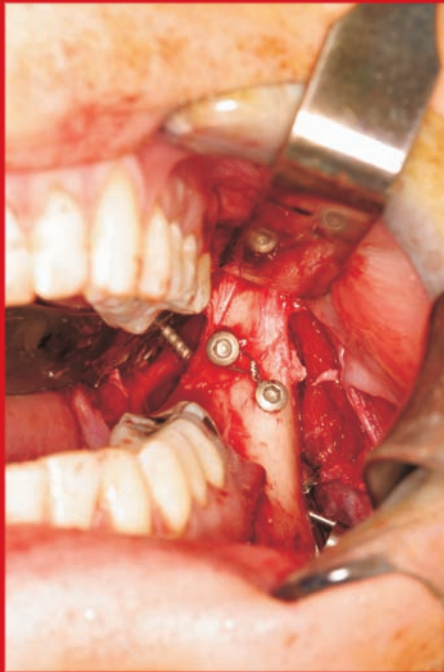


Vergleich von Zugschrauben gegenüber Miniplatten bei der Osteosynthese von Kieferwinkelfrakturen

Steffen Kaubrügge



INAUGURALDISSERTATION zur Erlangung des Grades eines **Doktors der Zahnmedizin**
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

**Vergleich von Zugschrauben gegenüber Miniplatten bei
der Osteosynthese von Kieferwinkelfrakturen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin der
Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

STEFFEN KAUBRÜGGE

aus

Limburg an der Lahn

Gießen

2011

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde Giessen
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie
Direktor: Professor Dr. Dr. H.-P. Howaldt**

Gutachter: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt

Gutachter: Prof. Dr. J. P. Klußmann

Tag der Disputation: 07. Juni 2011

Veröffentlichungen:

Comparison of miniplate versus lag-screw osteosynthesis for fractures of the mandibular angle

Original Research Article

Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology,
111:34-40

Kongressvorträge:

1. Gemeinsamer Kongress der SGK und ÖGMKG

Davos (CH) am 03.02.2007

Vortragender: Steffen Kaubrügge

XXth Congress of the European Association of Cranio-Maxillo- Facial Surgery

EACMFS

14. - 17. September 2010, Brügge (B)

Abstract Submission

Cranio-maxillo-facial traumatology

EACMFS_2010-622

Abstract Book p. 311-12

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Fragestellung	13
3	Klassifikation und Therapie von Unterkieferfrakturen.....	14
3.1	Frakturmechanik	14
3.2	Klassifikation der Unterkieferfrakturen	19
3.3	Symptomatik und Diagnostik der Unterkieferfrakturen.....	20
3.3.1	Klinische Diagnostik.....	20
3.3.2	Bildgebende Diagnostik	23
3.4	Besondere Aspekte der Kieferwinkelfraktur	26
3.5	Frakturheilung	26
4	Methoden zur Osteosynthese	29
4.1	Funktionsstabile Osteosynthesen	29
4.2	Übungsstabile Osteosynthesen	31
4.2.1	Miniplattenosteosynthese	31
4.2.2	Zugschraubenosteosynthese	32
5	Patienten und Methode	38
5.1	Datenerfassung.....	38
5.2	Operatives Vorgehen	40
5.2.1	Miniplatte nach CHAMPY	42
5.2.2	Zugschraube nach KRENKEL.....	45
5.3	Klinische Untersuchung	48
5.3.1	Okklusion	49
5.3.2	Dysästhesien in den Ausbreitungsgebieten von N. facialis und N. trigeminus	50
5.1.2	Kiefergelenksanalyse.....	50
5.3.3	Weitere Parameter	51
5.4	Radiologische Auswertung.....	51
6	Ergebnisse	54
6.1	Patientenkollektiv	54
6.2	Ergebnisse der klinischen Untersuchung.....	58

6.2.1	Klinisch relevante Parameter	58
6.2.1.1	Dauer des stationären Aufenthaltes	58
6.2.1.2	Dauer des operativen Eingriffs	58
6.2.1.3	Dauer der postoperativen mandibulo-maxillären Fixation.....	59
6.2.2	Postoperative Komplikationen.....	59
6.2.2.1	Zugschrauben nach KRENKEL	60
6.2.2.2	Isolierte Miniplatte nach CHAMPY	60
6.2.2.3	Verwendung einer zusätzlichen Miniplatte.....	60
6.3	Ergebnisse der radiologischen Auswertung	61
6.3.1.	Auswertung der Kiefergelenkspezialaufnahmen nach	61
	Clementschtsch	61
6.3.2	Auswertung der Orthopantomogramme	63
7	Diskussion.....	67
7.1	Diskussion der Fragestellung.....	67
7.2	Diskussion des Patientenkollektivs	68
7.3	Diskussion der Methodik	68
7.4	Diskussion der Ergebnisse.....	70
7.5	Ausblick.....	73
8	Zusammenfassung	75
9	Summary.....	77
10	Erklärung.....	79
11	Literatur.....	80
12	Danksagung.....	91
13	Lebenslauf	92

1 Einleitung

Der Unterkieferknochen entwickelt sich als paarige Anlage auf dem Meckel-Knorpel („Mandibula primitiva“) [1]. Dies ist der ventrale, knorpelige Anteil des ersten Branchialbogens. Beide Anlagen verschmelzen im Kinnbereich unter Ausbildung der Symphysis mandibulae. Beim Neugeborenen entspricht die Form etwa einem parabelförmigen Balken [2]. Sie verknöchert im Verlauf des ersten Lebensjahres [3]. Die Mandibula entsteht durch desmale Ossifikation als Deck- oder auch Belegknochen. Der Knochen entsteht ohne Umwege direkt aus Bindegewebe oder Mesenchym [1, 4].

Makroskopisch lässt sich im Knochen an einem Abschnitt oder einer Bruchfläche die Kompakta (=Kortikalis) von der Spongiosa unterscheiden. Bei der Kortikalis handelt es sich um dicht gepackte Knochensubstanz ohne Einschluss von größeren mineralfreien Arealen; die Spongiosa besteht aus mehr oder weniger lockeren Bälkchen [4].

Die äußere Begrenzung des Unterkieferknochens stellt die Kortikalis dar. Sie ist auf der Außenseite durchschnittlich 3,3 mm stark und anterior im Bereich des Kinns sowie lateral im Bereich der Linea obliqua nochmals verstärkt [5]. Diese stabile Bauweise ist nötig, da der Unterkiefer vielen Muskeln als Ansatz dient, insbesondere der mastikatorischen Muskulatur. Diese sind: Musculus temporalis, Musculus masseter, Musculus pterygoideus lateralis, Musculus pterygoideus medialis. Die Muskelaktivität kann unterschieden werden in Temporaliskräfte, Masseterkräfte sowie reaktive Kaukräfte. Die auftretenden Kräfte variieren patientenabhängig und können die in Tabelle 1 aufgeführten Werte erreichen [5]:

Zahnregion	Kraft (F)
Frontzahnregion	290 N
Eckzahnregion	300 N
Prämolarenregion	480 N
Molarenregion	660 N

Tabelle 1: Kaukräfte im menschlichen Gebiss. (N = Newton)

Andere Autoren sprechen von bis zu 800 N im Seitenzahnbereich [6], die entsprechend hohe Anforderungen an die Stabilität des Knochens stellen.

Aufgrund der physiologischen Belastungssituation des Unterkiefers sorgen Umbauvorgänge im Knochen für eine Anpassung in der Struktur der Spongiosabälkchen. Es entstehen Spannungslinien – Trajektoren – als Orte großer Zug- und Druckbelastungen [7]. Unter physiologischen Bedingungen entstehen bei Muskelaktivität Zugkräfte am Oberrand und Druckkräfte am Unterrand des Unterkiefers. Entsprechend kann der Verlauf der Trajektoren nachvollzogen werden. Zu beachten ist auch das Auftreten von Torsionskräften im interforaminären Bereich mit sich überkreuzenden Trajektoren, dargestellt in Abbildung 1 [5].

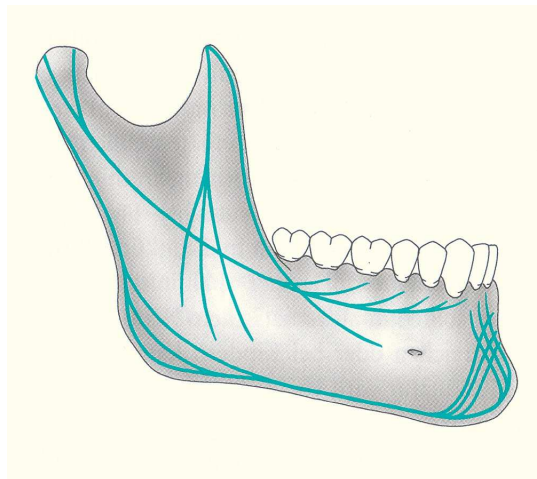


Abb.1: Trajektoren des Unterkiefers [8]

Überschreiten Kraftspitzen die Belastungsfähigkeit des Unterkiefers oder greifen übermäßig große Kräfte außerhalb der physiologischen Belastungslinien an, kann es zur Fraktur kommen. Typischerweise verlaufen Frakturlinien vorwiegend senkrecht zu den Trajektorlinien [8].

Durch die exponierte Position des Kopfes in Relation zum übrigen Körper ist bei traumatischen Ereignissen sehr häufig eine Beteiligung des Gesichtsschädels zu erwarten. Bei über 71% [2] bzw. 72 % [9] aller Verkehrsunfalltraumen ist eine Kopfverletzung zu beobachten.

Als Hauptursachen für Unterkieferfrakturen sind für die Industrienationen Verkehrsunfälle (28,1-33,8%) und Rohheitsdelikte bzw. gewalttätige Auseinandersetzungen (32,6-33,4%) anzuführen. Als weitere Ursachen kommen Arbeitsunfälle (11,6-17,8%), Sport- und Spielunfälle (2,5-11,6%) sowie Schussverletzungen und sonstige (11,1-18,7%) in Betracht [9].

Der Großteil der zu erwartenden Frakturen im Gesichtsschädelbereich betrifft mit 70-75% den Unterkiefer, bei ca. 15% der Patienten ist zusätzlich ein weiterer Gesichtsschädelknochen beteiligt [9, 10].

Die Zahl der auftretenden Frakturformen ist beachtlich. Als einfachste Form ist die Fissur zu nennen, wobei nur ein Haarriss den Knochenquerschnitt durchzieht und keine Dislokation der Frakturrenden vorliegt. Durchläuft die Bruchlinie den Knochen nur unvollständig, spricht man von einer Infraktur. Häufig im Kindesalter tritt die subperiostale Fraktur (sog. „Grünholzfraktur“) auf. Zwar kommt es zum kompletten Bruch des Knochens, doch die dicke, zähelastische Periost bleibt intakt und kann eine gewisse Schienung der Frakturrenden gewährleisten.

Am häufigsten kommen jedoch komplette Frakturen vor. Hier lassen sich, in Abbildung 2 dargestellt, unterschiedliche Lokalisationen beschreiben:

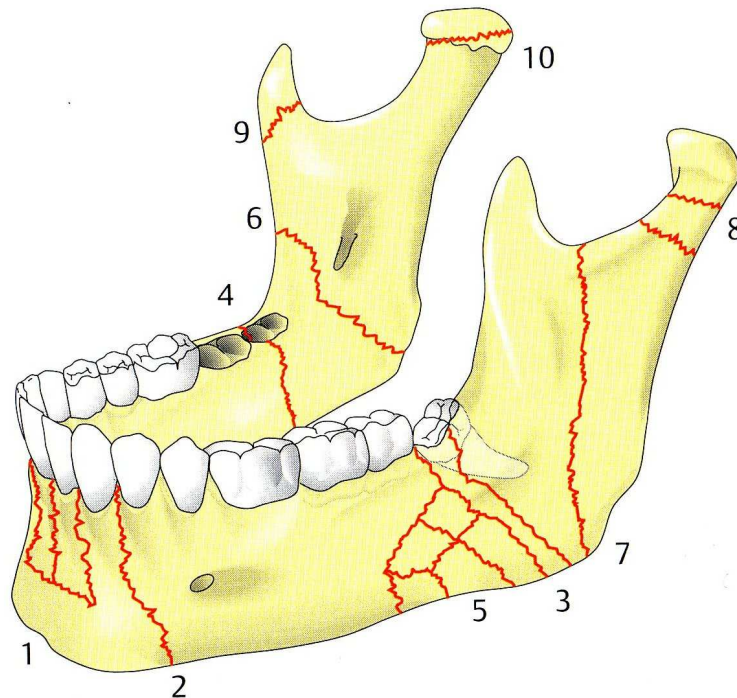


Abb. 2: Typische Lokalisation von Unterkieferfrakturen [10]. Legende:

- 1 Alveolarfortsatz
- 2 innerhalb der Zahnreihe (Querfraktur)
- 3 außerhalb der Zahnreihe bei vollbezahntem Kiefer
- 4 außerhalb der Zahnreihe bei teilbezahntem Kiefer
- 5 Trümmerfraktur
- 6 im aufsteigenden Ast (Schrägfraktur)
- 7 im aufsteigenden Ast (Längsfraktur)
- 8 Gelenkfortsatz
- 9 Muskelfortsatz
- 10 Kapitulum

Schwachstellen des Unterkiefers stellen Bereiche dar, an denen die Knochenstruktur graziler gestaltet ist, insbesondere im Bereich des Collum mandibulae oder auch der Zahnwurzeln, wobei hier besonders der Eckzahnbereich zu nennen ist. Retinierte Zähne bedingen ebenfalls Prädilektionsstellen für Frakturen, da sie die Kontinuität des Knochens beeinträchtigen [10]. Im Milchgebiß kommt es häufig

zu medianen Frakturen im Bereich der verknöchernden Symphysis mandibulae [9].

Kommt es zusätzlich zu Verletzungen der bedeckenden Weichteile und damit zu einem Exponieren der Frakturen, so spricht man von einer komplizierten Fraktur. Es besteht dadurch immer ein erhöhtes Infektionsrisiko [10], wenn die operative Versorgung nicht innerhalb von zwölf Stunden erfolgt [5, 11]. Die häufigsten Ursachen für spätere Komplikationen sind inadäquate Immobilisation, unzureichende Osteosynthese sowie das Belassen insbesondere von parodontal vorgeschädigten Zähnen [12].

Sehr häufig treten Kombinationsfrakturen des Unterkiefers auf, die die typischen Schwachstellen mit einbeziehen. Ist die Krafteinwirkung besonders groß oder punktuell gerichtet, wie z.B. bei Schussverletzungen, kann es zu Trümmer- oder sogar Defektfrakturen kommen. Sie sind als schwerwiegendste Formen der Unterkieferfrakturen anzusehen und gestalten sich in der Therapie entsprechend schwierig, da sie sehr häufig mit ausgedehnten Weichgewebsdefekten vergesellschaftet sind. Eine operative Versorgung ist obligat, da zu den Voraussetzungen der Frakturheilung die ausreichende Weichgewebsbedeckung zu zählen ist [8].

Seltener als traumatische Frakturen, die den in der Regel gesunden Knochen betreffen, sind pathologische Frakturen. Hierbei kann es bereits ohne adäquate Krafteinleitung zur Fraktur des vorgeschädigten Unterkiefers kommen. Solche Schwächungen entstehen zumeist durch raumfordernde Prozesse im Knochen oder in deren unmittelbarer Umgebung. Zu nennen sind hier Zysten, Neoplasien oder Metastasen. Ursächlich können auch schwere Verläufe einer Osteoporose oder ossäre Entzündungsgeschehen (z.B. Osteomyelitis) eine Schwächung der Knochenstruktur verursachen. Man spricht hier von Frakturen bei inadäquatem Trauma oder auch Spontanfrakturen [10].

Eine genauere Klassifikation der Unterkieferfrakturen wird in Kapitel 3.1 erläutert.

Die Versorgung der Unterkieferfrakturen hat sich im Laufe der Zeit einem starken Wandel nicht entziehen können. In früheren Jahren dominierte die konservative Frakturbehandlung – etwa durch Anbringen eines intraoralen Schienenverbandes (z.B. Kunststoffverstärkte Drahtbogenschienung nach Schuchardt) und mandibulomaxillärer Fixation (MMF). Diese kann über Drahtligaturen an den Schienenverbänden jeweils in Ober- und Unterkiefer erfolgen. Alternativ können intraosär fixierte Schrauben als Verankerung für die MMF verwendet werden. Die Indikationsstellung ist heutzutage jedoch aufgrund bewährter operativer Versorgungsmöglichkeiten eingeschränkt. Für die konservative Frakturversorgung kommen Frakturen bei Kindern oder inkomplette sowie nicht dislozierte Frakturen und hohe Frakturen des Collum mandibulae in Betracht.

Eine mandibulomaxilläre Fixation mit Hilfe eines intraoralen Schienenverbandes kann nur vorgenommen werden, wenn die Patientencompliance hinreichend gegeben ist und keine kontraindizierenden Begleiterkrankungen, wie z.B. Epilepsie, dies verbieten [13]. Nachteilig zu nennen ist außerdem, dass die ruhigstellenden Kräfte über das Parodontium auf den Knochen wirken. Dies kann zu Schädigungen des Zahnhalteapparates führen und auch orthodontische Wirkungen sind möglich [10, 11]. Als weiterer Nachteil ist zudem die verlängerte Rehabilitationszeit der Patienten zu nennen. Im Vergleich zu operativ versorgten Patienten ist die Arbeitsunfähigkeit um 3 ½ Wochen länger [14, 15].

Die erste Unterkiefer-Drahtnaht wurde 1847 durch BUCK beschrieben [16]. Jedoch traten noch sehr häufig postoperative Infektionen auf, welche auf unzureichende Materialeigenschaften und Fehlen von antibiotisch wirksamen Substanzen zurückzuführen ist [16]. Die ersten Ansätze zur Plattenosteosynthese kamen 1886 durch den Hamburger Chirurgen Carl Hansmann, allerdings nur für die Extremitätenchirurgie [17]. Erst 1968 konnte durch LUHR mit der selbstspannenden Kompressionsplatte eine Osteosyntheselösung für den Kiefer- und Gesichtsbereich beschrieben werden [18].

Bereits gegen Ende der 1980er Jahre zeigte sich ein deutlicher Wandel hin zur operativen Frakturbehandlung. Oikarinen et al. berichten, dass im Verlauf des

Jahrzehntes sich die Art der Osteosynthese von der Draht- und Plattenosteosynthese über die Kompressionsosteosynthese hin zur Verwendung von Miniplatten aus Titan sowie zur Zugschraubenosteosynthese veränderte [19].

Je nach Lokalisation, Schwere und intraoperativer Situation sind verschiedene Verfahren zur Osteosynthese indiziert. Gängig sind Plattensysteme, Zugschrauben oder der Einsatz verschiedener Konzepte in Kombination.

Drahtumschlingungen oder Drahtnähte erreichen als alleinige Maßnahme keine ausreichende Stabilität und kommen heutzutage eher selten zur Anwendung [11]. Nähere Ausführungen zur Osteosynthese der Unterkieferfrakturen und Indikationen der verschiedenen Konzepte erfolgen in Kapitel 3.3.

2 Fragestellung

Mit einer Häufigkeit von 20-25% stellen Frakturen des Unterkieferwinkels die zweithäufigste Lokalisation aller Unterkieferfrakturen dar [9, 10]. Diese Arbeit beschäftigt sich im speziellen mit der operativen Versorgung von isolierten Frakturen des Unterkieferwinkels.

Viele Schulen und Autoren sehen in der Miniplatte nach CHAMPY die geeignetste operative Therapieform der nicht infizierten Kieferwinkelfraktur [20-22]. CHAMPY empfiehlt die Applikation einer Miniplatte entlang der Linea obliqua (Zugseite). Häufig werden zwei Platten auf der vestibulären Fläche, je eine in Druck- und Zugzone, eingesetzt, um die Fraktur zu stabilisieren [22]. Nicht selten lässt sich nach Miniplattenosteosynthese eine Verbreiterung des kaudalen Bereiches des Frakturspaltes beobachten.

Am Gießener Universitätsklinikum wird die Zugschraube, modifiziert von KRENKEL [23] als Therapiealternative zur Miniplatte eingesetzt. Die Zugschraube ermöglicht eine sehr gute Adaptation der Frakturenden aneinander und diese zusätzlich gegeneinander in Kompression zu setzen. [10]

Bislang sind nur wenige Arbeiten über die Therapie der isolierten Kieferwinkel-Fraktur veröffentlicht. Diese sind zudem oft nur Fallberichte oder Studien mit geringer Fallzahl.

Deshalb soll anhand von Patientenfällen in einer retrospektiven Untersuchung geklärt werden, ob die Versorgung der Unterkieferwinkelfrakturen mit der Zugschraube nach KRENKEL den herkömmlichen Miniplattensystemen vergleichbar ist.

3 Klassifikation und Therapie von Unterkieferfrakturen

3.1 Frakturmechanik

Betrachtet man die Belastung des Knochengewebes unter physikalischen Gesichtspunkten, so kann zwischen einer statischen (Schwerewirkung) und einer dynamischen Form im Sinne einer Massenbeschleunigung, respektive Massenabbremmung, differenziert werden [11].

Am häufigsten lässt sich das Aufpralltrauma beobachten. Hierbei befinden sich die beteiligten Objekte in unterschiedlich beschleunigten Zuständen. Kommt es zur Kollision, muss die aufgrund des Geschwindigkeitsunterschiedes bestehende kinetische Energie absorbiert werden. Solange die einwirkende Energie die Biegefestigkeit des Knochens nicht überschreitet, kann der Knochen dies noch tolerieren. Die Aufnahme der Energie erfolgt dann über [11]:

- Zurückweichen des Kollisionsobjektes
- Verformung der bedeckenden Weichteile
- elastische Verformung von Knorpel und Knochen

Aus der einfachen physikalischen Beziehung¹, wonach die kinetische Energie W_{kin} der Objekte proportional ist zur Hälfte ihrer Masse m , multipliziert mit dem Quadrat ihrer Geschwindigkeit v , wird klar, warum bei großen Geschwindigkeitsdifferenzen, wie sie insbesondere bei Verkehrsunfällen und Schussverletzungen auftreten, entsprechend schwerwiegende – auch die Weichgewebe gravierend betreffende – Traumatisierungen beobachtet werden können. Man spricht hierbei auch von Akzelerationsverletzungen.

Streng dem dritten Newton'schen Gesetz „actio = reactio“ folgend, setzt der Knochen der angreifenden und somit verformend wirkenden Kraft, einen Widerstand – in diesem

¹ $W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ 24. Harten U: *Physik für Mediziner*. (ed. 10). Springer, 2001

Zusammenhang Spannung genannt – entgegen. Wird die Belastung des Knochens jedoch überschwellig, so kommt es zum Bruch. Die Bruchtoleranz des Knochens wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, die letztlich auch das Bruchgeschehen prägen.

