the human mandible*. J Investig Clin Dent, 2015. **6**(4): p. 241-51.
7. Smith, R.J., *Mandibular biomechanics and temporomandibular joint function in primates*. Am J Phys Anthropol, 1978. **49**(3): p. 341-9.
8. Ricardo Cienfuegos, C.-P.C., Edward Ellis III, George Kushner. *Biomechanics of the mandible*. 2018; Available from: [https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN\\_A0M3D2DDbz9\\_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEh\\_QW5oKABaevup/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSVMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=CMF&segment=Mandible&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional\\_material/91/X72\\_biomechanics.jsp#](https://www2.aofoundation.org/wps/portal/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOKN_A0M3D2DDbz9_UMMDRyDXQ3dw9wMDAwCTYEKlvEocDQnTr8BDuBoQEh_QW5oKABaevup/dl5/d5/L2dJQSEvUUt3QS80SmIFL1o2XzJPMDBHSVMwS09PVDEwQVNFMUdWRjAwME0z/?bone=CMF&segment=Mandible&soloState=lyteframe&contentUrl=srg/popup/additional_material/91/X72_biomechanics.jsp#).
9. Afrooz, P.N., et al., *The Epidemiology of Mandibular Fractures in the United States, Part 1: A Review of 13,142 Cases from the US National Trauma Data Bank*. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2015. **73**(12): p. 2361-2366.
10. Spiessl, B.S., Kurt, *Spezielle Frakturen- und Luxationslehre*. 1972. **Band I/1**.
11. Loukota, R.A., et al., *Subclassification of fractures of the condylar process of the mandible*. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2005. **43**(1): p. 72-73.
12. Neff, A., *Kiefergelenkfortsatzfrakturen nach der AO-CMF-Trauma-Klassifikation*. MKG-Chirurg, 2017. **10**: p. 113-126.
13. Pigadas, N., et al., *A randomized controlled trial on cross-infection control in maxillofacial trauma surgery: a comparison of intermaxillary fixation techniques*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2008. **37**(8): p. 716-22.
14. Oikarinen, K.S. and T.M. Nieminen, *Influence of arch bar splinting on periodontium and mobility of fixed teeth*. Acta Odontol Scand, 1994. **52**(4): p. 203-8.

15. Robinson, M. and C. Yoon, *New onlay-inlay metal splint for immobilization of mandibular subcondylar fractures*. Am J Surg, 1960. **100**: p. 845-9.
16. Krenkel, C., *Axial 'anchor' screw (lag screw with biconcave washer) or 'slanted-screw' plate for osteosynthesis of fractures of the mandibular condylar process*. J Craniomaxillofac Surg, 1992. **20**(8): p. 348-53.
17. Eckelt, U. and M. Hlawitschka, *Clinical and radiological evaluation following surgical treatment of condylar neck fractures with lag screws*. J Craniomaxillofac Surg, 1999. **27**(4): p. 235-42.
18. Kim, S.Y., et al., *Outcomes of open versus closed treatment in the management of mandibular subcondylar fractures*. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2014. **40**(6): p. 297-300.
19. Throckmorton, G.S., E. Ellis, 3rd, and H. Hayasaki, *Masticatory motion after surgical or nonsurgical treatment for unilateral fractures of the mandibular condylar process*. J Oral Maxillofac Surg, 2004. **62**(2): p. 127-38.
20. Throckmorton, G.S., E. Ellis, 3rd, and H. Hayasaki, *Jaw kinematics during mastication after unilateral fractures of the mandibular condylar process*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003. **124**(6): p. 695-707.
21. Throckmorton, G.S. and E. Ellis, 3rd, *Recovery of mandibular motion after closed and open treatment of unilateral mandibular condylar process fractures*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2000. **29**(6): p. 421-7.
22. Ellis, E., 3rd and G. Throckmorton, *Facial symmetry after closed and open treatment of fractures of the mandibular condylar process*. J Oral Maxillofac Surg, 2000. **58**(7): p. 719-28; discussion 729-30.
23. Ellis, E., 3rd, P. Simon, and G.S. Throckmorton, *Occlusal results after open or closed treatment of fractures of the mandibular condylar process*. J Oral Maxillofac Surg, 2000. **58**(3): p. 260-8.
24. Ellis, E., 3rd and G.S. Throckmorton, *Bite forces after open or closed treatment of mandibular condylar process fractures*. J Oral Maxillofac Surg, 2001. **59**(4): p. 389-95.
25. Haug, R.H. and L.A. Assael, *Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures*. J Oral Maxillofac Surg, 2001. **59**(4): p. 370-5; discussion 375-6.
26. Stiesch-Scholz, M., S. Schmidt, and A. Eckardt, *Condylar motion after open and closed treatment of mandibular condylar fractures*. J Oral Maxillofac Surg, 2005. **63**(9): p. 1304-9.
27. Eckelt, U., *Unterkiefergelenkforsatzfrakturen*. MKG- Chirurg, 2014. **7**: p. 26-34.
28. Danda, A.K., et al., *Open versus closed treatment of unilateral subcondylar and condylar neck fractures: a prospective, randomized clinical study*. J Oral Maxillofac Surg, 2010. **68**(6): p. 1238-41.
29. Eckelt, U., et al., *Open versus closed treatment of fractures of the mandibular condylar process-a prospective randomized multi-centre study*. J Craniomaxillofac Surg, 2006. **34**(5): p. 306-14.
30. Landes, C.A., et al., *Prospective evaluation of closed treatment of nondisplaced and nondislocated mandibular condyle fractures versus*