So ist die vom Knochen absorbierbare Energie umso größer, je kürzer die Kraft auf ihn einwirkt. Die bei Belastung initial auftretende Dehnungsvorspannung verfestigt den Knochen. Dauert die Belastung an, so steigt die Wahrscheinlichkeit eines Bruches, sogar ohne weitere Kraftzunahme. [10]

Mitentscheidend für Form und Lage der Fraktur zeigt sich auch die Lastverteilung, wobei ebenfalls Größe, Form und Deformationsvermögen des traumatisierenden, sowie Form, Struktur und Weichteildeckung des traumatisierten Objektes Beachtung geschenkt werden muss.

Am häufigsten wird der Unterkiefer auf Biegung belastet. Somit stellen Biegungsbrüche die häufigste Bruchform des Unterkiefers dar [10, 11] und sollen in ihrer Mechanik näher erläutert werden:

Wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist, kommt es bei biegender Beanspruchung eines Körpers stets zu einer Stauchung (Druckbelastung) auf der konkaven und einer Dehnung (Zugbelastung) auf der konvexen Seite. Dazwischen befindet sich eine Zone, die keiner Längenänderung unterworfen wird. Man spricht hier von der neutralen Faserschicht.

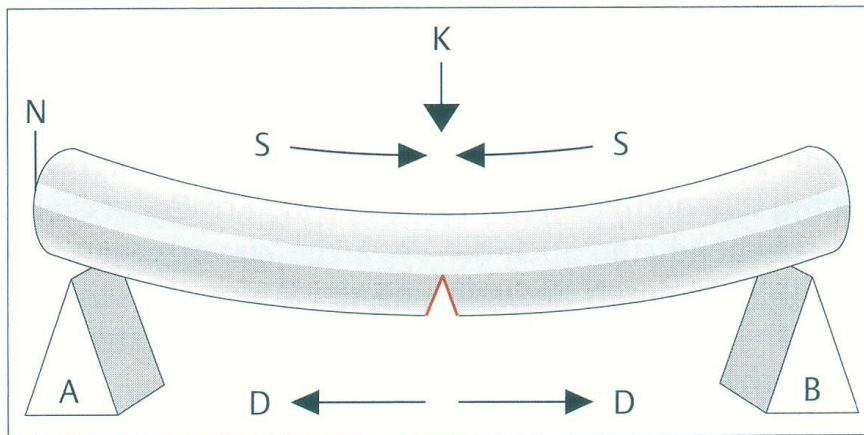


Abb. 3: Mechanik eines Biegebruchs.

Das Materialversagen wird auf der Dehnungsseite (Zugbeanspruchung) eingeleitet. A,B = Lagerkräfte; K = Biegelast; S = Stauchung; D = Dehnung; N = neutrale Faserschicht [10].

Da der Widerstand eines Knochens gegen Druck größer ist als bei einer Zugbelastung, wird eine Fraktur stets auf der Dehnungsseite ihren Anfang nehmen. Dies kann auch unter Aussprengung eines Frakturkeiles vonstatten gehen [11].

Bei Biegungsbrüchen kann man direkte und indirekte Frakturen beobachten: Von direkten Frakturen spricht man, wenn der Knochen beidseits der Belastungsstelle abgestützt ist. Indirekte Frakturen liegen vor, wenn die Abstützung nur einseitig vorhanden ist.

Andere Frakturtypen sind eher Ausnahmefälle, sollen jedoch der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben. So treten bei Stauchungsbrüchen (auch Kompressionsfrakturen genannt) Zug- und Schubspannungen auf, die letztlich den Bruch bedingen. Meist handelt es sich um indirekte Frakturen; typischerweise ist die Kapitulumfraktur des Unterkiefers ein Stauchungsbruch.

Abscherungsfrakturen betreffen vorzugsweise den Ramus ascendens mandibulae und manifestieren sich in einer zumeist vertikal verlaufenden Frakturlinie. Ursächlich für diesen Frakturtyp sind zwei betragsmäßig gleich große, jedoch entgegengesetzt gerichtete Kräfte.

tete Kräfte, die die Knochenfragmente gegeneinander verschieben und so ein Strukturversagen herbeiführen können.

Abrissfrakturen (auch Traktionsfrakturen genannt) und Torsionsfrakturen können zwar im Extremitätenbereich häufiger beobachtet werden, sind aber aufgrund der anatomischen Gegebenheiten im Gesichtsskelett nur äußerst selten oder treten überhaupt nicht auf [10, 11].

Nicht selten kommt es vor, dass die Fraktarenden nicht in ihrer ursprünglichen Lagebeziehung zueinander stehen, sondern gegeneinander verschoben – disloziert – sind. Die Ursache für die Dislokation kann verschieden geartet sein. Einerseits kann sie Folge der Krafteinwirkung sein; man spricht von direkter Dislokation. Andererseits können posttraumatisch einwirkende Kräfte wie Schwerkraft, Lagerung und vor allem der Zug der Muskulatur ursächlich sein. Krafteinwirkung durch die Kaumuskulatur oder die Muskulatur des Mundbodens verursacht zunächst eine Distraction im Bereich des Alveolarfortsatzes, die auch zur Dislokation führen kann [5]. Es handelt sich dann um eine indirekte Dislokation der Fraktur.

Unabhängig von der Ursache unterscheidet man aufgrund der Lage der Fraktarenden zueinander fünf verschiedene Dislokationsformen, wie in Tabelle 2 zusammengefasst und in Abbildung 4 graphisch dargestellt:

Dislocatio ad latum	Verschiebung zur Seite
Dislocatio ad axim	Abknickung
Dislocatio ad peripheriam	Rotation um die Längsachse
Dislocatio ad longitudinem cum contractione	Verschiebung in der Längsachse mit Übereinanderverschieben der Fragmente
Dislocatio ad longitudinem cum distractione	Verschiebung in der Längsachse mit Auseinanderklaffen der Fragmente

Tabelle 2: Dislokationsformen

Die folgende Abbildung 4 veranschaulicht dies:

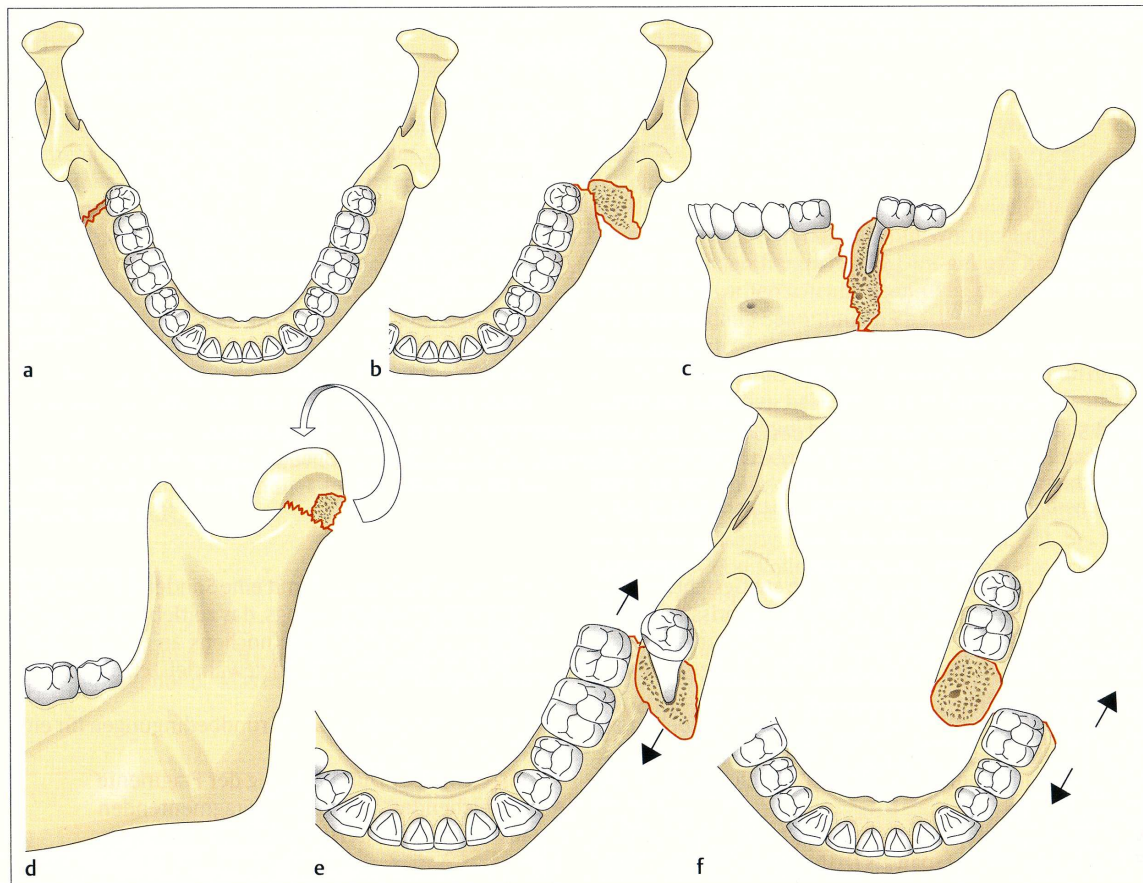


Abb. 4: Dislokationsformen am Unterkiefer

- a Unterkieferfraktur ohne Dislokation
- b Dislocatio ad latum
- c Dislocatio ad axim
- d Dislocatio ad peripheriam
- e Dislocatio ad longitudinem et latum cum contractione
- f Dislocatio ad longitudinem et latum cum distractione [10].

3.2 Klassifikation der Unterkieferfrakturen

Der Versuch, Unterkieferfrakturen sinnvoll zu klassifizieren, stellt eine Herausforderung dar. Weder eine Einteilung nach rein anatomischen Kriterien (Lokalisation), noch eine Einteilung nach Bruchform oder Dislokation scheint hinreichend den Anforderungen gerecht zu werden [10].

Es empfiehlt sich, mehrere Befunde für eine Einteilung heranzuziehen. So kommen verschiedene Autoren überein, dass stets neben Frakturtyp und Lokalisation, der Zahnbestand und insbesondere der Weichteilbezug – damit die Frage, ob eine erhöhte Infektionsgefahr besteht – zu betrachten sind [8-11].

AUSTERMANN liefert dazu eine übersichtliche Methodik, wiedergegeben in Tabelle 3:

Weichteilbezug	Frakturtyp	Lokalisation und Zahnbestand
Einfache Fraktur mit geschlossener Weichteildeckung	Inkomplette Fraktur	<i>innerhalb der Zahnreihe</i>
	Subperiostale Fraktur	- Alveolarfortsatz
Komplizierte Fraktur mit Weichteilperforation	(„Grünholzfraktur“)	- Corpus median und paramedian
	komplette Fraktur	- Eck- und Seitenzahnbereich
	Mehrfachfraktur	
	Trümmer- oder Defektfraktur	<i>außerhalb der Zahnreihe</i>
		- im Bereich oder hinter der Alveole des letzten Zahnes
		- Kieferwinkel
		- aufsteigender Ast einschließlich Muskelfortsatz
		- Gelenkfortsatz
		- unbezahnter oder fast unbezahnter Unterkiefer

Tab. 3: Fraktуреinteilung [10]

3.3 Symptomatik und Diagnostik der Unterkieferfrakturen

Wie in der Medizin und in der Zahnmedizin üblich, sollten auch bei der Diagnostik der Unterkieferfrakturen stets klinische und radiologische Befunde im Kontext betrachtet werden, um zu einer gesicherten Diagnose zu gelangen.

Unter Gesichtspunkten des Strahlenschutzes, wie sie auch in § 2 der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen [25] gefordert werden, ist es sinnvoll, zunächst die klinische Symptomatik zu erfassen um dann adäquate Röntgenverfahren und Projektionsrichtungen auszuwählen, mit dem Ziel, möglichst präzise, aussagekräftige Bilder zu erhalten und unnötige Aufnahmen zu vermeiden. Somit liegt es nahe, an dieser Stelle zunächst die klinische, danach die radiologische Diagnostik näher zu betrachten.

3.3.1 Klinische Diagnostik

Am Beginn einer klinischen Diagnose (griech.: diagnosis – Entscheidung) sollte stets eine angemessene Anamnese (griech.: anamnesis – Erinnerung) stehen. Sofern es Kooperation und Zustand des Patienten es zulassen, sollte möglichst viel über Beschwerden und den Unfallhergang in Erfahrung gebracht werden. Gelingt dies nicht, können Begleiter beziehungsweise der überweisende Arzt oder einliefernde Rettungsdienst wertvolle Informationen liefern.

Mit der Anamnese wird die Vorgeschichte des Patienten beleuchtet. Zunächst empfiehlt es sich, die Spezielle Anamnese zu erheben. Sie bezieht sich auf die akuten Beschwerden des Patienten. Ferner wird mit der Allgemeinen Anamnese geklärt, ob der Patient an Allgemeinerkrankungen leidet und ob Vorerkrankungen vorliegen. Hier sollte auch nach eventuellen Medikationen gefahndet werden.

Vervollständigend sollte sich die Familien- und Sozialanamnese anschließen, um familiäre Häufungen bestimmter Erkrankungen zu erfassen. Desweiteren liefert sie Informationen zu den näheren Lebensumständen des Patienten [26].

Mit Hilfe einer systematischen klinischen Untersuchung lässt sich der Verdacht auf eine Unterkieferfraktur erhärten. Es gilt, nach den sicheren und unsicheren Frakturzeichen zu fahnden.

Als sichere Frakturzeichen gelten Dislokation, abnorme Beweglichkeit und Krepitation.

Dislokationen lassen sich bei der palpatorischen Untersuchung des Unterkieferrandes feststellen, sofern eine gegebenenfalls vorliegende Weichteilschwellung dies zulässt. Andererseits können sie als Versatz in der Kontinuität der Zahnreihe bei der intraoralen Inspektion imponieren. Voraussetzung hierfür ist die Lage der Frakturlinie innerhalb der Zahnreihe bei für die Beurteilung ausreichender Bezahnung.

Abnorme Beweglichkeit der Fragmente ist bimanuell leicht nachweisbar. Klinisch lässt sich dies durchführen, indem der Untersuchende die Zeigefinger beidseits der Frakturlinie auf die Kauflächen beziehungsweise Schneidekanten der Zähne legt, den Unterkieferrand mit den Daumen fasst und die Fragmente gegeneinander verschiebt.

Frakturen des Kieferwinkels sind nach diesem Prinzip ebenfalls nachweisbar, jedoch nur eingeschränkt zuverlässig, da der Knochen hier durch eine häufig stark anschwellende Weichgewebsdeckung getastet werden muss.

Das Auslösen der *Krepitation* (hörbares Reiben der Frakturrenden aneinander) ist zwar ein sicheres Frakturzeichen, gestaltet sich jedoch für den Patienten äußerst schmerzhaft und ist darüber hinaus nur selten vernehmbar. Es sollte daher möglichst vermieden werden.

Neben den zuvor genannten sicheren Frakturzeichen, existiert eine Reihe von unsicheren Frakturzeichen, die für sich allein gesehen keine Fraktur nachweisen, einen geäußerten Verdacht jedoch erhärten können [9].

Okklusionsstörungen sind per se kein Beweis für eine Fraktur. Häufig können Begleiterscheinungen des Traumas wie Gelenkergüsse, Gelenk- und/oder Diskusluxationen, Zahnluxationen sowie Muskelhämatome Okklusionsstörungen oder ein für den Patienten ungewöhnliches Gefühl beim Zubeißen verursachen.

Trotzdem gilt, dass Okklusionsstörungen nach einem Trauma als sehr wichtiger Hinweis auf eine Fraktur aufgefasst werden müssen [10].

Hämatome und *Schwellungen* sowie *Druck-* und *Stauchungsschmerzen* sind nicht zwingend beweisend für eine Fraktur, da solche Symptome auch nach Traumen auftreten können, die nicht zu einem Knochenbruch führten (Kontusion). Hämatome sind aber stets an den Stellen verdächtig, die nicht direkt der Gewalteinwirkung ausgesetzt waren – sofern sich dies nachvollziehen lässt. Sie sprechen dann sehr wahrscheinlich für eine Frakturlinie an dieser Stelle.

Druckschmerz ist stets an den Bruchstellen auslösbar und kann helfen, diese zu lokalisieren. Allerdings können Schmerzempfindungen bereits bei Knochenkontusionen und an traumatisierten Weichgeweben ausgelöst werden [9].

Zahnlockerungen müssen sich nicht zwangsläufig auf ein Frakturereignis zurückführen lassen. So können generalisierte Lockerungen für ein gravierendes Parodontalproblem des Patienten sprechen. Isolierte Lockerung eines Zahnes oder mehrerer Zähne bei ansonsten gesunden Parodontalverhältnissen sprechen eher für eine Fraktur. Hierbei sollte jedoch ausgeschlossen werden, ob es sich nicht um ein isoliertes Zahntrauma handelt oder ob nicht der einzelne Zahn selbst zu einem früheren Zeitpunkt frakturierte und nun infolge des Entzündungsgeschehens gelockert ist. Einher geht dies meist mit isoliert auftretenden hohen Sondierungstiefen [27].

Zahnluxationen und *Gingivaeinrisse* sind ebenfalls kritisch zu betrachten, da auch sie bereits bei weniger traumatischen Ereignissen auftreten können und somit nicht zwangsläufig durch eine komplette Fraktur bedingt sind – wenn auch häufig Alveolenwände ausgebrochen sein können. Die Inzidenz für Zahntraumata ist besonders hoch bei Kindern und betrifft vorzugsweise den stärker exponierten Frontzahnbereich [28].

Sensibilitätsstörungen im Ausbreitungsgebiet des Nervus alveolaris inferior manifestieren sich vorrangig durch Hypästhesien – bis hin zu Anästhesien – oder Parästhesien im Bereich der Unterlippe. Dies ist dann möglich, wenn die Frakturlinie durch den Canalis mandibularis verläuft [11]. Bei ausgedehnten Weichteilverletzungen gestaltet sich die Beurteilung dieses Kriteriums allerdings schwierig.

Eine *Functio laesa* des Unterkiefers im Sinne einer Kieferklemme respektive Kiefersperre oder Seitenabweichung implizieren ein Frakturgeschehen im Bereich des Ramus mandibulae einschließlich des Processus articularis. Ursächlich für die genannten Symptome können aber auch andere pathologische Prozesse sein (Luxation, Distorsion, Abszesse, Tumore) [11].

Sehr häufig treten am Unterkiefer typische Bruchkombinationen auf. Danach ist gezielt zu fahnden. Typische Kombinationen sind wie folgt [10]:

- Kinnregion und (beide) Gelenkfortsätze
- Doppelseitiger Kinnbruch (Frakturlinien meist paramedian)
- Eckzahnregion und Kieferwinkel der Gegenseite
- Eckzahnregion und Gelenkfortsatz der Gegenseite
- Beide Gelenkfortsätze

Es empfiehlt sich, bei der Untersuchung eines Patienten einer Systematik zu folgen.

3.3.2 Bildgebende Diagnostik

Im Jahre 1895 beschrieb Wilhelm Conrad Röntgen erstmals eine künstlich erzeugte Strahlenart mit hoher Durchdringungsfähigkeit, die er damals als X-Strahlen bezeichnete; 1912 konnte dann der Nachweis erbracht werden, dass es sich dabei um eine elektromagnetische Strahlung handelte. Bereits zuvor wurde jedoch der therapeutische Nutzen für die Medizin erkannt, da sich, mit der fortan nach seinem Entdecker benannten Röntgenstrahlung, Strukturen aus dem Inneren des Körpers abbilden ließen. Ursächlich für die unterschiedliche Schwärzung des Filmes ist die Tatsache, dass die Schwächung von Röntgenstrahlen wesentlich von der Atommasse der durchstrahlten Materie abhängt. Da Knochen sehr viel Calcium (Ca^{40}) enthält, ist beim Durchtritt der Strahlung naturgemäß eine viel stärkere Schwächung zu erwarten, als dies bei Weichteilen mit ihrem hohen Wassergehalt oder gar luftgefüllten Hohlräumen der Fall ist [29].

Heute stehen für die bildgebende Diagnostik der Unterkieferfrakturen auf Basis der Röntgenstrahlen eine ganze Reihe von Projektionstechniken und Geräten zur Verfügung. Unabhängig von den angewandten Verfahren ist aber immer eine Darstellung des Unterkiefers in zwei senkrecht aufeinander stehenden Ebenen nötig.

Eine häufig angewandte Kombination beinhaltet die Anfertigung eines Orthopantomogramms (OPG) und einer okzipitofrontalen Aufnahme des Unterkiefers nach Clementschitsch [30]. Die Projektionstechnik nach Clementschitsch ist der herkömmlichen okzipitofrontalen Aufnahme vorzuziehen, da sie mundoffen angefertigt wird und so eine bessere Beurteilung der Gelenkfortsätze zulässt. Zusammen erlauben beide Aufnahmen eine umfassende Darstellung des Unterkiefers und möglicher Frakturlinien.

In der allgemein Zahnärztlichen Praxis kann neben dem OPG die Anfertigung einer Aufbissaufnahme hilfreich zur Frakturdiagnostik, besonders im Kinnbereich, sein. Allerdings kann mit Aufbissaufnahmen nur der Bereich des Alveolarfortsatzes dargestellt werden und ist somit für die klinische Diagnostik eher zweitrangig.

Zahnfilme haben ihre Berechtigung, sobald zu beurteilen ist, ob sich ein Zahn im Bruchspalt befindet oder ein Zahn frakturiert ist [11].

Fernröntgenseitenaufnahmen (FRS) sind zur Frakturdiagnostik ungeeignet, da hier beide Seiten des Schädels übereinander projiziert werden und somit keine genaue Differenzierung der einzelnen Strukturen möglich ist.

Früher wurde bei bettlägerigen oder schwer verletzten Patienten, die nicht im OPG-Gerät stehen konnten, eine Röntgenaufnahme „hängender Unterkiefer seitlich“ angefertigt. Hierbei wurde versucht, den Unterkiefer schräg aufzunehmen, so dass er nicht mit der Gegenseite überlagert. Heute ist dieses Verfahren weitgehend durch die Computertomographie (CT) ersetzt.

Die Anfertigung einer Computertomographie (CT) stellt die wohl vielseitigste und diagnostisch hochwertigste Untersuchungsmethode dar. Eine Indikation ist häufig dann gegeben, wenn Dislokationen vorliegen, die auf den konventionellen Aufnah-

men nicht klar erkennbar sind oder aber die Lage einzelner Fragmente zueinander unklar ist.

Die Untersuchung sollte stets in axialer und coronarer Schichtung erfolgen, womit die Forderung nach zwei senkrecht aufeinander stehenden Ebenen erfüllt ist. Hilfreich kann auch eine sagittale oder parasagittale Ebene zur Darstellung einer Colulumfraktur sein. Die Nachbearbeitung des Datensatzes am Computer erlaubt die Darstellung in Knochen- beziehungsweise in Weichteilgewichtung, wozu die entsprechenden Graustufen herausgerechnet und gewichtet werden. Diese Bearbeitung erlaubt eine gezielte Darstellung jeweils der Knochen und der Weichteilstrukturen.

Weiterhin kann aus dem Datensatz eine dentale Rekonstruktion erstellt werden, die in ihrer Darstellung dem OPG entspricht. Technisch aufwendiger, dennoch wohl die eindrucksvollste Darstellung, gestaltet sich die Dreidimensionale Oberflächenrekonstruktion. Sie erlaubt die plastische Darstellung aller Oberflächenstrukturen in einem dreidimensionalen Modell der abgebildeten Region [30].

Den Vorzügen der CT-Untersuchung steht jedoch die vergleichsweise hohe Strahlenbelastung des Patienten und die höheren Kosten für das technisch aufwendige Verfahren gegenüber. Die Entscheidung über die Anwendung sollte im Einzelfall getroffen werden.

Neben den zuvor genannten, stehen heutzutage auch bildgebende Verfahren zur Verfügung, die ohne Röntgenstrahlung auskommen. Jedoch sind sowohl Magnet-Resonanz-Tomographie als auch Sonographie zur Diagnostik von knöchernen Strukturen nur beschränkt geeignet. So konnten FRIEDRICH et al. nur 67 % der untersuchten Gelenkfortsatzfrakturen trotz der oberflächennahen Lage per Sonographie nachweisen [31]. Durch die Totalreflexion an der Gewebe-Knochengrenze sind knöcherne Strukturen nur schwer beurteilbar. Es ist eine lokale Beurteilung der Knochenoberfläche möglich, aber ein sonographischer Frakturausschluss ist wegen mangelnder Übersicht über das Skelett aus forensischen Gründen obsolet [32].

Die Stärken der Magnet-Resonanz Tomographie liegen im Bereich der Weichteildiagnostik. Dies resultiert auf dem Funktionsprinzip der MRT, welches die Messung der Resonanz der für jeden Atomkern typischen Frequenz misst. Dies gelingt besonders gut bei Weichgeweben mit hohen Wasser- oder hohen Fettanteilen. Die

primäre Traumatologiediagnostik für Knochenstrukturen bleibt daher konventionellen Röntgentechniken, respektive der Computertomographie vorbehalten [33].

3.4 Besondere Aspekte der Kieferwinkelfraktur

Mit einer Häufigkeit von 20-25% ist die Kieferwinkelregion eine der häufigsten Lokalisationen von Unterkieferfrakturen [9, 10]. Eine biomechanische Schwachstelle dieser Region ist in Form von teilweise oder vollständig retinierten dritten Molaren zu sehen. Sie beeinträchtigen die Kontinuität des Knochengewebes [10].

Beachtenswert ist auch die geringe basale Kortikalisdicke im Bereich des Kieferwinkels. HEIBEL et al. zeigten hier durchschnittliche Werte von links 1,04 mm und rechts 0,8 mm. Tiefstwerte lagen hier 0,1 mm. Im Vergleich dazu kann die Dicke der basalen Kompakta im anterioren Bereich 4 mm erreichen. Die Stärke der bukkalen Kortikalis im Bereich des Kieferwinkels erreicht Werte um 2 mm bis 2,8 mm [34].

Nicht selten sind Frakturen im Kieferwinkel nach Osteotomien zur Entfernung retinierter dritter Molaren zu beobachten, da hier durch die Entfernung von Knochen substanz zur Bergung des Zahnes der Knochen weiter geschwächt wurde. Das dieser Untersuchung zu Grunde liegende Patientengut beinhaltet sieben Fälle von Kieferwinkelfrakturen als Folge von Weisheitszahnosteotomien im Unterkiefer.

Ursächlich für eine Fraktur bei Zustand nach Osteotomie der dritten Molaren sind dann häufig Kaukräfte, die im Normalfall zu keiner Fraktur geführt hätten. Meist jedoch kommt es im Rahmen tätlicher Auseinandersetzungen zu Kieferwinkelfrakturen. Weitere Fälle kommen infolge von Zusammenstößen beim Sport oder Verkehrsunfällen zustande [35].

Die besonderen anatomischen Gegebenheiten der Kieferwinkelregion bieten für die osteosynthetische Versorgung verschiedene Optionen.

3.5 Frakturheilung

Ähnlich den Verletzungen und der Heilung von Weichgeweben kann bei der Heilung von Knochenbrüchen zwischen einer primären und einer sekundären Wundhei-

lung unterschieden werden. Jedoch gilt zu unterscheiden, dass es im Weichgewebe zur Ausbildung von funktionsarmem, wenig differenziertem Narbengewebe kommt. Im Knochen jedoch entsteht hoch differenziertes Knochengewebe, welches sich vom Ursprungsgewebe nicht unterscheidet [10].

Primäre und sekundäre Knochenheilung unterscheiden sich jedoch sehr deutlich in ihrem Ablauf und der zeitlichen Dauer. Die primäre Knochenheilung, auch Kontaktheilung genannt, zeichnet sich im klinisch unwahrscheinlichen Idealfalle durch direkte und vollständige Überbrückung des Frakturspaltes ohne Umweg über eine Kallusbildung aus. Mesenchymzellen aus den benachbarten Havers-Kanälchen differenzieren sich zu Osteoklasten und Osteoblasten. In Gruppen organisierte Osteoklasten bilden in Achsenrichtung des Knochens kleine Kanäle, in die Mesenchymzellen, Gefäße und Osteoblasten folgen. Die daraus gebildeten Osteone überbrücken unmittelbar den Bruchspalt und werden zu lamellärem Knochen. Durch die gleichzeitige Aktivität von Osteoklasten und Osteoblasten bildet sich kein Resorptionsraum.

Selbst bei klinisch einwandfreier Reposition bleibt zumeist ein Teil der Frakturfläche, ohne Knochenkontakt. Die verbleibenden Spalträume werden durch die Spaltheilung – eine Variante der primären Knochenheilung – repariert. Hierbei bildet sich von Endost und Periost ausgehend zunächst ungeordneter Geflechtknochen, der sich in funktionsorientierten Lamellenknochen umwandelt. Bereits während der ersten Woche nach der Fraktur wird Knochenmatrix sezerniert. Histologisch erreicht der Knochen bei der Primärheilung nach vier Wochen im Spongiosa- und nach 4 Monaten im Kortikalisbereich wieder seine Originalstruktur [10, 36].

Im Gegensatz zur primären Knochenheilung verläuft die sekundäre Knochenheilung über mehrere Zwischenschritte. Die Heilung wird dominiert über die Entwicklung eines peri- und endostalen Fixationskallus als Reaktion auf mangelnde Reposition und interfragmentäre Unruhe. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Menge der Kallusbildung und der interfragmentären Unruhe. Die sekundäre Knochenheilung kann in vier zeitlich aufeinanderfolgende Phasen aufgeteilt werden. In der ersten Phase kommt es zur Ausbildung eines Bruchspalthämatoms mit begleitender zellulärer Exsudation (aseptische Entzündung, 1. – 7. Tag.) In der zweiten Phase wandern Mesenchymzellen in das Hämatom ein und organisieren einen überbrückenden Granulationskallus. Es kommt zu einer entzündlich bedingten Demineralisierung der Randbezirke und in der Folge zu einer durch die aus Mesen-

chymzellen gebildeten Osteoklasten bewirkte Osteolyse. Hierdurch zeigt sich der Bruchspalt im Röntgenbild verbreitert. Der Kallus erfährt parallel dazu eine Verfestigung (fibrocartilaginärer Kallus, 7. – 14. Tag). Der Kallus verfestigt sich in der dritten Phase zusehends (Fixationskallus) und verringert die interfragmentäre Unruhe. Zug- und Druckkräfte verringern sich, wodurch eine fortschreitende Mineralisierung möglich wird, in Form einer desmalen Ossifizierung um den Bruch herum und eine enchondrale Ossifikation im interfragmentären Bereich (14. – 21. Tag). In der abschließenden vierten Phase wird die Mineralisierung des Kallus beendet und der entstandene Geflechtknochen in lamellären Knochen umgebaut und funktionell orientiert. Nach vier Wochen ist eine Teilmobilisierung möglich. Mit der vierten Phase beginnt auch das Remodelling des Knochens, welches den Knochen den funktionellen Anforderungen anpasst. Dies erfolgt im Zeitraum von circa einem Jahr [10, 36].

Es konnte in Studien nachgewiesen werden, dass die osteosynthetische Versorgung von Frakturen in den meisten Fällen zu einer primären Knochenheilung führt, wohingegen konservative Versorgungen zumeist sekundär ausheilen [37, 38].

4 Methoden zur Osteosynthese

Wenn nach ausführlicher klinischer und radiologischer Diagnostik die Entscheidung zur osteosynthetischen Versorgung gefallen ist, stehen dem Operateur mehrere Optionen zur Wahl. Zunächst ist zu klären, ob die Osteosynthese funktions- oder übungsstabil durchgeführt werden soll.

4.1 Funktionsstabile Osteosynthesen

Funktionsstabile Osteosynthesen sollten stets dann zur Anwendung kommen, wenn eine größtmögliche Ruhigstellung der Frakturenden erreicht oder ein ausgedehnter Defekt überbrückt werden soll. Gerade im Unterkiefer können enorme Kräfte auftreten. CHAMPY et. al konnten Zugkräfte im Unterkiefer in der Größenordnung bis 1000 N im Bereich der Symphysis mandibulae nachweisen [9].

Klassische Indikationen der funktionsstabilen Osteosynthese sind infizierte Frakturen, deren knöcherne Heilung sehr stark von einer absoluten Ruhigstellung abhängig ist. Auch die Behandlung von pathologischen Frakturen sollte funktionsstabil erfolgen. Ebenso für Behandlung stark dislozierter bzw. ausgedehnter Trümmer- oder Defektfrakturen empfiehlt sich die Anwendung von funktionsstabilen Osteosyntheseplatten oder gar Rekonstruktionsplatten [18, 39]. Ein großes Einsatzfeld stellt die wiederherstellende Chirurgie dar. Nicht selten ist es erforderlich, im Rahmen von tumorchirurgischen Eingriffen Kontinuitätsresektionen des Unterkiefers vorzunehmen. Die hierbei entstehenden Defekte können einerseits mit - zum Teil sehr weitspannigen - Überbrückungsplatten oder aber gefäßgestielten Knochentransplantaten, die in den Defekt eingebracht werden, versorgt werden. Die verwendeten Knochentransplantate, häufig entnommen aus dem Beckenkamm oder der Fibula des Patienten, können sehr gut mit funktionsstabilen Osteosyntheseplatten am verbliebenen Unterkieferknochen fixiert werden.

Auch bei der Therapie von Frakturen am zahnlosen oder nur gering bezahnten Unterkiefer kommen funktionsstabile Osteosyntheseplatten zum Einsatz. Bei Zahnlosigkeit kommt es zur Atrophie des Knochens, das heißt der Knochen wird dünner und bietet eine geringere Anlagerungsfläche im Frakturbereich. Somit ist bei zu-

nehmender Atrophie die Verwendung der Verwendung von funktionsstabilen Osteosyntheseplatten erforderlich.

Charakteristisch für die Anwendung der funktionsstabilen Osteosynthese ist die bikortikale Verschraubung der Platte am Knochen, d.h. die Schrauben der Länge bis 18 mm erfassen mit ihren Schraubenwindungen sowohl die vestibuläre als auch linguale Kompakta des Unterkiefers. Aufgrund dieser Eigenschaft ist es erforderlich, die Platte unterhalb des Canalis mandibularis anzubringen, um Zahnschäden und Traumatisierungen des Nervus alveolaris inferior zu vermeiden. Diese exzentrische Anbringung der Platte kann jedoch dazu führen, dass die Fraktur im Bereich der Zahnreihe oder auch lingual, insbesondere bei Anwendung von Kompression, auseinanderklafft [11, 40].

Zusätzlich ist häufig das Gewindeloch der Platten in der Form unterschiedlicher Kreisbogensegmente ausgeführt, die das Annähern der Fraktarenden mit zunehmender Stärke der Verschraubung erlauben. Dies gelingt durch Verwendung von Schrauben mit einem kegelförmigen Kopf in den exzentrischen Schraubenlöchern. Hier verwirklicht sich das Prinzip der axialen Kompression [39].

Eine spezielle Unterform stellt das Uniloc-System dar. Die Schraube verfügt über zwei Gewinde mit unterschiedlichen Gewindesteigungen und Durchmesser. Das proximale Gewinde greift in ein Gewinde im Schraubenloch der Uniloc-Platte und erlaubt es somit, die Platte in einem definierten Abstand vom Knochen zu fixieren – im Sinne eines Fixateur intern - und somit das Risiko von Durchblutungsstörungen zu verringern [41].

Bei der Verwendung von funktionsstabilen Osteosynthesen kann es erforderlich werden, aufgrund ihrer Dimensionen einen extraoralen Zugang zum Operationssitus zu wählen. Diese Art des operativen Zuganges stellt für den Patienten stets eine höhere Belastung dar als der transorale Zugang. Daneben ist bei der Präparation für den Operateur ein erhöhtes Risiko gegeben, Äste des Nervus facialis, insbesondere den Ramus marginalis mandibulae, zu verletzen [8]. Hierbei kann es zum Ausfall des M. levator angulis oris, M. depressor angulis oris und des M. mentalis kommen. Aus kosmetischen Gründen ist die extraoral sichtbare Narbe zu nennen. Daher sollte die Indikation für funktionsstabile Osteosynthesen stets eindeutig gegeben sein.

4.2 Übungsstabile Osteosynthesen

4.2.1 Miniplattenosteosynthese

Die Mehrzahl der Osteosynthesen erfordert nicht die maximal erreichbare Rigidität der Verbindung zwischen den Fraktarenden sondern eine übungsstabile Verbindung wird als ausreichende Ruhigstellung aufgefasst. Eine geringe interfragmentäre Bewegung aufgrund eines Überwiegens der dynamischen über die statische Komponente löst eine oberflächliche Knochenresorption aus [42, 43]. Dadurch kommt es zu einer vermehrten Kallusbildung [43]. Prinzipiell können alle Frakturen im Kiefer- und Gesichtsbereich mit Miniplatten nach CHAMPY osteosynthetisch versorgt werden, die nicht in den zuvor genannten Indikationsbereich der funktionsstabilen Osteosynthesplatten fallen. Hauptaufgabe der Miniplatten ist die Fixation der Fraktarenden gegeneinander in anatomisch korrekt reponierter Position. Vor allem im Unterkiefer ist bei der Wahl von Position, Anzahl und Dimension der Miniplatten auf den Verlauf der Trajekturen zu achten. CHAMPY konnte zeigen, dass die Anwendung der Platten in der Regel auf den Bereich der Zugzonen beschränkt bleiben kann. Die Osteosynthese erfolgt also im Sinne einer Zuggurtung um eine Distraction im krestalen Bereich des Unterkiefers zu unterbinden.

Für die Anwendung können folgende Richtlinien angeführt werden [5]:

- Distal des Foramen mentale wird die Platte unterhalb der Wurzelspitzen und oberhalb des Canalis mandibulae plaziert.
- Im Bereich des Kieferwinkels verläuft die Platte idealerweise auf der breiten Innenfläche der Linea obliqua; sollte diese nicht mehr intakt sein erfolgt die Platzierung auf der Außenseite des aufsteigenden Astes, so hoch wie möglich.
- Im intraforaminären Bereich wird zusätzlich zur subapikalen eine weitere Platte nah am Unterrand des Unterkiefers appliziert. Dies dient der Ausschaltung von Torsionskräften, die in der anterioren Region auftreten können.

Im Bereich der Druckzonen ist das Anbringen von Platten nicht erforderlich, da diese durch die Aktivität der Muskulatur und dadurch resultierende Druckkräfte aus-

reichend stabilisiert sind. Das Anbringen von weiteren Platten kann indiziert sein, wenn die Reposition von abgesplitterten Fragmenten erforderlich ist.

Für den zahnlosen Unterkiefer beschreibt CHAMPY, Frakturen auch hier mit Miniplatten zu versorgen. Er empfiehlt die Anbringung der Platte nicht auf der Oberseite des Unterkiefers, da hier der Knochen sklerotisch ist und nicht ausreichend Stabilität aufweist, sondern in der vestibulären Kompakta.[5]

Ein weiterer Vorteil der Miniplatten in Bezug auf funktionsstabile Platten liegt in ihrer grazilen Dimensionierung und der geringen erforderlichen Ausdehnung des operativen Zuganges. In der Regel sind im Bereich des Unterkiefers alle Fraktursituationen über einen intraoralen Zugang zu erreichen. Ausnahmen stellen hier die Versorgungen von Frakturen des Collum mandibulae dar. Hier kann es notwendig werden, den Fraktursitus über einen extraoralen Zugang darzustellen.

Die Verschraubung der Platten am Knochen erfolgt hier stets monokortikal. Die erhältliche Schraubenlänge variiert zwischen drei und 14 Millimetern, CHAMPY und Mitarbeiter empfehlen Schraubenlängen von 3,5 oder vier Millimetern Länge.

Das Design der Miniplatten erlaubt keine Kompression der Frakturenenden gegeneinander. Trotz der geringen Schraubenlänge und der Positionierungsempfehlungen besteht das Risiko von Zahnwurzelschädigungen. Driemel et. al. beziffern in ihrer Studie das Risiko von Zahnwurzelschädigungen durch Miniplattenosteosynthese trotz monokortikaler Konzeption auf 7,6% [44].

4.2.2 Zugschraubenosteosynthese

Eine der jüngeren Entwicklungen auf dem Sektor der übungsstabilen Osteosynthese stellt die Zugschraube dar. Die erste Beschreibung für die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie erfolgte durch BRONS im Jahre 1970 [45]. Weitere Veröffentlichungen erschienen in den 1970er bis 1990er Jahren [23, 46-51]. Der grundsätzliche Vorteil der Zugschraube liegt in der Möglichkeit zur Kompression der Frakturenenden gegeneinander. Diese Perspektive ergibt sich durch Anwendung jeweils unterschiedlicher Bohrer Durchmesser im proximalen und distalen Fragment. Die zunächst im distalen Fragment angebrachte Bohrung ist in ihrem Durchmesser größer als der Außendurchmesser des Schraubengewindes. Dieses Schraubenloch wird seiner Funktion entsprechend als Gleitloch bezeichnet. Es erfolgt also hier kein Greifen des Gewindes im Knochen, sondern ausschließlich erfolgt die Krafteinleitung in den

Knochen durch den Kopf der Schraube. Die Bohrung im proximalen Fragment wird im Durchmesser dem Schraubenkorpus entsprechend dimensioniert und mit einem Gewindeschneider konditioniert. Die konsekutive Bezeichnung dieses Schraubenloches lautet Gewindeloch [47].

Wird nun die Zugschraube eingebracht, kann ihr Gewinde nur im Gewindeloch des proximalen Fragmentes greifen und so bei fortgeschrittener Eindrehtiefe die beiden Fragmente einander annähern und unter Kompression gegeneinander fixieren. Der Frakturspalt wird somit unter Verwendung von Zugkräften überbrückt [52]. Die Verschraubung erfolgt stets bikortikal. Voraussetzung für eine Fixierung *lege artis* ist eine zuvor so genau wie möglich durchgeführte Reposition der Fragmente und Sicherung dieser Situation während des Einbringens der Zugschraube. Diese Sicherung kann entweder über eine Repositionszange oder eine Drahtligatur an zwei temporär eingebrachten, monokortikalen Schrauben gewährleistet werden.

Das Haupteinsatzgebiet der Zugschraube, die ursprünglich aus dem Repertoire der Extremitätenchirurgie stammt, liegt im Kiefer- und Gesichtsbereich eindeutig in der osteosynthetischen Versorgung am Unterkiefer. Ausnahmen stellen hier die Versorgung von Schrägfrakturen der periorbitalen oder subnasalen Region dar. Auch die Osteosynthese nach Osteotomien im Falle einer Kinnplastik oder eines Exkorporationsmanövers der Zunge stellt ein Einsatzgebiet dar. Ansonsten ist der Knochen im Mittelgesicht zu dünn, um den Einsatz von Zugschrauben zu ermöglichen [52].

Zu beachten ist aber, dass im Gegensatz zur Extremitätenchirurgie, wo eine Zugschraube die Winkelhalbierende zwischen Knochenoberfläche und Frakturfläche bildet, am Unterkiefer völlig andere statische und dynamische Kräfte vorherrschen. Am Unterkiefer, der mit einer Zugschraube versorgt werden soll, sollte ein Winkel von 90° - oder so nah wie möglich daran – zur Frakturfläche eingehalten werden, sofern dies benachbarte anatomische Strukturen wie der Nervus alveolaris inferior oder Zahnwurzeln dies zulassen [23].

Für die Verwendung von Zugschrauben wurden Grundprinzipien formuliert:

- Die interfragmentäre Kompression sollte gleichmäßig sein.
- Das lastaufnehmende Element sollte in der Mitte der Fragmente lokalisiert sein.
- Das lastaufnehmende Element sollte die Frakturlinie in einem Winkel von 90° durchqueren [53].

Den optimalen Fall zum Einsatz von Zugschrauben stellt die Osteosynthese von sagittalen oder lamellären Knochenflächen dar, die eine große Anlagerungsfläche haben und somit eine hohe Friktion zwischen den Knochenlamellen erlauben [52].

Ein prinzipielles Problem der Zugschraube liegt darin, dass die von der Zugschraube aufgenommenen Kräfte auf einer sehr kleinen Fläche auf den Knochen einwirken. Daher ist eine gute Knochenqualität mitentscheidend für den Einsatz. Die Verwendung eines konventionellen sphärischen Schraubenkopfes kann wie ein Keil wirken und den Knochen splintern lassen (Abbildungen 5 und 6) [23]. Zu große Anzugskräfte können insbesondere bei einer konischen Ausführung des Schraubenkopfes zu Knochenimpressionen führen, in Abhängigkeit vom Einbringwinkel, und so bei Einbruch in den spongiösen Anteil des Knochens die Stabilität der Osteosynthese schwächen [23, 51, 54].

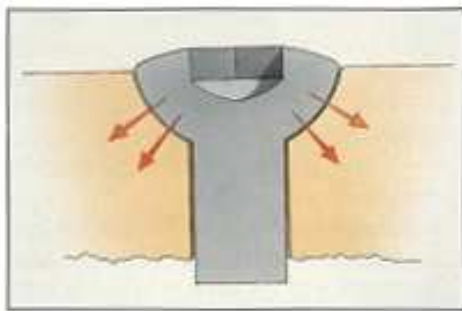


Abb. 5: Krafteinleitung der konventionellen Zugschraube mit zentrifugalen Kraftvektoren. [23]

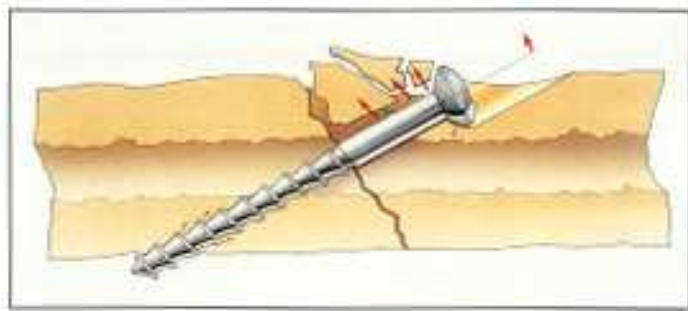


Abb. 6: Bruch der vestibulären Kortikalis als mögliche Folge der zentrifugalen Kraftvektoren. [23]

Im Folgenden wurden viele Versuche unternommen, die Krafteinleitung in den Knochen so zu optimieren, dass die Gefahr von Mikrofrakturen durch Druckbeanspruchung soweit möglich reduziert wird. Die Ansätze zur Verteilung des durch den Schraubenkopf eingeleiteten Druckes sind vielfältig. Flache Unterlegscheiben verteilen den Druck auf der Oberfläche etwas. Eine Druckreduktion kann auch durch Anbringen einer Versenkbohrung erreicht werden.