- open reposition and rigid fixation of displaced and dislocated fractures in children.* J Oral Maxillofac Surg, 2008. **66**(6): p. 1184-93.
31. Schneider, M., et al., *Open Reduction and Internal Fixation Versus Closed Treatment and Mandibulomaxillary Fixation of Fractures of the Mandibular Condylar Process: A Randomized, Prospective, Multicenter Study With Special Evaluation of Fracture Level.* Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2008. **66**(12): p. 2537-2544.
  32. Singh, V., et al., *Outcomes of open versus closed treatment of mandibular subcondylar fractures: a prospective randomized study.* J Oral Maxillofac Surg, 2010. **68**(6): p. 1304-9.
  33. Hakim, T.A., et al., *Unilateral Subcondylar and Condylar Neck Fractures: Randomized Clinical Study.* Ann Maxillofac Surg, 2018. **8**(1): p. 3-9.
  34. Al-Moraissi, E.A. and E. Ellis, 3rd, *Surgical treatment of adult mandibular condylar fractures provides better outcomes than closed treatment: a systematic review and meta-analysis.* J Oral Maxillofac Surg, 2015. **73**(3): p. 482-93.
  35. Berner, T., et al., *Closed versus open treatment of mandibular condylar process fractures: A meta-analysis of retrospective and prospective studies.* Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2015. **43**(8): p. 1404-1408.
  36. Chrcanovic, B.R., *Surgical versus non-surgical treatment of mandibular condylar fractures: a meta-analysis.* International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2015. **44**(2): p. 158-179.
  37. Khelemsky, R., S.P. Moubayed, and D. Buchbinder, *What is the evidence for open versus closed treatment of mandibular condylar fractures in adults?* Laryngoscope, 2016. **126**(11): p. 2423-2425.
  38. Brandt, M.T. and R.H. Haug, *Open versus closed reduction of adult mandibular condyle fractures: a review of the literature regarding the evolution of current thoughts on management.* J Oral Maxillofac Surg, 2003. **61**(11): p. 1324-32.
  39. Sawhney, R., R. Brown, and Y. Ducic, *Condylar fractures.* Otolaryngol Clin North Am, 2013. **46**(5): p. 779-90.
  40. Silvennoinen, U., et al., *Analysis of possible factors leading to problems after nonsurgical treatment of condylar fractures.* J Oral Maxillofac Surg, 1994. **52**(8): p. 793-9.
  41. Neff, A., *Traumatologie des Unterkieferkelenkforsatzes.* MKG- Chirurg, 2011. **4**: p. 229-244.
  42. Müller, M.E.A., M. ; Schneider, R. ; Willenegger, H., *Manual der Osteosynthese.* Vol. 3. 1992: Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
  43. Eckelt, U. and S. Gerber, *[Draw-screw osteosynthesis with a novel osteosynthesis instrument set in mandibular condyle fractures].* Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl, 1981. **69**(6): p. 485-90.
  44. Pilling, E., et al., *Comparative evaluation of ten different condylar base fracture osteosynthesis techniques.* Br J Oral Maxillofac Surg, 2010. **48**(7): p. 527-31.
  45. Champy M, W.A., Schnebelen JM, *[Treatment of mandibular fractures by means of osteosynthesis without intermaxillary immobilization according*