Eine effektive Reduktion der Druckbelastung des Knochens kann durch einen konkav geformten Schraubenkopf oder – wie in den Abbildungen 7 und 8 dargestellt – die Verwendung eines sphärischen Schraubenkopfes unter Hinzunahme einer bikonkaven Unterlegscheibe erreicht werden. KRENKEL publizierte 1994 dieses Verfahren und führte dazu biomechanische Untersuchungen durch [23, 51]. Das Prinzip

besteht darin, dass die Vektoren der auf den Knochen wirkenden keilartigen Kraft zum Zentrum der Schraube hin umgelenkt werden.

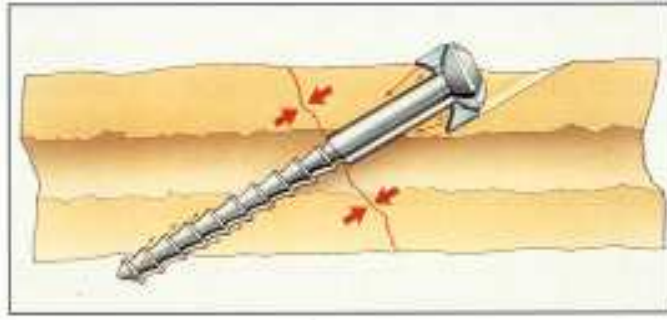
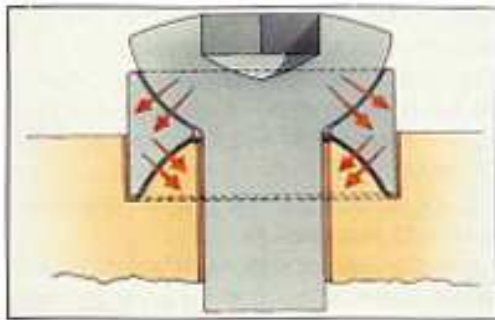


Abb. 7: Umwandlung der zentripetalen Kraftvektoren in zentripetale durch die bikonkave Unterlegscheibe. [23]

Abb. 8: Krafteinleitung durch die Zugschraube nach Krenkel in den Knochen. [23]

Die bikonkave Unterlegscheibe vereint mehrere Vorteile:

- Zentrifugale Kräfte werden in zentripetale Kräfte umgewandelt (Abb. 7)
- Aufnahme der vom Schraubenkopf nach außen gerichteten Kräfte und Umlenkung der Vektoren in Richtung des Schraubenschafts. (Abb. 8)
- Die konkave Form der Unterseite stellt den korrekten Sitz in der konvexen Versenkbohrung sicher.
- Die in den Knochen eingeleiteten Kräfte werden auf eine größere Fläche verteilt und reduzieren so die punktuelle Belastung.
- Auch wenn die Knochenkortikalis dünner als der Schraubendurchmesser ist, wird die Position der Zugschraube in drei Dimensionen gesichert.
- Der Einbringwinkel kann von 0° bis 45° betragen und somit können die Zugkräfte möglichst parallel zur Längsachse des Knochens verlaufen – analog zur physiologischen Situation.
- Bei Verwendung derselben Versenkbohrung kann der Einbringwinkel im Bereich von 5° bis 10° verändert werden, sodass ein komplett neues Gewinde im proximalen Fragment präpariert werden kann.
- Der Schraubenkopf verbleibt oberhalb der Knochenoberfläche und kann so leichter wieder entfernt werden. [23]

TERHEYDEN et al. stellten 1998 eine selbst-adaptierende, sphärische Unterlegscheibe vor, die insbesondere beim Einbringen der Zugschraube in einem Winkel die Kraft senkrecht zur Knochenoberfläche einleitet [55]. Eine Versenkbohrung wird nicht erforderlich und daher auch eine Schwächung der Kortikalis vermieden, da diese gerade im distalen Bereich des Unterkiefers vestibulär nur noch Dicken von 1,05-2,28mm aufweist. Mit Hilfe der selbst-adaptierenden Unterlegscheibe können Einbringwinkel von 0-60° kompensiert und die Knochenauflagefläche von durchschnittlich 8,4mm² bei konkaven Schraubenköpfen auf 37mm² vergrößert werden, wodurch der Druck auf den Knochen nochmals sinkt [55, 56].

Die Dimensionierung der Zugschraube selbst muss den auftretenden, nicht unerheblichen Kräften widerstehen können. Anfangs noch aus Chrom-Nickel-Molybdänstählen gefertigt, bestehen sie heute in aller Regel aus hochreinen, medizinischen Titanlegierungen. Zwar hat Stahl eine etwa 1,5mal höhere Steifigkeit als Titan, jedoch besitzen Titanelemente mit gleicher Steifigkeit wie Stahl eine höhere Festigkeit [57]. Weitere Vorteile des Titans liegen in seiner im Vergleich zu Stahl-Legierungen geringen Absorption von Röntgenstrahlung und der Verträglichkeit mit Magnetresonanztomographischen Untersuchungen [23].

Ausgiebige Materialtests ergaben eine annähernde Vergleichbarkeit der Materialien. Im klinischen Experiment versagte im Zeitraum von fünf Jahren lediglich eine von über 1500 aus Titan gefertigten Zugschrauben [23]. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass unter Verwendung einer bikonkaven Unterlegscheibe die Zugschraube doppelt so stark angezogen werden kann bevor der Knochen bricht [58]. Daraus ergibt sich, dass eher schlanke Schrauben im Unterkiefer verwendet werden können. KRENKEL empfiehlt Schrauben mit einem Schaftdurchmesser von 2mm und einem Kopfdurchmesser von 4mm für die Verwendung im Kiefer- und Gesichtsbereich [23].

Da bei der Zugschraubenosteosynthese die Friktion der Knochenfragmente unter Kompression zur Stabilisierung beiträgt, wird in vielen Fällen die Anwendung einer solitären Zugschraube als ausreichend angesehen [23, 59]. Auftretende Torsionskräfte, insbesondere in der anterioren Unterkieferregion, können die Verwendung von zwei Zugschrauben erforderlich machen.

Zur Vermeidung von Scherkräften an den Kontaktflächen der Fragmente sollte die Bohrung senkrecht zur Fraktur- oder Osteotomielinie erfolgen [52].

Als schwierig kann es sich bei der Anwendung der Zugschraube erweisen, die korrekte Einbringrichtung einzuhalten. Dazu kann es erforderlich werden, die Zugschraube durch eine transkutane Stichinzision zu platzieren. Besonders schwierig ist das Einbringen der Zugschraube von distovestibulär nach mesiolingual. Dies kann nicht rein von intraoral erfolgen, da hierbei der Schraubendreher von dorsal geführt werden muss.

Ein großes Indikationsgebiet der Zugschraube ist die Versorgung von Collumfrakturen von intraoral, wie auch von extraoral. Dies kann auch in Kombination mit Miniplatten zur Sicherung des Repositionsergebnisses geschehen [23, 49, 50]. Die Zugschraube stellt ein zuverlässiges und bewährtes therapeutisches Hilfsmittel bei Frakturen im Gesichtsbereich dar [60].

5 Patienten und Methode

5.1 Datenerfassung

Die Grundlage dieser Untersuchung bilden die Daten von 549 Patienten, bei denen im Zeitraum von 1997 bis 2006 isolierte und kombinierte Unterkieferfrakturen diagnostiziert und in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Klinikum der Justus-Liebig-Universität Gießen stationär behandelt wurden.

Ermittelt wurden die Patientenfälle anhand der Operationsbücher und Operationsprotokolle, sowie mit Hilfe der elektronischen Datenverwaltung des Universitätsklinikums im genannten Zeitraum und in einer zu diesem Zweck erstellten Access®-Datenbank (Microsoft®, Version 2003) zusammengeführt. Diese Datenbank wurde eigens für diese Untersuchung programmiert und mit einer graphischen Benutzeroberfläche und verschiedenen Eingabemasken versehen. Die eine Maske diente zur Erfassung der Patientendaten (Stammdaten, OP-Daten, Röntgenbefunde, intraorale Befunde, Abbildung 21 und 22), die andere Maske diente zur Eingabe der erhobenen radiologischen Messwerte (Abbildung 23). Die statistische Auswertung wurde mit Microsoft-Excel® 2003 durchgeführt.

The screenshot shows a Microsoft Access form titled 'Microsoft Access - [T_Patienten]'. The form is for 'OP-Daten' (Surgery Data) and is currently in 'Formularansicht' (Form View). The patient ID is 163. The form contains various input fields for patient information, surgery dates, and medical details.

Fields visible include:

- ID: 163
- Name: [Redacted]
- Vorname: [Redacted]
- Unfalldatum: 12.7.2005
- Erstvorstellung: 12.7.2005
- Op-Datum: 13.7.2005
- Metallentfernung: 9.10.2006
- stationär von: 13.07.2005 bis: 13.07.2005
- Operateur: Prof. Dr. Dr. Howald
- Zugang: intraoral
- OP-Dauer: 96, SN: 80
- Fraktur Kieferwinkel: rechts
- Zahn im Bruchspalt: [Empty]
- Fraktur Corpus: [Empty]
- Zahn extrahiert: [Empty]
- Fraktur Collum: [Empty]
- Kommentar: Z. n. Ost 18, 28, 48 am 01.07.2005: fissurale # der vestibulären Compacta, ND: Gesichtsskollrose, MLV UK nach re präop., Z. n. Ost 43 und Delektaufüllung ca. 15 a zuvor, bei ME tw. Entfernung, Glättung; ME schwierig, da starke
- Kieferwinkel Zugschraube: [Empty]
- Corpus Zugschraube: [Empty]
- Collum Zugschraube: [Empty]
- Kieferwinkel Miniplatte: 1 (6L)
- Corpus Miniplatte: [Empty]
- Collum Miniplatte: [Empty]
- Kieferwinkel andere: [Empty]
- Corpus andere: [Empty]
- Collum andere: [Empty]
- Schiengung: Schuchardt
- IMF: nein
- IMF-Dauer postop: [Empty]
- Schiengung angelegt: 13.7.2005
- IMF angelegt: [Empty]
- Komplikationen intraop: keine
- Komplikationen intraop (Erläuterung): [Empty]

Navigation controls at the bottom show 'Datensatz: 162 von 167' and 'Formularansicht'.

Abb. 21: Eingabemaske Access Datenbank für OP-Daten

The screenshot shows a Microsoft Access form titled 'Microsoft Access - [T_Patienten]'. The form is for 'Röntgen' (X-ray) findings and is currently in 'Formularansicht' (Form View). The patient ID is 166. The form contains input fields for dates and detailed descriptions of X-ray findings.

Fields visible include:

- ID: 166
- Name: [Redacted]
- Vorname: [Redacted]
- OPG präop: 26.2.2006
- OPG präop Befund: gering dislozierte KW-# re, #linie deutlich erkennbar
- OPG postop 1: 27.2.2006
- OPG postop Befund 1: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie erscheint unverändert
- OPG postop 2: 27.3.2006
- OPG postop Befund 2: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie wird unschärfer abgrenzbar
- OPG postop 3: 12.4.2006
- OPG postop Befund 3: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie beginnt knöchern zu konsolidieren
- OPG postop 4: [Empty]
- OPG postop Befund 4: [Empty]
- OPG postop 5: [Empty]
- OPG postop Befund 5: [Empty]
- Clementschißsch präop: 26.2.2006
- Clementschißsch präop Befund: gering dislozierte KW-# re, #linie deutlich erkennbar (Verlauf erscheint gezackt)
- Clementschißsch postop 1: 27.2.2006
- Clementschißsch postop Befund 1: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie erscheint sogar verbreit.
- Clementschißsch postop 2: 27.3.2006
- Clementschißsch postop Befund 2: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie wird unschärfer abgrenz
- Clementschißsch postop 3: 12.4.2006
- Clementschißsch postop Befund 3: Schuchardtschiengung und Zugschraube regelrecht in situ, #linie beginnt knöchern zu ko
- Clementschißsch postop 4: [Empty]
- Clementschißsch postop Befund 4: [Empty]
- Clementschißsch postop 5: [Empty]
- Clementschißsch postop Befund 5: [Empty]
- CT präop: [Empty]
- CT präop Befund: [Empty]
- CT postop: [Empty]
- CT postop Befund: [Empty]
- sonstige: OPG und Schädel pa 01.01.2003; NNH 26.02.2006

Navigation controls at the bottom show 'Datensatz: 165 von 167' and 'Formularansicht'.

Abb. 22: Eingabemaske Access-Datenbank für Röntgenbefunde.

Abb. 23: Eingabemaske Access-Datenbank für Frakturspaltvermessung.

Aus der Gesamtzahl konnten insgesamt 167 für diese Studie relevante Kieferwinkelfrakturen identifiziert werden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden Frakturkombinationen aus der Studie ausgeschlossen. Dies war bei 108 Patienten der Fall (65 %). Bei 58 Patienten (35 %) wurde eine isolierte Kieferwinkelfraktur festgestellt. Dieses Kollektiv von 58 Patienten wird weiter nach Osteosyntheseart unterteilt.

Zur Erfassung der klinischen und patientenbezogenen Daten wurden die archivierten stationären und poliklinischen Patientenakten, sowie prae- und postoperativ angefertigte Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen herangezogen. Die Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen genehmigte dieses Vorgehen.

5.2 Operatives Vorgehen

Das operative Vorgehen soll an dieser Stelle exemplarisch anhand der osteosynthetischen Versorgung einer Kieferwinkelfraktur erläutert werden. Der Beginn des operativen Eingriffes verläuft bei beiden in dieser Untersuchung zu vergleichen-

den Verfahren gleich: Der Patient wird auf dem Rücken gelagert und durch die Anästhesie zur Intubationsnarkose vorbereitet. Nach der Einleitung erfolgt die nasale Intubation. Die nasale Führung des Tubus ist erforderlich, da nur so intraoperativ die Okklusion überprüft werden kann. Bei nur gering dislozierten Frakturen und guter Compliance seitens des Patienten, kann der Eingriff auch in Lokalanästhesie durchgeführt werden.

Nach Unterspritzen des Operationsgebietes mit einem vasokonstringenzhaltigen Lokalanästhetikum beginnt die Darstellung des Frakturspaltes. Im Falle der Kieferwinkelfraktur verläuft die Schnittführung in folgender Art und Weise: Beginnend auf dem Ramus ascendens - etwa zwei Zentimeter oberhalb der Okklusionsebene – wird der Schnitt nach ventral geführt und läuft im Vestibulum etwa in Höhe der Prämolaren aus. Bei Vorhandensein der Molaren verläuft dort der Schnitt paramarginal. Die scharfe Präparation erfolgt stets auf dem Knochen um anschließend einen Mukoperiostlappen zu bilden. Der Frakturspalt muss ausreichend und bis zum Unterkiefer-Rand dargestellt werden.

Ob im Bruchspalt befindliche Zähne zu entfernen sind oder in situ belassen werden sollten, wird kontrovers diskutiert [61]. Über das Parodont von im Frakturspalt gelegenen Zähnen können Keime in den Frakturspalt gelangen. Gesunde Zähne mit eventueller prothetischer Bedeutung können unter antibiotischer Abdeckung belassen werden [8]. Generell gilt, dass Zähne im Bruchspalt mit parodontaler Infektion, Wurzelkanalbehandlung oder einer apikalen Infektion entfernt werden sollten [12, 62].

ELLIS beobachtete in einer Studie lediglich eine um 3 % erhöhte Komplikationsrate beim Belassen der Zähne im Bruchspalt, ohne statistische Signifikanz. Jedoch gab er zu bedenken, dass die Compliance des Patienten bezüglich Mundhygiene und Ernährungsverhalten deutlichen Einfluss auf die Komplikationsrate ausüben [63]. Vollretinierte Zähne können belassen werden, weil durch eine ausgedehnte Osteotomie eine weitere Schwächung des Unterkiefers herbeigeführt werden kann [8, 47]. Sollte jedoch der Bohrkanal der Zugschraube durch den Zahn führen, muss dieser entfernt werden.

Alle Bohrvorgänge sollten zum Schutz vor thermisch induzierten Knochennekrosen unter ausreichender Flüssigkeitskühlung erfolgen. Die Verwendung von steriler Spül- / Kühlflüssigkeit ist obligat [64]. Idealerweise kommt dabei sterile, physiologische NaCl - Lösung zum Einsatz [47].

Im Weiteren werden die unterschiedlichen Vorgehensweisen von Zugschrauben- und Miniplattenosteosynthese zur Therapie der isolierten Kieferwinkelfraktur behandelt.

5.2.1 Miniplatte nach CHAMPY

Diese von CHAMPY und Mitarbeitern entwickelte Methode an Hand eines Patientenfalles verdeutlicht. Die Fraktur ist auf dem in Abbildung 9 gezeigten Orthopantomogramm zu erkennen. Zur Reposition und Osteosynthese ist es notwendig, den Frakturspalt und die Linea obliqua darzustellen, siehe Abbildung 10. Hier befindet sich ein wichtiger Trajektor des Unterkiefers. Die hier anzubringende Miniplatte fungiert als Zuggurtung. In der weiter kaudal befindlichen Druckzone ist meist keine weitere Miniplatte notwendig. [65]

Nach Anbringen der mandibulo-maxillären Fixation, wie in 5.2.2 beschrieben und in Abbildung 11 im Photo dargestellt, wird eine Miniplatte ausreichender Dimension entsprechend des Verlaufes der Linea obliqua vorgebogen und angepaßt (Abbildung 12).

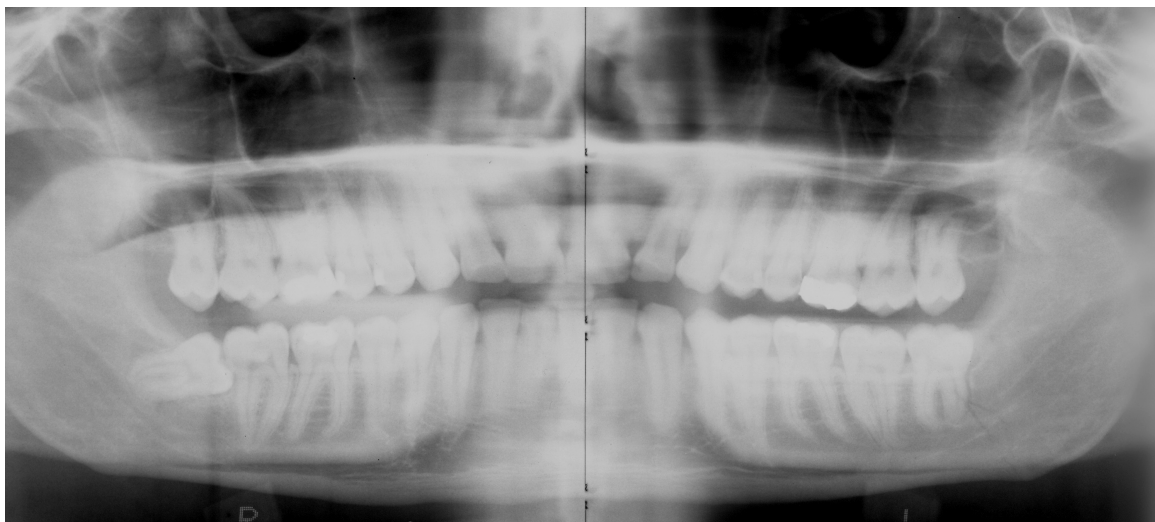


Abb. 9: Isolierte Kieferwinkelfraktur links im Orthopantomogramm.

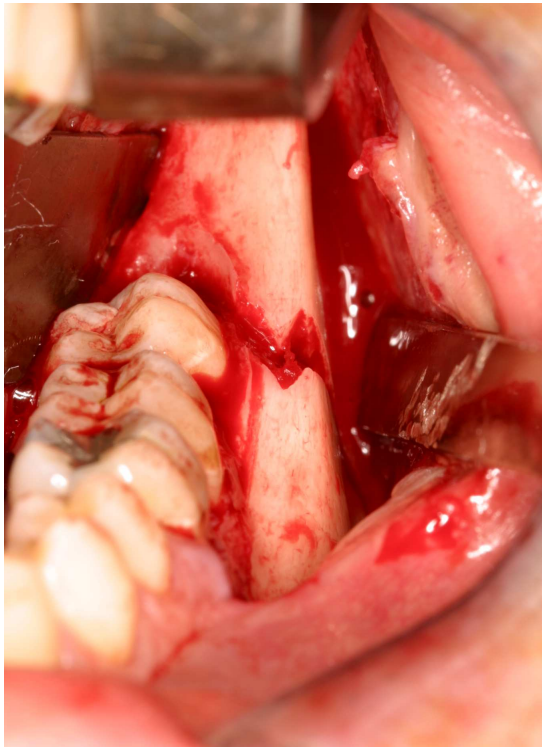


Abb. 10: Intraoperative Darstellung des Frakturspaltes im Kieferwinkel.

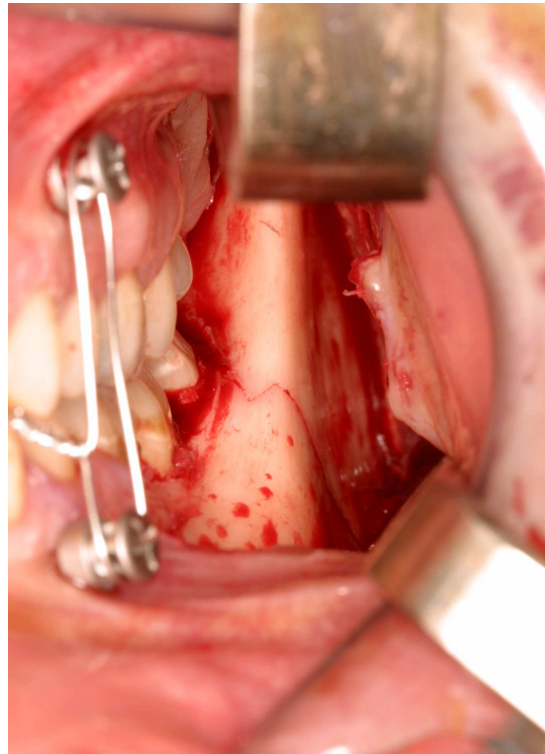


Abb. 11: Intraoperative Darstellung nach Reposition der Kieferwinkelfraktur und mandibulomaxillärer Fixation.

Meist kommen Platten mit sechs Löchern zum Einsatz, wobei jeweils drei Löcher proximal und distal des Frakturspaltes zu liegen kommen (Abbildungen 12 und 13). Im Einzelfall kann die Verwendung von Platten mit einem Steg erforderlich sein. Folgt die Platte dem Verlauf hinreichend, werden durch alle Löcher der angelegten Platte monokortikale Löcher in den Unterkiefer gebohrt und die zugehörigen Schrauben eingedreht.

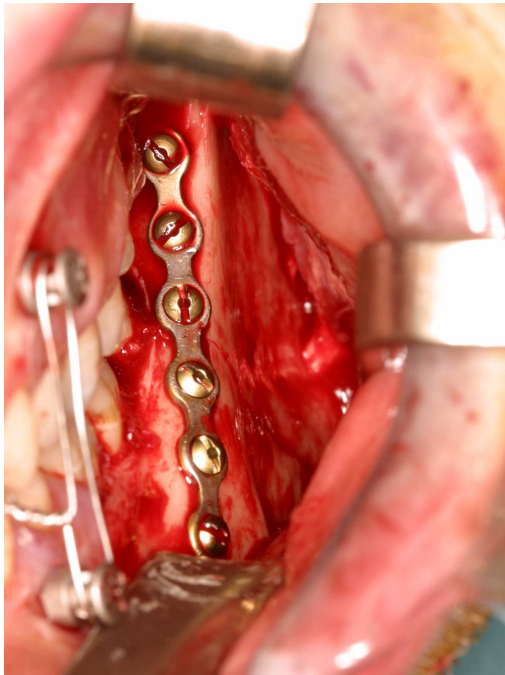


Abb. 12: Intraoperative Ansicht der eingebrachten Miniplatte



Abb. 13: Osteosynthesematerial: Miniplatte und Schrauben

Konstruktionsbedingt kommt es bei der Miniplatte nach CHAMPY nicht zu einer Kompression der Frakturenenden gegeneinander. Daher ist es von essentieller Bedeutung, vor dem Setzen der Bohrlöcher die Fraktur optimal zu reponieren.

Bis 1999 wurden an der Gießener Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ausschließlich Miniplatten des 2,0 mm Leibinger-Systems (Leibinger Stryker, Freiburg, Deutschland), später Miniplatten des 2,0 mm Synthes-Systems (Synthes, Solothurn, Schweiz) verwendet.

Abbildung 14 zeigt das postoperative Ergebnis an Hand der Kontroll-Röntgenaufnahme.



Abb. 14: Postoperatives Orthopantomogramm mit regelrechter Osteosynthese durch eine Miniplatte auf der Linea obliqua im Kieferwinkel links.

5.2.2 Zugschraube nach KRENKEL

Das Konzept der Zugschraube lässt zwei unterschiedliche Wege zu, das Osteosynthesematerial einzubringen. Bei mundgeschlossenenem Vorgehen wird eine mandibulomaxilläre Fixation (MMF) durch Drahtligaturen vorgenommen. Zur Befestigung kommen zuvor einligierte Drahtbogen-Kunststoffschienen nach SCHUCHARDT oder je zwei in Ober- und Unterkiefer eingebrachte MMF-Schrauben in Frage. Die Okklusionssituation ist nun verschlüsselt. Das operative Vorgehen zur Zugschraubenosteosynthese wird anhand eines Beispiels einer Kieferwinkelfraktur links gezeigt. Die praeoperative Situation ist im Orthopantomogramm (Abbildung 15) dargestellt. Das mundoffene Vorgehen erlaubt ständige Sicht auf den Frakturspalt (Abbildung 16). Hierbei wird nicht die Okklusion verschlüsselt sondern distal und proximal des Frakturspaltes jeweils eine Bohrung in die Kompakta vorgenommen. Hier werden temporär Schrauben eingebracht und mit einer Drahtligatur (0,4mm) versehen, die die Fraktur in Reposition hält (Abbildung 17). Die Frakturrenden werden somit einander angenähert in Korrekter Position zueinander fixiert.



Abb. 15: Isolierte Kieferwinkelfraktur links



Abb. 16: Darstellung Frakturspalt

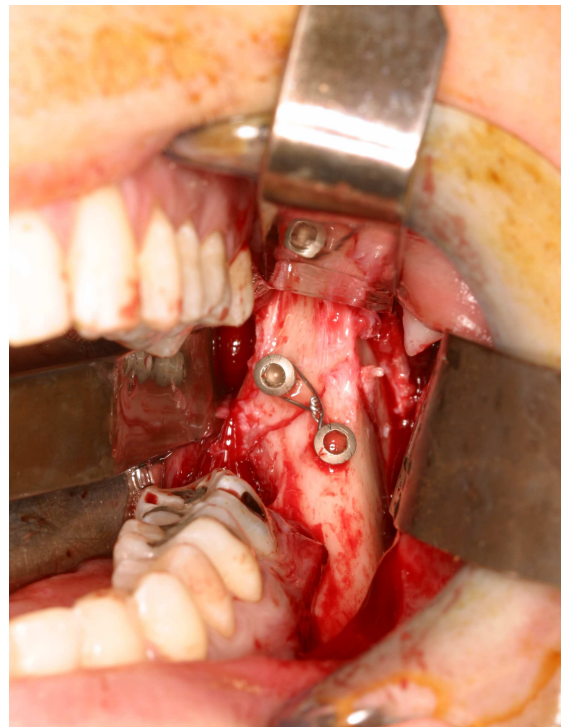


Abb. 17: Drahtligatur in situ

Nun erfolgt bei beiden Vorgehen die Festlegung Verlaufsrichtung der Zugschrauben. Ist die optimale Richtung (idealerweise senkrecht zum Verlauf des Frakturspaltes) ermittelt, erfolgt bukkal eine Stichinzision und stumpfe Präparation durch die Weichgewebe. Zum Schutz der Weichteile und zur Führung der Bohrer wird eine Schutzhülse, fixiert durch einen Halter extra- und intraoral, eingebracht. Durch diese Führung erfolgen alle weiteren Arbeitsschritte. Zunächst wird nun durch die Führung mit größerem Durchmesser das Gleitloch im distalen Fragment gebohrt und mit

einem an der Stirn geführten Versenkbohrer die Aufnahme für die bikonkave Unterlegscheibe in die Kompakta geschnitten. Anschließend wird eine weitere Führungshülse eingesetzt. Sie wird in das zuvor gebohrte Gleitloch eingesetzt und erlaubt somit das exakte Beibehalten der Bohrrichtung. Abschließend erfolgt die geführte Bohrung des Gewindeloches im proximalen Fragment mit kleinerem Durchmesser. Diese Bohrung durchstößt die linguale Kompakta des Unterkiefers. Nach Entfernen der Führungshülse aus dem Gleitloch kann nun ebenfalls durch die transbukkale Führung die Zugschraube samt bikonkaver Unterlegscheibe eingebracht werden. Dank des Zugschraubenprinzips erfolgt eine zunehmende Kompression der Frakturenden gegeneinander (Abbildung 18, 19). Ein geringfügiges Überstehen des lingualen Schraubenendes wird vom Patienten nicht als störend empfunden. Dieses Vorgehen entspricht der Empfehlung KRENKELS [48].

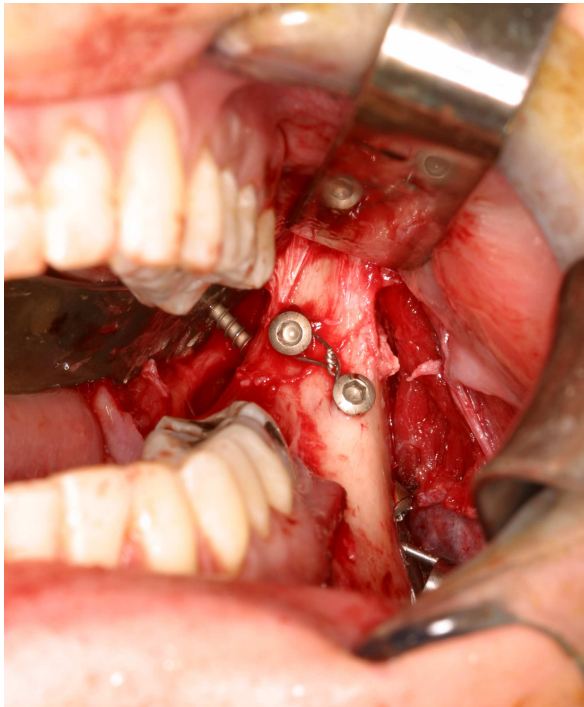


Abb. 18: Zugschraube eingebracht

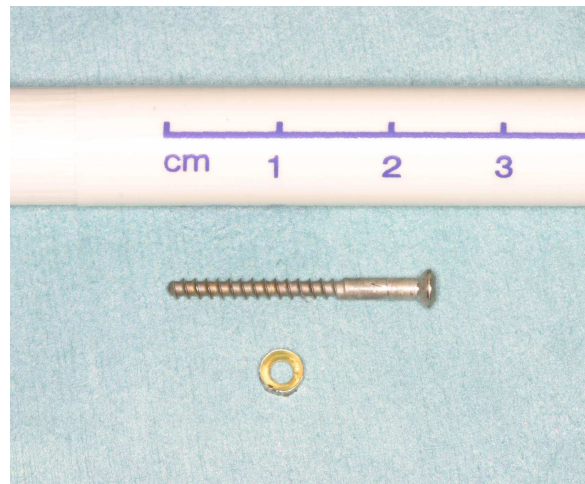


Abb. 19: Osteosynthesematerial

Es ist auch möglich, die Bohrungen in umgekehrter Reihenfolge vorzunehmen. Hierbei wird zunächst mit schmalem Durchmesser durch beide Frakturenden gebohrt und anschließend das Gleitloch im Durchmesser erweitert und die Aufnahme der bikonkaven Unterlegscheibe geschnitten. In dieser Reihenfolge ist jedoch nicht absolut zu gewährleisten, dass die exakte Bohrrichtung beibehalten wird.

Sollte sich intraoperativ zeigen, dass das Knochenangebot im Gewindebereich der Zugbelastung nicht ausreichend standhalten kann, ist es möglich, durch eine Korrektur

tur des Gleitloches bereits um 5-10° ein komplett neues Gewindeloch anzulegen. Somit kann der Zugschraube mit geringem Aufwand eine neue Verlaufsrichtung verliehen werden um damit ein stabileres Knochenlager zu erreichen [23].

Die temporären Hilfsschrauben sowie die Ligatur werden wieder entfernt und zum Abschluss des Eingriffes wird der Mukoperiostlappen adaptiert und eine Wunddrainage eingelegt. Der Verschluss erfolgt mit resorbierbarem Nahtmaterial. Postoperativ erfolgt ein Kontrollaufnahme (Abbildung 20).

Verwendet wurden ausschließlich Zugschrauben mit 2 mm Durchmesser und bikonkaver Unterlegscheibe von Normed (Normed GmbH, Tuttlingen, Deutschland).



Abb. 20: Postoperatives Orthopantomogramm mit regelrechter Osteosynthese durch eine Zugschraube.

5.3 Klinische Untersuchung

Zur Erhebung gezielter klinischer Parameter sowie eventuell aufgetretener Spätfolgen konnten lediglich 11 Patienten einbestellt und stets vom gleichen Untersucher nachuntersucht werden. Diese geringe Zahl ist zum einen auf eine hohe Anzahl an Wohnortwechseln zurückzuführen, so daß die Patienten nicht kontaktiert werden konnten. Zum anderen handelt es sich häufig bei dem betreffenden Patientengut um

Patienten mit mäßiger bis schlechter Compliance. Daher wurden die verbliebenen 48 Fälle anhand der vorhandenen Aktenlage untersucht.

Zur Durchführung der klinischen Untersuchung wurde ein Untersuchungsbogen mit folgenden Fragestellungen erstellt:

5.3.1 Okklusion

Besondere Aufmerksamkeit wurde der postoperativ erzielten Okklusion zuteil. Bereits posttraumatisch als wichtiges, wenn auch unspezifisches Symptom [10], zu betrachten, liefert die Überprüfung der Okklusion am Patienten nach erfolgter Osteosynthese ein einfach und sicher zu evaluierendes Kriterium für Fragmentstellung und Fixierung der Fragmentenden [66] und das somit unserer Ansicht nach einen guten Indikator für den Therapieerfolg darstellt.

Motsch beschrieb 1978 zehn Merkmale einer harmonischen Okklusion [67], nach denen auch diese Untersuchung vorgenommen wurde:

1. Eine harmonische Okklusion gewährleistet für ein Minimum an Muskelkraft ein Maximum an Effekt.
2. Eine physiologisch-funktionelle Höcker-Fossa-Beziehung lenkt die Kaukräfte möglichst in Richtung der Zahnwurzelachsen.
3. Alle Elemente einer Okklusion müssen funktionell-harmonisch aufeinander abgestimmt sein. Ein einzelnes Element der Okklusion darf dabei nicht vorherrschen oder andere fehl steuern.
4. Form und Kontur der Zahnkronen, Kauflächen, Approximalflächen und approximale Kontakte müssen karies- und parodontalprophylaktisch sinnvoll gestaltet werden.
5. Die Kauflächen müssen in bucco-lingualer Richtung schmal sein, damit die Kaukräfte möglichst nur entlang den Wurzelachsen wirken.
6. Die Berührung sich gegenüberstehender Zahngruppen muss gleichmäßig und gleichzeitig zustande kommen.
7. Die tragenden, zentrischen Höcker müssen ihre Antagonisten gleichmäßig und gleichzeitig treffen: Die oberen lingualen Höcker die unteren zentralen Gruben, die unteren bukkalen Höcker die oberen zentralen Gruben.

8. Breite okklusale Kontaktflächen müssen vermieden werden, denn eine harmonische Höcker-Fossa-Beziehung oder Höcker-Randleisten-Beziehung verlangt eine Vielzahl einzelner zentrischer Kontaktpunkte.
9. Die okklusalen zentrischen Kontakte dürfen nur in der rein vertikalen Beziehung der Seitenzähne zustande kommen.
10. Die Zähne sollen gruppenweise Kontaktfunktion ausüben: Beim Abbeißen mit den Schneidezähnen stehen die Seitenzähne außer Kontakt. Die Eckzähne beißen und reißen ab, ohne dass die Schneidezähne oder die Seitenzähne funktionell beansprucht werden. Die Seitenzähne zerkleinern die Speisen, ohne dass dabei die Eck- und Schneidezähne stören.

5.3.2 Dysästhesien in den Ausbreitungsgebieten von N. facialis und N. trigeminus

Als weiteres wichtiges Kriterium wurde das Auftreten von neurologischen Ausfallsymptomen wie Paraesthesia, Hypaesthesia oder Anaesthesia im Ausbreitungsgebiet des Nervus trigeminus, insbesondere des Nervus alveolaris inferior sowie des Nervus facialis erfasst. Die Entstehung von neurologischen Störungen kann zum einen aus dem traumatischen Geschehen selbst oder infolge der Dislokation der Fragmente resultieren. Zum anderen kann es im Rahmen der osteosynthetischen Versorgung zu Schäden des Nervus alveolaris inferior durch das Einbringen von Osteosynthesematerial kommen [68]. Im Versorgungsgebiet des Nervus facialis ist insbesondere der Ramus marginalis mandibulae zu beachten, da die Möglichkeit der Schädigung beim transbukkalen Einbringen einer Zugschraube besteht.

Unterschieden wurde hier zum einen in Qualität und Dauer der Störung sowie den Zeitpunkt des Auftretens um hier eine Differenzierung zwischen traumatisch bedingten und iatrogenen Schäden zu ermöglichen.

5.1.2 Kiefergelenksanalyse

Bei den zur klinisch Nachuntersuchung erschienen Patienten wurde ebenfalls eine manuelle Screeninganalyse des Kiefergelenkes durchgeführt. Jedoch bedingt die geringe Anzahl der durchführbaren Analysen sowie die beschränkte Aussagekraft der Analyse in Bezug auf die Auswirkung der Fraktur und der durchgeführten Osteo-

synthese auf das Kiefergelenk eine mangelnde Aussagekraft. Daher konnten die Ergebnisse der manuellen Screeninganalyse nicht berücksichtigt werden.

5.3.3 Weitere Parameter

Als weitere vergleichbare Parameter wurden erfasst: Dauer bis zur osteosynthetischen Versorgung, Dauer des stationären Aufenthaltes, Dauer der Operation, Notwendigkeit und Dauer postoperativer mandibulomaxillärer Fixation sowie die postoperativ aufgetretenen Komplikationen.

5.4 Radiologische Auswertung

Im Rahmen der präoperativen Diagnostik sowie der postoperativen Verlaufskontrolle wurden konventionelle Röntgenbilder stets in zwei Ebenen angefertigt. Standardmäßig sind dies Orthopantomogramme und Kiefergelenksspezialaufnahmen nach Clementschitsch. Zur Auswertung wurden die prä- und maximal zwei Tage postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen herangezogen.

Neben einer rein deskriptiven Befundung der Aufnahmen erfolgte eine metrische Vermessung des Frakturspaltes. Hierzu wurde die Frakturlinie jeweils vom kranialsten bzw. lateralsten hin zum kaudalsten bzw. lingualsten Punkt verbunden. Hieraus ergibt sich die kürzeste Verbindung zwischen den jeweils äußersten Punkten der Frakturlinie. Diese Verbindung wurde in drei gleich lange Teilstrecken eingeteilt und im rechten Winkel Verbindungen zur realen Frakturlinie gezogen, so daß sich vier reproduzierbare Messpunkte ergeben.

Dies wird in den Abbildungen 24 und 25 verdeutlicht:

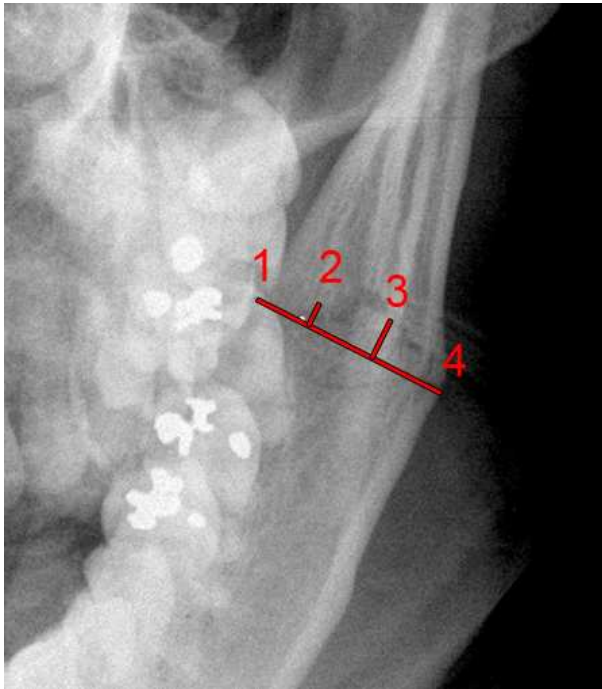


Abb. 24: Messpunkte Orthopantomogramm

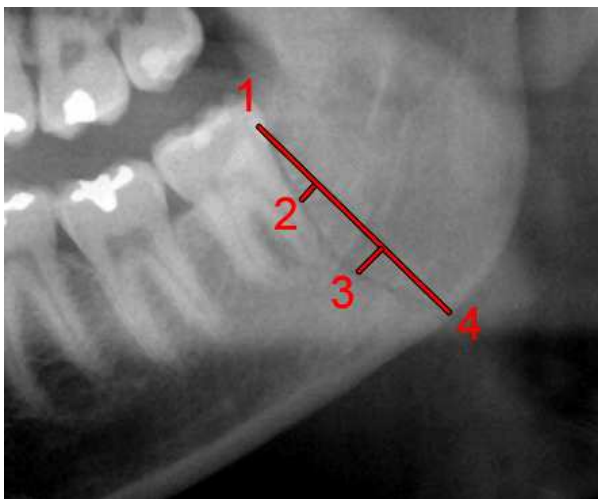


Abb. 25: Messpunkte Clementschitsch-Aufnahme

Die Vermessung des Frakturspaltes wurde stets vom gleichen Untersucher durchgeführt. Verwendetes Meßinstrument: Präzisionsmessschieber Mitutoyo „DIAMOND“, 150mm, Meßgenauigkeit: 0,05 mm (Mitutoyo Messgeräte GmbH Borsigstraße 8 - 10, 41469 Neuss).

Projektionsbedingt ergibt sich bei den verwendeten Röntgenaufnahmen eine Vergrößerung von in der Regel Faktor 1,2. In Ausnahmefällen wich der Vergrößerungsfaktor von diesem Wert ab. Anhand des auf den Röntgenbildern der Abteilung für Diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg angege-

benen Maßstabes konnte der Vergrößerungsfaktor zuverlässig herausgerechnet werden.

Bei schräg verlaufenden Frakturspalten lassen sich zwei Frakturspalten ausmachen. Die betrifft in der sagittalen Ebene die Kiefergelenksaufnahmen nach Clementschitsch und in der transversalen Ebene die orthopantomographischen Aufnahmen. Sofern sich diese Situation darstellte, wurden beide Linien getrennt erfasst und ausgewertet, um eine vollständige Erfassung der Frakturspalte zu gewährleisten.

Die ermittelten und um den Vergrößerungsfaktor bereinigten Messwerte wurden zunächst in einer eigens für diesen Zweck erstellten Microsoft Access-Eingabemaske eingetragen. Zur Auswertung erfolgte die Übertragung in eine Microsoft Excel-Tabelle. Eine statistische Auswertung erfolgte nicht, da es sich hierbei um eine Studie mit klinischen Rahmenbedingungen und deskriptiver Analyse handelt.

Alle nachuntersuchten Patienten wurden über die anonymisierte Verwendung ihrer Daten in dieser Untersuchung aufgeklärt und erteilten dazu ihr Einverständnis.

6 Ergebnisse

6.1 Patientenkollektiv

Das zu Beginn von Kapitel 5 erwähnte Kollektiv von 58 Patienten mit isolierten Kieferwinkelfrakturen kann zunächst anhand der verwendeten Osteosynthesematerialien unterteilt werden. Aufgrund der Fragestellung werden funktionsstabile und konservative Therapieansätze von der Untersuchung ausgeschlossen. Sie werden im folgenden Diagramm 1 als „Sonstige“ bezeichnet. Im folgenden wurden nur die isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben versorgt wurden, als Patientenkollektiv betrachtet (n = 45).