- to F.X. Michelet's technic]. Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl. , 1975. **63(4)**: p. 339-41.
46. Michelet, F.X., J. Deymes, and B. Dessus, *Osteosynthesis with miniaturized screwed plates in maxillo-facial surgery*. J Maxillofac Surg, 1973. **1(2)**: p. 79-84.
  47. Sikora, M., et al., *Use of the Delta plate for surgical treatment of patients with condylar fractures*. J Craniomaxillofac Surg, 2016. **44(7)**: p. 770-4.
  48. Meyer, C., et al., *Development and biomechanical testing of a new osteosynthesis plate (TCP) designed to stabilize mandibular condyle fractures*. J Craniomaxillofac Surg, 2007. **35(2)**: p. 84-90.
  49. Haghighi, K., M.G. Manolakakis, and C. Balog, *Open Reduction With K-Wire Stabilization of Fracture Dislocations of the Mandibular Condyle: A Retrospective Review*. J Oral Maxillofac Surg, 2017. **75(6)**: p. 1238 e1-1238 e7.
  50. Xin, P., et al., *Finite element analysis of type B condylar head fractures and osteosynthesis using two positional screws*. J Craniomaxillofac Surg, 2014. **42(5)**: p. 482-8.
  51. Schneider, M., et al., *Treatment of fractures of the condylar head with resorbable pins or titanium screws: an experimental study*. Br J Oral Maxillofac Surg, 2013. **51(5)**: p. 421-7.
  52. McLeod, N.M. and N.R. Saeed, *Treatment of fractures of the mandibular condylar head with ultrasound-activated resorbable pins: early clinical experience*. Br J Oral Maxillofac Surg, 2016. **54(8)**: p. 872-877.
  53. McLeod, N.M.H. and D. Van Gijn, *Use of ultrasound-activated resorbable sheets and pins in the management of fractures of the condylar neck of the mandible: a case series*. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2018. **56(3)**: p. 182-185.
  54. Loukota, U.E.R.A., *Fractures of the Mandibular Condyle: Approaches and Osteosynthesis* Vol. 1. 2011: Eberl Medien. 108.
  55. Rao, J.K., N. Gehlot, and V. Siwach, *Evaluation of Retro Mandibular Approach to Open Reduction and Internal Fixation of Condylar Fractures: A Cross-sectional Study*. J Maxillofac Oral Surg, 2014. **13(4)**: p. 488-94.
  56. Handschel, J., et al., *Comparison of various approaches for the treatment of fractures of the mandibular condylar process*. J Craniomaxillofac Surg, 2012. **40(8)**: p. e397-401.
  57. Jensen, T., et al., *Open reduction and rigid internal fixation of mandibular condylar fractures by an intraoral approach: a long-term follow-up study of 15 patients*. J Oral Maxillofac Surg, 2006. **64(12)**: p. 1771-9.
  58. Rasse, M., *Diakapituläre Frakturen der Mandibula. Eine neue Operationsmethode und erste Ergebnisse*. Z Stomatol, 1993. **90**: p. 413-428.
  59. Zhou, J.H. and C.Q. Ren, *A preauricular long-corniform approach for open reduction and internal fixation of mandibular condylar fractures*. J Craniomaxillofac Surg, 2013. **41(5)**: p. 359-66.
  60. Neff, A., et al., *Stabilität der Osteosynthese bei Gelenkwalzenfrakturen in Klinik und biomechanischer Simulation*. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, 2004. **8(2)**: p. 63-74.