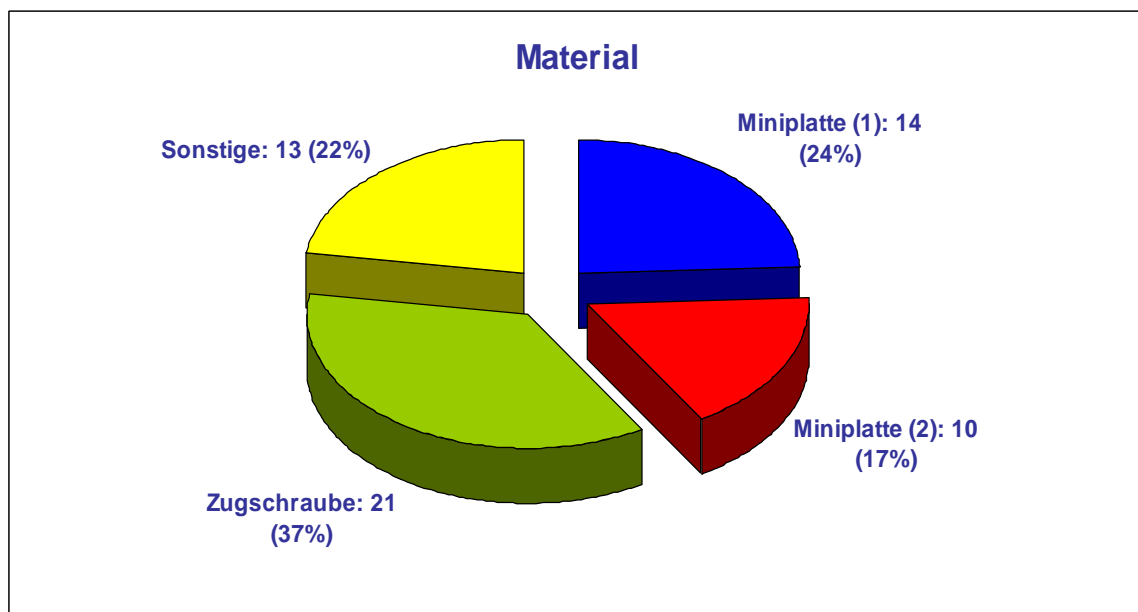


Diagramm 1: Verteilung der verwendeten Osteosynthesematerialien bei isolierten Kieferwinkelfrakturen (n = 58).

Bei 13 von 58 Patienten (22%) kamen somit Therapien zum Einsatz, die nicht den Einschlusskriterien der Studie entsprechen und daher dem Kollektiv entfallen.

Die Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs zeigt ein eindeutiges Ungleichgewicht zu Lasten der männlichen Patienten.

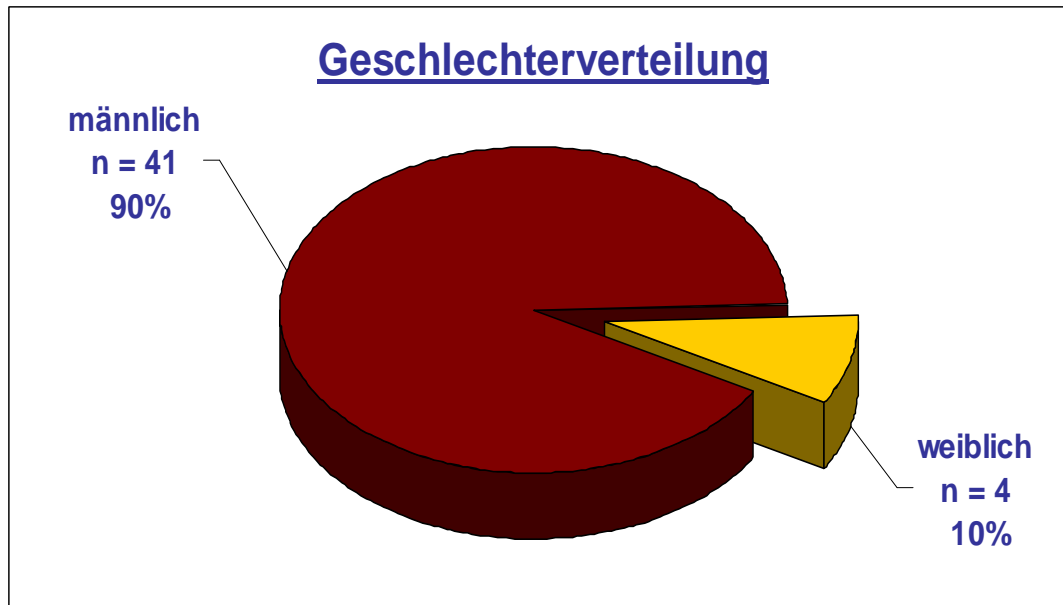


Diagramm 2: Geschlechterverteilung bei isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben behandelt wurden (n = 45).

Das Verhältnis männlicher zu weiblichen Patienten beträgt im zugrundeliegenden Patientenkollektiv 10:1, graphisch dargestellt in Diagramm 2.

Bemerkenswert ist ebenfalls ein vermehrtes Vorkommen isolierter Kieferwinkel-frakturen bei Patienten im Alter von unter 30 Jahren, dargestellt in Diagramm 3. Diese Gruppe stellt innerhalb des Kollektivs mit 60 % den deutlich größten Anteil der Patienten. In der Gruppe der Patienten mit Zugschraubenosteosynthese liegt der Altersmedian bei 27 Jahren (min 17 Jahre, max 70 Jahre), in der Gruppe der Mini-plattenosteosynthese liegt der Altersmedian bei 23 Jahren (min 13 Jahre, max 78 Jahre).

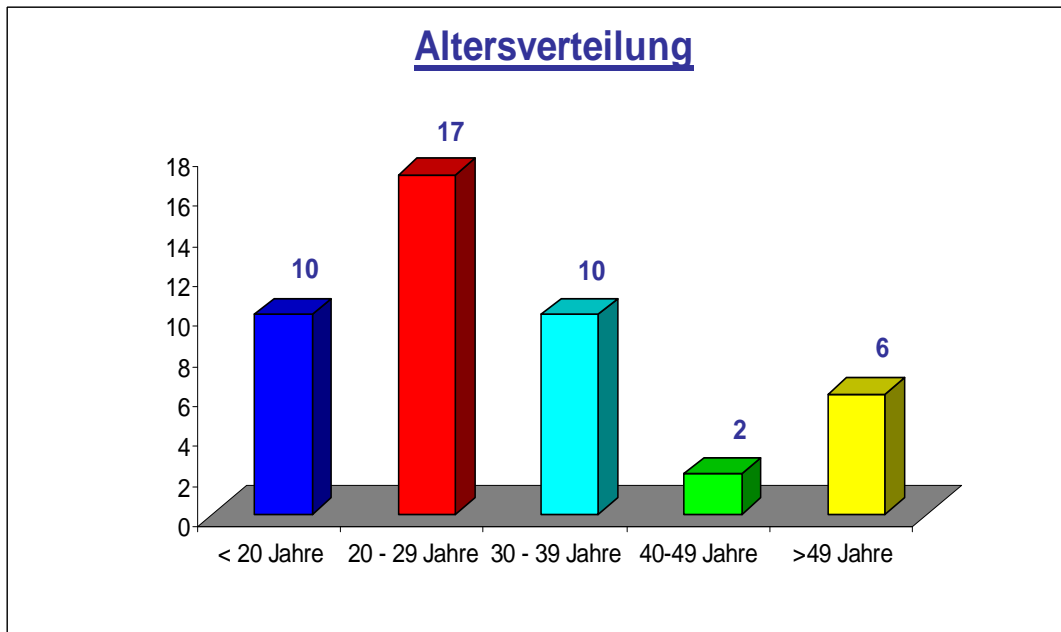


Diagramm 3: Altersverteilung bei isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben behandelt wurden (n = 45).

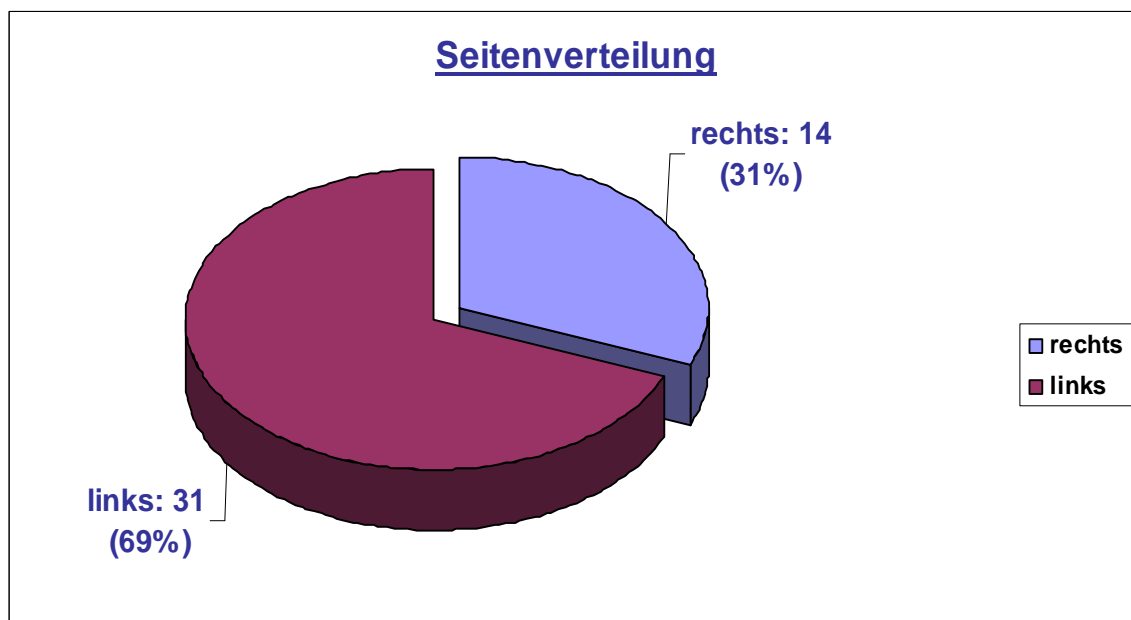


Diagramm 4: Seitenverteilung der Frakturen bei isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben versorgt wurden (n = 45)

Ferner weist die Frakturhäufigkeit eine ungleichmäßige Verteilung in Bezug auf die Seitenlokalisierung auf. Es liegen in 69 % der Fälle Kieferwinkelfrakturen auf der linken Seite vor. Siehe hierzu Diagramm 4

Wie dem nachfolgenden Diagramm 5 zu entnehmen ist, machen Tötlichkeiten mit 36 % der in dieser Studie untersuchten Frakturen die zweithäufigste Ursache aus.

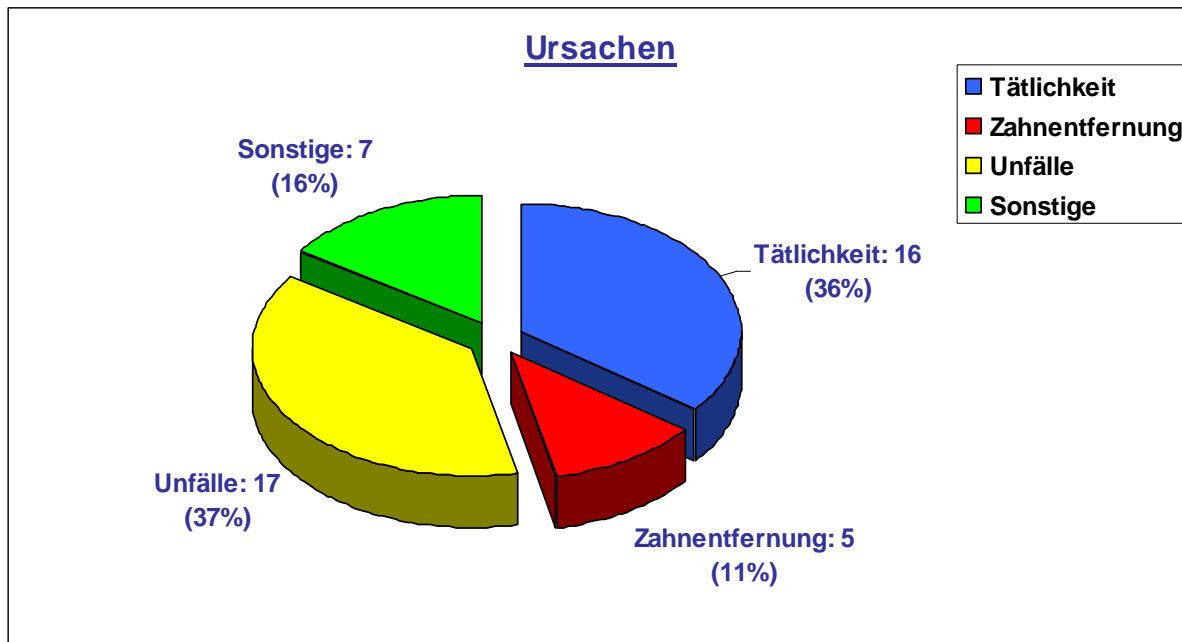


Diagramm 5: Ursachenverteilung bei isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben versorgt wurden (n = 45).

Ursächlich für Frakturen innerhalb dieser Studie waren zudem Unfälle (auch Sportunfälle) in 37 % sowie Folgen von Weisheitszahnosteotomien in 11 % der Fälle. In 16 % der Fälle waren sonstige Ursachen verantwortlich.

6.2 Ergebnisse der klinischen Untersuchung

6.2.1 Klinisch relevante Parameter

Zur Darstellung der Auswirkungen der Osteosyntheseart auf den klinischen Ablauf, wurden folgende Parameter ausgewählt: Dauer des stationären Aufenthaltes, Dauer des operativen Eingriffes und Dauer der postoperativen intermaxillären Fixation.

6.2.1.1 Dauer des stationären Aufenthaltes

Die Durchführung eines operativen Eingriffes, wie sie die Versorgung von Unterkieferfrakturen darstellt, erfolgt stets im Rahmen eines stationären Aufenthaltes. Im folgenden wird untersucht, ob sich bezüglich der Dauer des postoperativen, stationären Aufenthaltes Unterschiede zwischen den hier untersuchten Therapiemethoden feststellen lassen.

Ungeachtet des Vorhandenseins von Mehrfachverletzungen ergibt sich für die mit Miniplatten versorgten Patienten eine stationäre Verweildauer von im Mittel 6,55 Tagen, für Patienten mit Zugschraubenversorgung eine stationäre Verweildauer von 6 Tagen. Im Minimum waren bei beiden Therapievarianten die Patienten 2 Tage in stationärer Betreuung, im Maximum waren dies 18 Tage (polytraumatisierter Patient) bei Miniplatten- und 9 Tage bei Zugschraubenosteosynthese. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 aufgeschlüsselt.

6.2.1.2 Dauer des operativen Eingriffes

Alle hier untersuchten Kieferwinkelfrakturen wurden operativ versorgt. Ergänzend wurde in den überwiegenden Fällen kunststoffverstärkte Drahtbogenschienen nach Schuchardt angelegt. Dies geschah in 13 Fällen im Rahmen des Haupteingriffes. Die hier zu als relevant betrachtete Dauer ist die so genannte Schnitt-Naht-Zeit. Sie bezeichnet das Zeitintervall zwischen dem eigentlichen Beginn des chirurgischen Eingriffes und dem Ende des Wundverschlusses. Zum Beginn dieses Intervalls sind die üblichen Narkose- und Operationsvorbereitungen abgeschlossen.

Wurden im Haupteingriff zusätzlich Schienungen nach Schuchardt vorgenommen, so verlängerte sich die Operationsdauer deutlich. Die Werte sind in Tabelle 4 aufgeschlüsselt. Jedoch kann hier nicht eindeutig differenziert werden, aufgrund welchen Abschnittes der Operation die Unterschiede in der zeitlichen Dauer des Eingriffes resultieren.

Klinische Parameter	Statistische Parameter					Mittelwert
	Min.	1. Quartil	Median	2. Quartil	Max.	
stationärer Aufenthalt (Tage)						
Zugschraube	2	5	6	8	9	6
Miniplatte	2	5	6	6,775	18	6,55
OP-Dauer (Minuten)						
Zugschraube	14	18,75	47	69,25	121	50,08
Zugschraube incl. Schuchardt-Schiene	54	85	88	92	127	89,2
Miniplatte	17	56,5	69	72,5	151	69,09
Miniplatte incl. Schuchardt-Schienung	82	111,5	128	151,25	235	138,75

Tab. 4: Statistische Auswertung der stationären Verweildauer und Operationsdauer bei isolierten Kieferwinkelfrakturen, die mit Miniplatten oder Zugschrauben versorgt wurden.

6.2.1.3 Dauer der postoperativen mandibulo-maxillären Fixation

Eine postoperative mandibulo-maxilläre Fixation erfolgte nur bei den Patienten, wo eine Lockerung der Osteosynthese oder eine postoperative Infektion auftrat. Daher wurde diese Maßnahme nicht standardmäßig durchgeführt und dazu auch keine Daten erfasst.

6.2.2 Postoperative Komplikationen

Im folgenden werden die postoperativ aufgetretenen Komplikationen getrennt nach Art der osteosynthetischen Versorgung besprochen. Hierbei finden nur mit Miniplatten, respektive mit Zugschrauben nach KRENKEL therapierte Frakturen Beachtung. Zudem erfolgt eine getrennte Betrachtung der Patienten mit isolierter und zusätzlich angebrachter Miniplatte. Anhand der Patientenakten konnten dokumentierte Komplikationen erfasst und ausgewertet werden.

6.2.2.1 Zugschrauben nach KRENKEL

Die mit Zugschrauben versorgten Patienten (n = 21) wiesen in 86 % der Fälle einen komplikationslosen Heilungsverlauf auf. Bei 9 % der Patienten (n = 2) stellte sich eine Lockerung des Osteosynthesematerials ein, sodass diese Frakturen operativ revidiert werden mussten. Im Falle eines Patienten (n = 1; 5 %) stellte sich aufgrund mangelnder Compliance eine Instabilität der Fraktur ein, die jedoch durch Ruhigstellung mittels mandibulomaxillärer Fixation ohne operative Revision austherapiert werden konnte. Siehe Tabelle 5.

6.2.2.2 Isolierte Miniplatte nach CHAMPY

Bei Versorgung der Frakturen mit einer Miniplatte nach CHAMPY entlang der Linea obliqua konnten 93 % der Frakturen komplikationslos zur Ausheilung gebracht werden (n = 13). In einem Falle (n = 1; 7 %) stellte sich postoperativ eine Okklusionsstörung ein, die mit einer Einschleiftherapie der Früh- und Störkontakte konservativ beseitigt werden konnte. Die Werte hierzu werden in Tabelle 5 zusammengefasst.

6.2.2.3 Verwendung einer zusätzlichen Miniplatte

Eine deutlich höhere Komplikationsrate konnte bei den Patienten beobachtet werden, die zusätzlich zu einer Miniplatte entlang der Linea obliqua mit einer zweiten Miniplatte auf der vestibulären Fläche des Unterkieferwinkels versorgt wurden. Ohne Komplikationen verlief hier bei 60 % der Patienten die Heilung (n = 6). In drei Fällen wurde eine Lockerung des Osteosynthesematerials festgestellt (n = 3; 30 %). Bei einem Patienten traten postoperativ Okklusionsstörungen auf (n = 1; 10 %). Siehe hierzu Tabelle 5.

Methode	n	Lockerung, Verlust Osteosynthesematerial	Zusätzliche Mandibu- lomaxilläre Fixation	Okklusionsstörung
Zugschraube	22	n = 2 (9%)	n = 1 (5%)	0
Miniplatte	23			
Miniplatte (1)	13	0	0	n = 1 (7%)
Miniplatte (2)	10	n = 3 (30%)	0	n = 1 (10%)

Tab. 5: Übersicht der Komplikationen nach osteosynthetischer Versorgung der isolierten Kieferwinkelfraktur.

6.3 Ergebnisse der radiologischen Auswertung

Wie bereits in Kapitel 5.2 dargestellt, wurde hier die Breite des Frakturspaltes anhand der konventionellen Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen prae- und postoperativ vermessen.

6.3.1. Auswertung der Kiefergelenkspezialaufnahmen nach Clementschitsch

Die Auswertung der Frakturspaltbreiten anhand der Kiefergelenkspezialaufnahmen nach Clementschitsch zeigt für jeden der vier Messpunkte eine Verringerung der Frakturspaltbreite in der postoperativen Kontrollaufnahme. Diese vier in der horizontalen Ebene nebeneinander gelegenen Messpunkte entsprechen in ihrer Lage dem Messpunkt 1 in der orthopantomographischen Aufnahme. Dies entspricht dem kranialst gelegenen Messpunkt.

Differenzierend nach Osteosynthesematerial erreichen die mit der Zugschraube nach KRENKEL versorgten Frakturen eine deutlichere Verschmälerung des Frakturspaltes im Vergleich zur Miniplattenversorgung (Tabelle 6, 7 und 8).

Messpunkt	Messwerte Zugschraube			
	n	praeop	n	postop
1	18	1.46 (0.34)	18	0.55 (0.12)
2	19	1.52 (0.22)	19	0.60 (0.11)
3	19	1.37 (0.15)	19	0.54 (0.07)
4	11	1.12 (0.19)	12	0.54 (0.15)

Tab. 6: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung der Zugschraube in der Clementschit-schtaufnahme; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Messpunkt	Messwerte Miniplatte (1)			
	n	praeop	n	postop
1	13	0.89 (0.25)	13	0.78 (0.13)
2	15	0.90 (0.11)	14	0.70 (0.07)
3	12	0.91 (0.13)	13	0.63 (0.06)
4	5	1.02 (0.06)	5	0.92 (0.19)

Tab. 7: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung einer Miniplatte in der Clementschit-schtaufnahme; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Messpunkt	Messwerte Miniplatten (2)			
	n	praeop	n	postop
1	6	2.70 (1.23)	8	1.19 (0.23)
2	6	1.38 (0.27)	8	1.05 (0.13)
3	6	1.90 (0.40)	8	0.91 (0.09)
4	4	1.35 (0.25)	4	0.75 (0.09)

Tab. 8: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung von zwei Miniplatten in der Clementschit-schtaufnahme; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Im Vergleich der Verfahren mittels gepaartem T-Test lässt sich zwischen der Gruppe mit einer Miniplatte und der Gruppe mit Zugschraube kein statistisch signifikanter Unterschied ermitteln: Für Punkt 1 ($p = 0,24$), Punkt 2 ($p = 0,49$), Punkt 3 ($p = 0,63$) und Punkt 4 ($p = 0,17$). Im Vergleich der Gruppe mit zwei Miniplatten und der Gruppe mit Zugschraube ergibt sich ein Hinweis auf einen Unterschied: Für Punkt 1 ($p < 0,02$), Punkt 2 ($p < 0,03$), Punkt 3 ($p < 0,004$) und Punkt 4 ($p = 0,45$). Ebenfalls einen

Hinweis auf Unterschied ergibt der Vergleich der Gruppe mit einer Miniplatte zur Gruppe mit zwei Miniplatten: Für Punkt 1 ($p = 0,1$), Punkt 2 ($p < 0,02$), Punkt 3 ($p < 0,02$) und Punkt 4 ($p = 0,48$).

6.3.2 Auswertung der Orthopantomogramme

Des weiteren zeigen sich Abweichungen zwischen den beiden Osteosyntheseverfahren bei der Betrachtung der Frakturspaltbreite im Orthopantomogramm. Hier kann durch die Zugschraube nach KRENKEL, wie aus Tabelle 9 ersichtlich, eine noch deutlichere Verringerung der Frakturspaltbreite im Vergleich zur Miniplattenosteosynthese erreicht werden. Dies geschieht bei der Zugschraube in einem gleichmäßigen Umfang über die gesamte Ausdehnung der Fraktur. Bei Verwendung der Miniplattenosteosynthese kommt es postoperativ im Durchschnitt zu einer Verbreiterung des Frakturspalt nach kaudal hin. Die Werte hierzu sind in Tabelle 10 für eine Miniplatte, in Tabelle 11 für zwei Miniplatten dargestellt.

Messpunkt	Messwerte Zugschraube			
	N	Praeop	N	Postop
1	16	1.39 (0.25)	20	0.46 (0.06)
2	18	1.57 (0.25)	20	0.60 (0.08)
3	18	1.46 (0.32)	20	0.58 (0.05)
4	18	1.36 (0.43)	20	0.61 (0.11)

Tab. 9: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung der Zugschraube im Orthopantomogramm; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Messpunkt	Messwerte Miniplatte (1)			
	n	Praeop	n	Postop
1	12	0.85 (0.14)	13	0.67 (0.07)
2	13	0.98 (0.12)	14	0.79 (0.08)
3	13	0.98 (0.19)	14	0.91 (0.11)
4	13	0.87 (0.20)	14	1.01 (0.18)

Tab. 10: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung einer Miniplatte im Orthopantomogramm; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Messwerte Miniplatten (2)				
Messpunkt	n	praeop	N	postop
1	7	1.86 (0.41)	9	1.37 (0.35)
2	7	1.41 (0.27)	9	1.14 (0.21)
3	7	1.67 (0.45)	9	1.50 (0.22)
4	7	1.59 (0.36)	9	1.58 (0.29)

Tab. 11: Messwerte Frakturspaltbreite bei Verwendung von zwei Miniplatten im Orthopantomogramm; alle Werte in mm. Die Werte in Klammern geben die Standardabweichung wieder.

Die in Tabelle 9, 10 und 11 genannten Werte sind in den Diagrammen 6 und 7 noch einmal graphisch dargestellt. Zunächst in der Darstellung für die Zugschraubenoosteosynthese:

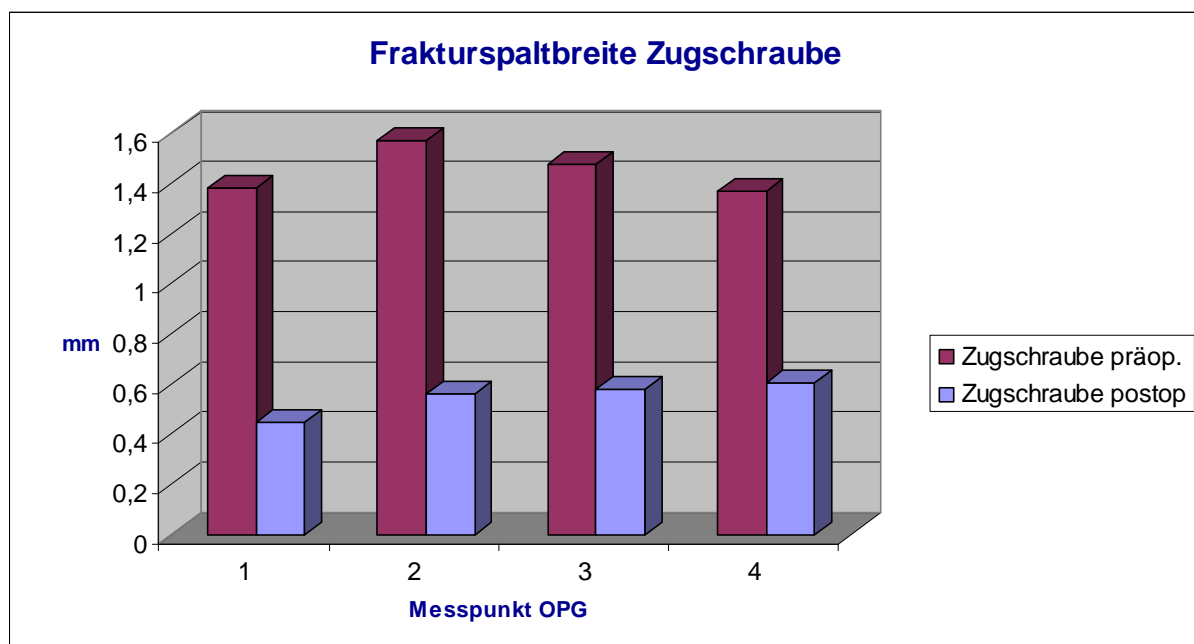


Diagramm 6: Frakturspaltbreite der Zugschraubenosteosynthese prae- und postoperativ bei isolierten Kieferwinkelfrakturen.

Diagramm 7 zeigt Werte der Frakturspaltbreite postoperativ bei Miniplattenosteosynthese mit einer Platte, Diagramm 8 mit zwei Platten:

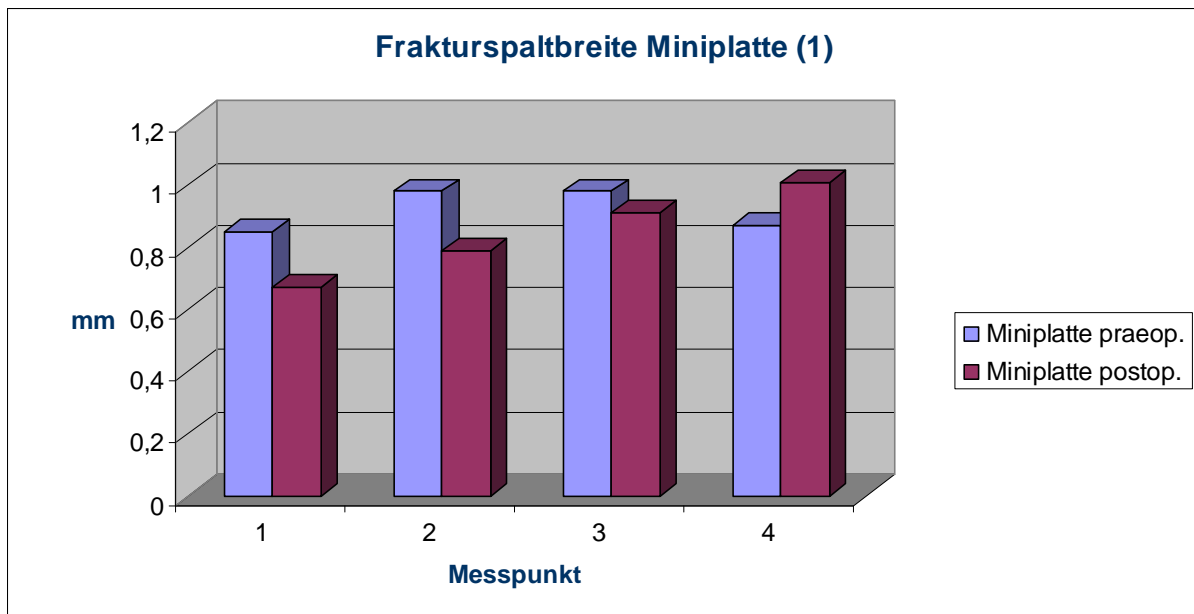


Diagramm 7: Frakturspaltbreite der Miniplattenosteosynthese prae- und postoperativ mit einer Miniplatte bei isolierten Kieferwinkelfrakturen.

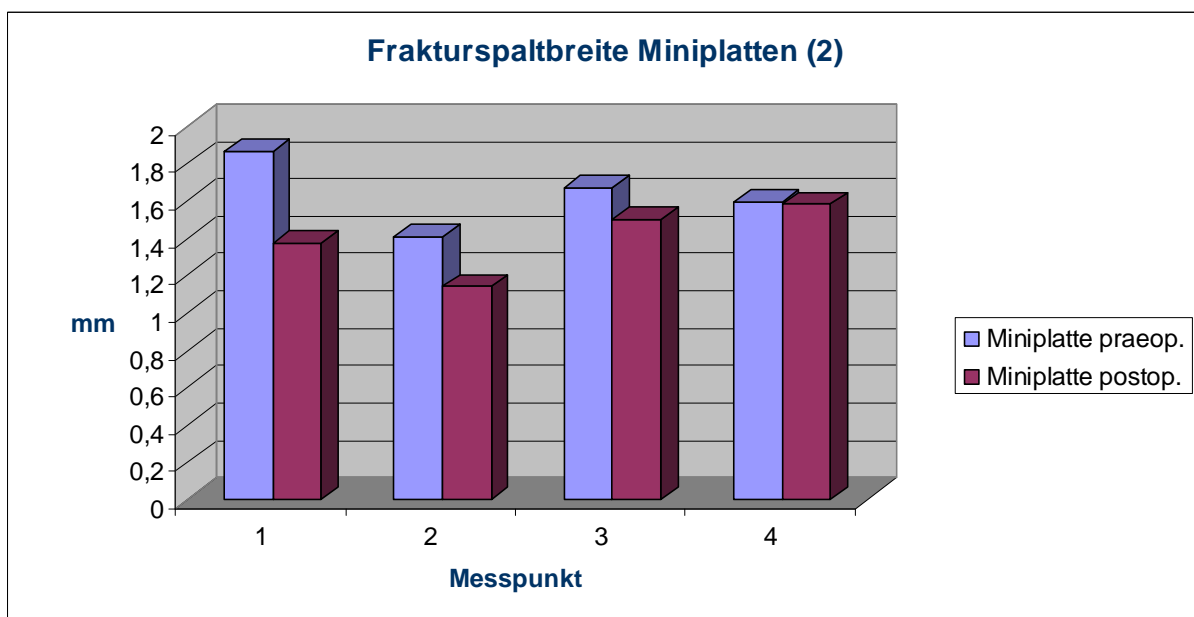


Diagramm 8: Frakturspaltbreite der Miniplattenosteosynthese prae- und postoperativ mit zwei Miniplatten bei isolierten Kieferwinkelfrakturen.

Hier zeigt sich, daß bei Verwendung der Zugschraubenosteosynthese primär ein besseres Repositionsergebnis erreicht wird. Anhand aller Messpunkte im Orthopantomogramm lässt sich eine deutliche, gleichmäßige Verringerung der Frakturspaltbreite beobachten. Im Gegensatz dazu gelingt dieses Repositionsergebnis nicht im

Rahmen der Miniplattenosteosynthese. Zwar werden an den Messpunkten 1, 2 und 3 im Durchschnitt auch Verringerungen der Frakturspaltbreiten erreicht, jedoch nicht im gleichen Maße wie bei Verwendung von Zugschrauben in der Modifikation nach KRENKEL. An Messpunkt 4 lässt sich postoperativ bei der Verwendung einer Platte sogar eine Verbreiterung erkennen. Bei der Verwendung einer zweiten Platte sind an Punkt 4 die prae- und postoperativen Werte annähernd gleich. Wie bereits zuvor erwähnt, bezieht sich die Auswertung auf die präoperativen und direkt postoperativen Aufnahmen, die in der Regel am Folgetag durchgeführt werden.

Dies wird untermauert durch statistische Auswertungen mittels gepaartem T-Test. Im Vergleich einer Miniplatte zur Zugschraube ergibt sich ein Hinweis auf einen Unterschied: Für Punkt 1 ($p < 0,03$), Punkt 2 ($p < 0,15$), Punkt 3 ($p < 0,01$) und Punkt 4 ($p < 0,06$). Statistisch signifikant ist der Vergleich zwischen zwei Miniplatten zur Zugschraube: Für Punkt 1 ($p < 0,002$), Punkt 2 ($p < 0,02$), Punkt 3 ($p < 0,001$), Punkt 4 ($p < 0,001$). Ebenfalls einen Hinweis auf einen Unterschied ergab sich im Vergleich zwischen der Gruppe mit einer und der Gruppe mit zwei Miniplatten: Für Punkt 1 ($p < 0,04$), Punkt 2 ($p < 0,02$), Punkt 3 ($p < 0,02$), Punkt 4 ($p < 0,095$).

In der zusammenfassenden Gegenüberstellung in Tabelle 12 lässt sich die Veränderung der Frakturspaltbreiten der jeweiligen Osteosyntheseart in beiden Projektionen (OPG, Clementschitschaufnahme) im Durchschnitt der jeweiligen vier Messpunkte beurteilen. Für die Zugschraube ergibt sich eine durchschnittliche Reduktion des Frakturspaltes um 61 % (OPG), beziehungsweise 59 % (Clementschitschaufnahme), in Bezug auf die praeoperative Situation. Dies lässt sich auf die Kompressionswirkung der Zugschraube über den gesamten Frakturspalt hinweg erklären.

	Zugschraube		Miniplatte (1)		Miniplatte (2)	
	OPG	Clement.	OPG	Clement.	OPG	Clement.
praeop. Spaltbreite MW 1-4 (mm)	1,45	1,37	0,92	0,93	1,63	1,83
postop. Spaltbreite MW 1-4 (mm)	0,56	0,56	0,85	0,76	1,40	0,98
Reduktion der Spaltbreite MW 1-4 (in %)	61 %	59 %	8 %	19 %	14 %	47 %

Tab. 12: Zusammenfassende Übersicht der Veränderung der mittleren Frakturspaltbreite in Orthopantomogramm und Clementschitschaufnahme bei isolierten Kieferwinkelfrakturen.

Für die Miniplatten ergeben sich abweichende Werte. So ergibt sich im OPG eine Reduktion der durchschnittlichen Frakturspaltbreite um 8 % für die isolierte Platte und um 14 % bei Verwendung einer zweiten Platte. In der Clementschitschaufnahme reduzierten sich die Frakturspaltbreiten um 19 % (1 Miniplatte) respektive 47 % (2 Miniplatten) im Vergleich zum praeoperativen Wert. Die Diskrepanz der Werte beider Projektionen beruht in der Tatsache, dass im OPG die Werte in kranio-kaudaler Richtung und in der Clementschitschaufnahme die oro-vestibuläre Richtung erfasst werden. Somit entspricht die in der Clementschitschaufnahme vermessene Frakturspaltbreite dem Punkt 1 im OPG. Die kaudal davon gelegenen Messpunkte 2-4 werden nicht erfasst. Zudem lässt sich deutlich das Fehlen der Kompressionswirkung der Miniplatte im Vergleich zur Zugschraube erkennen, da die durchschnittliche Reduktion der Frakturspaltbreite hinter den Ergebnissen der Zugschraube zurückbleibt.

7 Diskussion

7.1 Diskussion der Fragestellung

Aufgrund seiner besonderen Exposition am Gesichtsschädel ist der Unterkiefer besonders häufig von Frakturen betroffen. Bei 70 – 75 % der Verletzungsmuster mit Gesichtschädelfrakturen ist der Unterkiefer mitbetroffen [10].

Bei bis zu 25 % der Patienten mit Unterkieferfrakturen ist eine Fraktur des Kieferwinkels zu beobachten. Damit stellt der Kieferwinkel eine der Schwerpunktlokalisationen dar. Die anatomischen Gegebenheiten dieser Region stellen besondere Anforderungen an die Therapie. Im Laufe der Zeit hat sich die operative im Gegensatz zur konservativen Therapie als weniger belastend und insgesamt vorteilhaft für den Patienten erwiesen. Bereits 1983 wurden 83 % der Kieferkorpus- und Kieferwinkel-frakturen operativ versorgt [14].

Mit der Miniplattenosteosynthese nach Champy und der Zugschraubenosteosynthese in der Modifikation nach Krenkel stehen zwei im klinischen Einsatz bewährte Verfahren zur Verfügung. Ziel dieser Untersuchung war es, anhand retrospektiver klinischer Daten herauszuarbeiten, ob eines dieser Verfahren im gegenseitigen Vergleich Vorteile für den Patienten mit sich bringt.

7.2 Diskussion des Patientenkollektivs

Angesichts der Gesamtzahl von 549 im Zeitraum von 1997 bis 2006 durch die Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen versorgten Unterkieferfrakturen erscheint die Zahl von letztlich 45 in diese retrospektive Studie eingeschlossenen Frakturen gering.

Um jedoch ein hohes Maß an Vergleichbarkeit und Aussagefähigkeit für die Versorgung von Kieferwinkelbrüchen zu erreichen, mussten alle Frakturen ohne Kieferwinkelbeteiligung sowie sämtliche Mehrfachfrakturen ausgeschlossen werden. Ebenfalls Osteosynthesematerialien, die von der Vorgabe abwichen, wurden ausgeschlossen. Nachteil vieler Studien, mit ähnlichen Fragestellungen ist die mangelnde Vergleichbarkeit, da Frakturkombinationen oder inhomogene Patientenkollektive betrachtet wurden [63, 69, 70].

Ähnliche Untersuchungen erzielten jedoch gleiche oder teils erheblich geringere Fallzahlen [65, 71, 72].

7.3 Diskussion der Methodik

Die Auswahl und Erfassung aussagefähiger Parameter in klinischen Studien gestaltet sich stets schwierig, da innerhalb des Patiententkollektivs naturgemäß eine hohe Streubreite, sowohl die Verletzungsmuster wie auch die Konstitution und Compliance der Patienten betreffend, bestehen.

In-vitro-Studien dagegen finden stets unter identischen Voraussetzungen statt und lassen kontrollierte Bedingungen zu. Trotzdem können in-vitro-Versuche nur modellhafte, weniger komplexe Systeme simulieren. Ihre Ergebnisse sind daher nur bedingt in den klinischen Alltag übertragbar.

Die in dieser Studie herangezogenen Parameter beschreiben einerseits die radiologisch erfassbare Breite des Frakturspaltes prae- und postoperativ. Die Breite des Frakturspaltes erlaubt eine direkte Aussage über das operativ erreichte Repositionsergebnis und beeinflusst die Dauer des Heilungsprozesses [73-75]. Um zu objektiven Messwerten zu gelangen, muss also eine Vermessung der Frakturspaltbreiten stattfinden. Die korrekte Datenerhebung gestaltet sich jedoch schwierig. Zu beachten ist, dass Röntgenaufnahmen stets einen gewissen Vergrößerungsfaktor auf-

weisen. Ausgehend von einer punkt- oder schlitzförmigen Blende wird das Nutzstrahlenbündel stets divergierend verlaufen [24]. Zwar wird in modernen Röntgenanlagen mit Hilfe von Blenden und einem möglichst großen Fokus-Objekt-Abstand versucht, ein Nutzstrahlenbündel mit möglichst hoher Parallelität zu erzeugen die somit einen geringen Vergrößerungseffekt zur Folge haben. Dieser Effekt lässt sich jedoch nicht vollständig eliminieren [30].

Die Röntgenanlagen der diagnostischen Radiologie des Universitätsklinikums Gießen verfügen über eine Skalierung, die auf den angefertigten Röntgenaufnahmen abgebildet wird. Hierdurch wird es möglich, den Vergrößerungsfaktor der einzelnen Röntgenaufnahmen herauszurechnen. Des Weiteren ist als Problematik der radiologischen Auswertung die Positionierung des Patienten zu nennen. Diese ist für die jeweiligen Aufnahmetechniken standardisiert, jedoch ist auch hier stets mit geringen Abweichungen zu rechnen. Dies kann zum einen an wechselndem Personal in den Röntgeneinrichtungen und zum anderen an der Compliance des einzelnen Patienten liegen.

Um die Abweichung der Messergebnisse an den Röntgenaufnahmen möglichst gering zu halten, wurden alle Messungen vom gleichen Untersucher nach einem festgelegten Schema und stets mit dem gleichen Messinstrument vorgenommen.

Die klinischen Messgrößen unterliegen ebenfalls gewissen Schwankungsbreiten. So hängt stets die Operationszeit davon ab, in welchem Maße der Operateur in der Anwendung der jeweiligen Osteosyntheseart routiniert ist. Da es sich bei dem Universitätsklinikum Gießen naturgemäß um einen Lehrbetrieb handelt, werden Operationen häufig von weniger erfahrenen Operateuren unter Aufsicht von erfahreneren Kollegen durchgeführt. Zudem finden sich intraoperativ stets abweichende Gegebenheiten vor. Dies führt, zusammen mit intraoperativ auftretenden Komplikationen, zu starken Variationen bezüglich der Operationsdauer, die jedoch in gleichem Maße beide hier betrachteten Osteosynthesearten betrifft und somit die Vergleichbarkeit nicht wesentlich reduziert.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes zeigt Abhängigkeiten von der Schwere des Verletzungsmusters sowie der individuellen Compliance des Patienten. Dies schränkt die Aussagefähigkeit bezüglich des Einflusses der Osteosyntheseart ein. Die maßgeblichen Kriterien für die Dauer eines stationären Aufenthaltes stehen nicht in erster Linie im Zusammenhang mit der Art der Osteosynthese. Vielmehr sind

hier die Schwere des Traumas sowie der Allgemeinzustand des Patienten bestimmend.

7.4 Diskussion der Ergebnisse

Die Verteilung des Patientenkollektivs bezüglich Alter und Geschlecht der vorliegenden Studie bestätigt in etwa die Zahlen der einschlägigen Literatur [48, 65, 76].

Die häufigsten Ursachen für Kieferwinkelfrakturen waren tätliche Auseinandersetzungen und Unfälle. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch andere Autoren [9, 65, 76].

Das erhöhte Vorkommen von Kieferwinkelfrakturen auf der linken Seite (69 %) in dieser Studie erklärt sich zu einem großen Teil aus der großen Anzahl von Rohheitsdelikten. Circa 85 - 90 % der Bevölkerung sind Rechtshänder, 10 - 15 % Linkshänder [77, 78]. Daher werden Schläge zumeist mit der rechten Hand geführt und treffen somit die linke Gesichtshälfte des Gegners.

Alle hier untersuchten Patientenfälle beinhalten eine operative osteosynthetische Versorgung. Für die Dauer des operativen Eingriffes weist die Versorgung mit der solitären Zugschraube einen Median von 47 Minuten auf. Für die Miniplattenosteosynthese wurde ein Median von 69 Minuten ermittelt. Dieses Zeitintervall spiegelt die rein osteosynthetische Versorgung wider. Die für eine Schienung benötigte Zeit wurde herausgerechnet, da sie für die Fragestellung der Untersuchung nicht bedeutsam ist. Die Zugschraubenosteosynthese ist ein sehr sensibles Verfahren und erfordert ein präzises Vorgehen [46-49]. Zumeist muss eine transbukale Einbringrichtung über eine Stichinzision in der Wange erfolgen [48, 52]. Der Vorteil der solitären Zugschraube ergibt sich dadurch, dass mit Hilfe eines Bohrkanals und dementsprechend einer Schraube ein stabiles Repositionsergebnis erreicht werden kann. Für die Miniplatte müssen stets mehrere monokortikale Löcher gebohrt werden. Zudem muss die Platte an die Linea obliqua individuell angebogen werden [52, 62].