61. Rasse, M., *Neuere Entwicklung der Therapie der Gelenkfortsatzbrüche der Mandibula*. Mund Kiefer Gesichtschir, 2010. **4**: p. 69-84.
62. Wilk, S.S.S.M.B., *An analysis of variance test for normality (complete samples)*. Biometrika, 1965. **52**: p. 591-611.
63. Naumann, B.R.M.F.W.J.H.E., *Quantitative Methoden 1. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. Vol. XVI. 2010: Springer. 249.
64. Student, *THE PROBABLE ERROR OF A MEAN*. Biometrika, 1908. **6**(1): p. 1-25.
65. Levene, I.O.H.H.H., *Robust tests for equality of variances, in Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*. 1960, Stanford University Press. p. 278-292.
66. Baker, A.W., J. McMahon, and K.F. Moos, *Current consensus on the management of fractures of the mandibular condyle*. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 1998. **27**(4): p. 258-266.
67. Kahl-Nieke, B. and R. Fischbach, *Condylar restoration after early TMJ fractures and functional appliance therapy. Part I: Remodelling*. J Orofac Orthop, 1998. **59**(3): p. 150-62.
68. Ehrenfeld, P.N.M.J.P.J., *Principles of Internal Fixation of the Craniomaxillofacial Skeleton* 2012: Thieme.
69. Zrounba, H., et al., *Epidemiology and treatment outcome of surgically treated mandibular condyle fractures. A five years retrospective study*. J Craniomaxillofac Surg, 2014. **42**(6): p. 879-84.
70. Bundeskriminalamt, *Tatverdächtige insgesamt nach Alter und Geschlecht - bei vollendeten Fällen*. 2018, BKA.
71. Chang, D., *Comparison of Crash Fatalities by Sex and Age Group*, NHTSA, Editor. 2008.
72. Kommers, S.C., P. Boffano, and T. Forouzanfar, *Consensus or controversy? The classification and treatment decision-making by 491 maxillofacial surgeons from around the world in three cases of a unilateral mandibular condyle fracture*. J Craniomaxillofac Surg, 2015. **43**(10): p. 1952-60.
73. Kozakiewicz, M., *Classification proposal for fractures of the processus condylaris mandibulae*. Clinical Oral Investigations, 2018.
74. Hulleman, P., et al., *Clinical Manifestation of Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain in Different Age Groups: Low Back Pain in 35,446 Patients*. Pain Pract, 2018. **18**(8): p. 1011-1023.
75. Reddy, N.V., et al., *Analysis of patterns and treatment strategies for mandibular condyle fractures: review of 175 condyle fractures with review of literature*. J Maxillofac Oral Surg, 2013. **12**(3): p. 315-20.
76. Kokemueller, H., et al., *Endoscope-assisted transoral reduction and internal fixation versus closed treatment of mandibular condylar process fractures--a prospective double-center study*. J Oral Maxillofac Surg, 2012. **70**(2): p. 384-95.
77. Landes, C.A., et al., *Closed versus open operative treatment of nondisplaced diacapitular (Class VI) fractures*. J Oral Maxillofac Surg, 2008. **66**(8): p. 1586-94.

78. Hlawitschka, M., R. Loukota, and U. Eckelt, *Functional and radiological results of open and closed treatment of intracapsular (diacapitular) condylar fractures of the mandible*. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2005. **34**(6): p. 597-604.
79. Villarreal, P.M., et al., *Mandibular condyle fractures: determinants of treatment and outcome*. J Oral Maxillofac Surg, 2004. **62**(2): p. 155-63.
80. Rasheed, A.M., Muhammad Tayyab; BHATTI, MUHAMMAD UMAIR DASTGIR, *Comparison of Surgical with Nonsurgical Treatment for Fractured Mandibular Condyle — a Study*  
Pakistan Oral Dent J 2010. **30**: p. 295.
81. Merlet, F.L., et al., *Outcomes of functional treatment versus open reduction and internal fixation of condylar mandibular fracture with articular impact: A retrospective study of 83 adults*. Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery, 2018. **119**(1): p. 8-15.
82. *Mandibular condyle fractures: a consensus*. British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 1999. **37**(2): p. 87-89.

## 7. Erklärungen zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. Dr. M. Krimmel durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. Dr. M. Krimmel, Ltd. Oberarzt in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.

Alle Patienten wurden von mir untersucht.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Biometrie durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig nach Anleitung durch Herrn Prof. Dr. Dr. M. Krimmel verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 05.12.2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'U. Walker', with a stylized, cursive script.

Uwe Albert Walker

## **Danksagung**

Für die Überlassung des Themas danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. S. Reinert und Herrn Prof. Dr. Dr. M. Krimmel.

Danken möchte ich Frau Brukner, Frau Kegreiß und Frau Speidel für die reibungslose Organisation der Untersuchungen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. M. Krimmel für die hervorragende und freundliche Unterstützung bei der Entstehung dieser Arbeit.