Die Dauer des stationären Aufenthaltes weicht bei beiden Verfahren kaum voneinander ab. So betrug bei Patienten mit Miniplattenosteosynthese der Aufenthalt im Mittel 6,5 Tage, bei Patienten mit Zugschraubenosteosynthese 6 Tage.

Bezüglich der Entfernung des Osteosynthesematerials zeigt sich ein Vorteil für die Zugschraube, da hier ein geringerer operativer Zugang aufgrund der geringen Größe

erforderlich ist. Zwar kann häufig eine erneute transbukale Stichinzision erforderlich sein, jedoch ist insgesamt der operative Zugang kleiner.

Die beiden Osteosynsetechniken erzielten bezüglich der Frakturspalten im postoperativen Röntgenbild unterschiedliche Ergebnisse. Durch die Verwendung der solitären Zugschraube nach Krenkel konnte der Frakturspalt in seiner gesamten Ausdehnung gleichmäßig verringert werden. Die Auswertung der Kiefergelenksspezialaufnahmen nach Clementschitsch ergab eine Reduktion des Frakturspalten von durchschnittlich 1,37 mm auf 0,56 mm. Die Auswertung der Orthopantomogramme ergab eine Reduktion von durchschnittlich 1,45 mm auf 0,56 mm. Alle Werte konnten somit deutlich unter 1 mm Breite gebracht werden. Für diese Repositionsergebnisse ist der Anteil der direkt in Kontakt stehenden Frakturflächen sehr hoch. Primäre Knochenheilung wird möglich, jedoch verheilt die Fraktur noch zum Teil über Spaltheilungsvorgänge [38]. Dies konnte mit Osteosyntheseplatten, die nach dem Kompressionsprinzip arbeiten, nicht verwirklicht werden. Dort zeigte sich häufig eine Distraktion des lingualen oder okklusalen Frakturanteils aufgrund exzentrischer Kompression auf der Druckseite. Die Folgen sind mögliche Okklusionsstörungen oder Spaltbildungen mit sekundärer Knochenheilung [40, 79].

Bei den mit Miniplatten nach CHAMPY versorgten Frakturen zeigt sich ein abweichendes Ergebnis. Für die Auswertung der Kiefergelenksspezialaufnahmen nach Clementschitsch ergibt sich noch ein homogenes Ergebnis. Hier konnte durch die Reposition eine Verschmälerung von durchschnittlich 0,93 mm auf 0,76 mm mit einer Miniplatte und von durchschnittlich 1,83 mm auf 0,98 mm mit zwei Miniplatten erzielt werden. Die Auswertung der postoperativen Frakturspaltbreiten im Orthopantomogramm ergibt für die Miniplattenosteosynthese eine Reduktion von durchschnittlich 0,92 mm auf 0,85 mm mit einer Miniplatte und durchschnittlich 0,93 mm auf 0,76 mm mit wie Miniplatten erreicht werden. Hier wird verdeutlicht, dass durch die Miniplatte, im Gegensatz zur Zugschraube, keine Kompression der Fraktarenden gegeneinander erfolgt. Die Miniplatten nutzen das Zuggurtungsprinzip [80-82]. Es ergibt sich doch eine Distraktion im kaudalen Bereich der Fraktur, deutlich zu entnehmen den Diagrammen 7 und 8. Dies wird in der Literatur bestätigt [83, 84]. Zudem besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Frakturspaltbreite und dem Heilungsprozess. Bei einer Frakturspaltbreite größer gleich 2 mm kommt es zu einer verschlechterten Frakturheilung [73, 74]. In experimentellen [85, 86] und klinischen [74] Studien konnte eine verzögerte Frakturheilung bei breiten Frakturspalten nachgewiesen werden.

Choy empfiehlt zur Vermeidung der kaudalen Distraction folgendes Vorgehen: Verzicht auf mandibulomaxilläre Fixation und Anbringung der Miniplatte entlang der Linea obliqua unter Verwendung der Repositionszange. Die zweite, weiter kaudal gelegene Platte soll unter Verwendung eines Mundsperrers im Molarenbereich der kontralateralen Seite angebracht werden. Hierbei eine bessere Reduktion des Frakturspaltes erreicht werden [87-89].

Bezüglich der Erfolgsraten der einzelnen Osteosynthesemethoden ergibt sich ein geteiltes Bild. Konnte bei Verwendung der Zugschraube eine direkte Erfolgsquote von 86 % der Fälle erreicht werden, so war dies bei Verwendung einer einzelnen Miniplatte entlang der Linea obliqua bei 93 % der Patienten der Fall. Jedoch kam es bei Verwendung von einer zusätzlichen Miniplatte auf der bukkalen Seite bei nur 60 % der Patienten zu einem komplikationslosen Heilungsverlauf.

Die zusätzlichen Miniplatten wurden eingebracht, da die Frakturen nach Anbringen der ersten Miniplatte entlang der Linea obliqua nicht stabil erschienen. Dies stellt jedoch eine Unterbrechung des Zuggurtungsprinzips dar [80]. Dies sieht eine Zuggurtung durch die Miniplatte entlang der Linea obliqua vor, welche eine Zugzone darstellt. Die Druckzone am kaudalen Bereich des Kieferwinkels erfährt durch den Muskelzug eine Kompression, abgestützt durch die anteriore Zahnreihe und das Kiefergelenk. Durch die zusätzliche Platte kann eine weitere Annäherung der Fragmenten unterbunden werden, was zu einer nur sekundären Knochenheilung führen kann. ELLIS et al. beobachteten in einem vergleichsweise heterogenen Patientengut mit 67 Patienten (lediglich 26 mit isolierter Kieferwinkelfraktur), ebenfalls eine hohe Komplikationsrate von 28% bei der Verwendung von zwei Miniplatten am Kieferwinkel [90]. Eine vergleichende Studie, ebenfalls von ELLIS et. al., konnte zeigen, dass die Komplikationsrate bei Kieferwinkelfrakturen, die mit zwei Miniplatten versorgt wurden mit 28 % der Fälle deutlich höher lag, als bei Versorgungen mit isolierter Miniplatte mit 16 % der Fälle [91]. Es wird vermutet, dass die Kieferwinkelregion eine geringere Ruhigstellung erfordert, wie dies in Simulationen bestimmt wurde. Weiterhin vermutet ELLIS eine bessere Blutversorgung des Knochens bei Verwendung einer isolierten Miniplatte als Mitgrund für die geringere Komplikationsrate [91].

Die Vor- und Nachteile beider Verfahren sind in Tabelle 13 einander gegenübergestellt.

		Osteosyntheseart	
		Zugschraube	Miniplatte
Vorteile	Kompressionsosteosynthese		Einfache Anwendung
	Frakturspalt wird gleichmäßig reduziert		Zuggurtung mit einer Platte
	Kraft wirkt axial auf Frakturspalt		Variable Anwendung
	minimaler Bedarf an Osteosynthesematerial		Monokortikale Verschraubung
	Kleinerer operativer Zugang		
Nachteile	Schwierigere Technik im Vergleich		Keine Kompression
	Gefahr Schädigung N. alveolaris inferior		Kaudale Distraction möglich
			Kraft wirkt exzentrisch auf Frakturspalt
			Gefahr Zahnwurzelschädigung

Tab. 13: Gegenüberstellung Vor- / Nachteile der Osteosynthesearten

7.5 Ausblick

Die Osteosynthese von Frakturen im Gesichtsschädelbereich, insbesondere im Kieferwinkelbereich, ist geprägt von vielen Veränderungen und Neuerungen. So werden Frakturen im Kieferwinkelbereich heute fast immer operativ versorgt. Die verfügbaren Osteosynthesematerialien werden immer weiter verbessert. So weist beispielsweise die Zugschraube anfangs einen konischen Schraubenkopf auf, welcher eine Keilwirkung auf den Knochen hat. Weitere Entwicklungen mit Unterlegscheiben verteilen den Druck auf den Knochen, bis hin zur bikonkaven Unterlegscheibe nach KRENKEL welche sogar eine Umlenkung der Kräfte bewirkt [48, 49]. Neueste Entwicklung ist die selbst adaptierende Unterlegscheibe nach TERHEYDEN, welche die eingeleitete Kraft gleichmäßig auf eine sehr große Fläche verteilt, ohne die Integrität der Kortikalis anzugreifen [56, 92].

Die Miniplatte ist zwar auch einem Wandel unterworfen, jedoch ist dieser weniger vielfältig. So blieb die Miniplatte in ihrer Form seit Ihrem Entwurf von MICHELET und CHAMPY nahezu gleich. Eine Weiterentwicklung der jüngeren Zeit ist das Mini-Fixation-System. Dieses System weist ein doppeltes Gewinde an der Schraube und ein Gewinde am Schraubenloch auf. Zudem sind die Schrauben selbstbohrend. Durch das zusätzliche Gewinde am Schraubenkopf, kommt es zu einer Verriegelung zwischen Schraube und Platte. Die Platte wird nicht auf den Knochen gepresst wo-

durch die Gefahr einer Minderdurchblutung des Periost verringert wird [83]. Weiterhin werden das Risiko des Hohl-drehens von Schrauben durch ungenaue Bohrungen und die Gefahr der Schraubenlockerung reduziert. Erste Untersuchungen zeigen eine höhere Stabilität verglichen mit konventionellen Miniplatten. [93]

Auch im Bereich des Materials gibt es neue Ansätze. Keramische Werkstoffe werden diskutiert. So liegen die Vorteile beispielsweise der Siliziumnitritkeramik in einer Bioinertheit, insbesondere im Kontakt zur Mukosa und günstigen radiologischen Eigenschaften. Das Osteosynthesematerial muss nicht entfernt werden. Jedoch können die Platten kaum gebogen werden, sodass hier vorgekrümmte Platten vorgehalten werden müssen [94].

Eine weitere Alternative stellen resorbierbare Plattensysteme dar. Die Osteosyntheseplatten werden meist aus Polymeren der Milchsäure (polymers of lactic acid, PLA) hergestellt und werden vom Organismus durch Hydrolyse abgebaut. Die Halbwertszeit dieser Materialien beträgt je nach Zusammensetzung zwischen zwei Wochen und sechs Monaten [95]. Der Vorteil liegt darin, dass eine Entfernung des Osteosynthesematerials entfällt. Jedoch kann es auch durch die Hydrolyse des Materials zu einem verfrühten Verlust der Stabilität kommen [96].

8 Zusammenfassung

Der Unterkiefer des Menschen ist aufgrund seiner exponierten Position besonders häufig von traumatischen Ereignissen betroffen. So ist bei 70 – 75 % der Frakturereignisse im Gesichtsschädelbereich der Unterkiefer mit betroffen [9, 10]. Kam in früheren Zeiten lediglich eine konservative Frakturbehandlung in Betracht, so lässt sich mit Fortschreiten der operativen Frakturbehandlung und Verbesserung der Osteosynthesematerialien ein enormer Wandel hin zur operativen Frakturbehandlung nachvollziehen [19]. Insbesondere die Frakturen im Bereich des Unterkieferwinkels stellen hohe Anforderungen an die Therapie. So ist in dieser Region häufig ein Zahn im Bruchspalt anzutreffen. Zudem kommen hier besondere statische und dynamische Gegebenheiten des Knochens resultierend aus dem Ansatz zweier großer Kaumuskeln zum Tragen.

Ziel dieser Arbeit war es, zwei klinisch etablierte Verfahren zur Osteosynthese von Unterkieferwinkelfrakturen zu beleuchten und die Ergebnisse zu beurteilen. Diese Verfahren sind zum einen die Miniplattenosteosynthese mit Miniplatten entlang der Linea obliqua, wie sie von MICHELET propagiert wurde. Zum anderen die solitäre Zugschraube, in der Modifikation nach KRENKEL mit der bikonkaven Unterlegscheibe. Die Indikation beider Osteosynthesen unterscheidet sich nicht, bei der Durchführung ergeben sich jedoch Unterschiede. So kann es sein, dass für die korrekte Einbringung der Zugschraube möglichst senkrecht zur Frakturlinie eine zusätzliche transbukcale Stichinzision durchgeführt werden muß.

Die Auswertung wurde retrospektiv anhand der vorhandenen Patientenunterlagen und Röntgenbilder vorgenommen. Von 549 Patienten im Zeitraum von 1997-2006, die eine Fraktur des Unterkieferwinkels erlitten, wurden 45 Patienten selektiert, die eine isolierte Kieferwinkelfraktur aufwiesen und mit einem der beiden genannten Osteosyntheseverfahren therapiert wurden.

Diese Untersuchung konnte zeigen, dass es sich bei beiden Verfahren um zuverlässige Methoden zur Frakturversorgung handelt, deren Komplikationsraten gering sind. So heilten die Versorgungen mit der solitären Zugschraube in 86 % der Fälle komplikationslos aus. Im Falle der Versorgung mit einer Miniplatte entlang der Linea obliqua betrug diese Quote sogar 93 %. Wurde zur vermeintlichen Stabilisierung der

Fraktur eine zweite Miniplatte weiter basal angebracht, so betrug die Quote der komplikationslosen Frakturheilung nur 60 %. Dies erklärt sich damit, dass diese basale Platte sich im Bereich einer Druckzone befindet, welche sich durch die Zuggurtung der Platte an der Linea obliqua durch Muskelzug spontan schließen soll. Die zusätzliche Miniplatte behindert vermutlich diesen Mechanismus.

Eine weitere Beobachtung liegt im grundsätzlichen Unterschied der Osteosynthesen. So handelt es sich bei der Zugschraube im Gegensatz zur Miniplatte um eine Kompressionsosteosynthese. Die Vermessung der prae- und postoperativen Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen konnte zeigen, dass die Verschmälerung des Frakturspaltes mit Hilfe der Zugschraube deutlich stärker und gleichmäßiger über die gesamte Ausdehnung des Frakturspaltes gelingt. So konnte durch die Zugschraube im Mittel eine Verschmälerung im OPG um 61 % im Vergleich zum praeoperativen Wert, mit Hilfe einer Miniplatte um 8 %, mit Hilfe von zwei Miniplatten um 14 % im Vergleich zum praeoperativen Wert erreicht werden. Zudem zeigte sich postoperativ bei Verwendung der Miniplatte eine Verbreiterung des Frakturspaltes nach kaudal hin, was eine nachteilige Auswirkung auf den Heilungsprozess haben kann.

Zusammen betrachtet stellen beide Verfahren adäquate, patientenschonende und klinisch erprobte Methoden zur Osteosynthese der Kieferwinkelfraktur dar. Die Vorteile der Miniplatte liegen in der etwas einfacheren Anwendung, der prinzipielle Vorteil der Zugschraube liegt in ihrer Funktion als Kompressionsosteosynthese. Diese Studie liefert Hinweise darauf, dass die Anwendung der Zugschraube bei der Behandlung von Kieferwinkelfrakturen vorteilhaft sein kann.

9 Summary

The exposed position of the human head in relation to the body seems to be why the the facial skeleton is frequently affected in traumatic events. The mandible is in 70 – 75 % of fractures of the facial region due to alleged assaults affected. [9, 10] In recent times fractures were treated conservatively, today operative treatment, using improved osteosynthesisplates and –screws, has become more and more clinical standard. [19] Among mandibular fractures, the angle region is more often affected by complications, and management is challenging. Furthermore often teeth in the fracture gap can be found, and static and dynamic circumstances caused by masticatory muscles complicating the treatment.

Study aim was the comparison of two clinically established procedures treating mandibular angle fractures. The two procedures are miniplate osteosynthesis according to MICHELET and CHAMPY and second the solitary lag screw modified by KRENKEL using a biconcave washer. Indication of both procedures is not different but difficulties may occur. The lag screw has to be placed preferably at right angle to the fracture gap. For this reason, a transbuccal incision can be necessary.

The study was done retrospectively using patient's documents and x-rays. Out of 549 patients with mandibular fractures between 1997 and 2006, 45 patients with isolated angle fractures treated by one of the mentioned procedures were selected.

This study showed both procedures as valuable fracture treatments with low complication rates. In case of the solitary lag-screw 86 % of the patients, in case of miniplate osteosynthesis using one plate 93 % were less of complications. Using a second mini-plate below the first plate along the oblique line, only 60 % of the treated patients stayed without complications. Having a look at the dynamic situation of the mandibular angle, we can see a tension zone along the oblique line and a pression zone at the base of the angle. Placing the miniplate along the oblique line causes mostly a distraction of the fracture gap towards the base. Normally it is closed by tension forces related to M. masseter and M. pterygoideus lateralis.

Furthermore a fundamental difference between the two osteosynthesis methods can be seen. Lag screw represents a kind of compression osteosynthesis whereas miniplate cannot produce any compression forces. Measuring pre- and postoperative x-

rays in two layers at right angle shows an increased reduction all over the fracture gap by using a lag screw. So lag screw reached a reduction of the gap considering orthopantomographic view of 61 %, using one miniplate 8 % and using two miniplates 14 % reduction could be realized. Using one miniplate could cause a distraction of the fracture gap towards the base of the mandibular bone. This may result in healing disturbances, but it was not shown in this study.

In summary, both osteosynthesis methods are valuable and causing low amounts of complications. Using the mini-plate has the advantage of being more simply in use. Lag-screw's advantage is to be seen in the possibility to produce compression forces towards the fracture gap. This study gives hints, that lag-screw osteosynthesis could be advantageous.

10 Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Steffen Kaubrügge

11 Literatur

1. Schmidt HM: Kopf und Hals. In Drenckhahn D, Zenker W (eds): *Anatomie*, (ed. 15). Urban&Schwarzenberg, 1994.
2. Schumacher GH: Statik und Aufbau des Gesichtsschädels unter Berücksichtigung des Frakturmechanismus. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975.
3. Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: Kopf und Hals. In Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K (eds): *Anatomie*, (ed. 8). Springer, 1999.
4. Rahn BA: Systematik der Gewebe. In Drenckhahn D, Zenker W (eds): *Anatomie*, (ed. 15). Urban & Schwarzenberg, 1994.
5. Champy M, Blez P: Anatomical Aspects and Biomechanical Considerations. In Härle F, Champy M, Terry BC (eds): *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis* (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1999.
6. Lehmann K, Hellwig E: *Zahnärztliche Propädeutik* (ed. 9). Urban&Fischer, 2002
7. Maschinski G: Lexikon Zahnmedizin Zahntechnik. In *Lexikon Zahnmedizin Zahntechnik*, (ed. 1). Urban&Fischer, 1999.
8. Howaldt H, Schmelzeisen R: *Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie*. (ed. 1). Urban&Fischer, 2002

9. Krüger E: *Lehrbuch der chirurgischen Zahn,-Mund- und Kieferheilkunde*. (ed. 6). Quintessenz, 1988
10. Austermann KH: Frakturen des Gesichtsschädels. In Schwenzer N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn,-Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Stuttgart: Thieme, 2002.
11. Horch H, Herzog M: Traumatologie im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich. In Horch H (ed) *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, (ed. 2). Urban&Schwarzenberg, 1997.
12. Fischer-Brandies E, Dielert E: The Infected Mandibular Fracture. *Arch Orthop Trauma Surg* 1984;103:337
13. Prein J: *Manual of Internal Fixation in the Cranio-Facial Skeleton: Techniques as Recommended by the Ao/Asif-Maxillofacial Group*. Springer, 1998
14. Haase S, Sieron J, Kreidler, Hüls A: Häufigkeit und Ergebnisse der konservativen und operativen Behandlung von Unterkieferfrakturen. *Dtsch zahnärztliche Z* 1983;38:376
15. Claudi B, Spiessl B: Ergebnisse bei konservativer und operativer Behandlung von Unterkieferfrakturen (ohne Kollumfrakturen). In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlungen der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:73.
16. Lentrodt J, W-J H: Indikation zur operativen bzw. konservativen Versorgung von Unterkieferfrakturen. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975.
17. Luhr H: Entwicklung der modernen Osteosynthese. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2002;4:84
18. Luhr H: *Die Kompressionsosteosynthese bei Unterkieferfrakturen*. (ed. 1). München: Hanser, 1972

19. Oikarinen K, Ignatius E, Silvennoinen U: Treatment of mandibular fractures in the 1980's. *J of Cranio-Maxillofacial Surgery* 1993;21:245
20. Pape HD, Schippers CG, Gerlach KL, Walz C: Die Funktionsstabilität der Miniplattenosteosynthese nach Champy bei Kieferwinkelfrakturen. In Schwenger N (ed) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*, (ed. 1). Thieme, 1996:94.
21. Kakoschke D, Mohr C, Schettler D: Langzeitergebnisse nach intraoraler Miniplattenosteosynthese bei Kieferwinkelfrakturen. In *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1996:91.
22. Schierle HP, Schmelzeisen R: Experimentelle Untersuchungen zur biomechanischen Stabilität unterschiedlicher Miniplattenkonfigurationen am Kieferwinkel. In Schwenger N (ed) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1996:166.
23. Krenkel C: *Biomechanics and Osteosynthesis of Condylar Neck Fractures of the Mandible*. (ed. 1). Quintessence 1994
24. Harten U: *Physik für Mediziner*. (ed. 10). Springer, 2001
25. Bundesministerium für Umwelt NuR: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen vom 08.01.1987 in der Neufassung vom 30.04.2003. In Bundesministerium für Umwelt NuR (ed) (ed. 1). 2003.
26. Schwenger K, Schwenger N, Ehrenfeld M: Anamnese, Befunderhebung und Dokumentation. In Schwenger N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Stuttgart: Thieme, 2000.
27. Hellwig E, Klimek J, Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. (ed. 3). Urban&Fischer, 2003

28. Ehrenfeld M, Hickel R: Traumatologie der Zähne und des Zahnhalteapparates. In Schwenzler N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Stuttgart: Thieme, 2000.
29. Spitzer W, Dumbach J: Beitrag zur operativen Behandlung von Frakturen im jugendlichen Gebiß. *Dtsch zahnärztliche Z* 1983;38:373
30. Spitzer W, Rücker M: Bildgebende Verfahren - Zahnärztliche Röntgenologie. In Schwenzler N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Thieme, 2000.
31. Friedrich R, Plambeck K, Bartel-Friedrich S et al.: Stellenwert der B-Bild-Sonographie in der Frakturdiagnostik des Gelenkfortsatzes des Unterkiefers. *Trauma Berufskrankh* 2000;2:
32. Sader R: Sonographie im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich. In Horch H (ed) *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie 10/I*, (ed. 3). Urban & Schwarzenberg, 1997:22.
33. Jäger L, Reiser M: Bildgebende Verfahren - CT, MRT und Angiographie. In Schwenzler N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn-,Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Stuttgart: Thieme, 2000.
34. Heibel H, Alt K, Wächter R, Bähr W: Kortikalisdicke am Unterkiefer unter besonderer Berücksichtigung der Miniplattenosteosynthese. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2001;5:180
35. Esser NC: Katamnestiche Untersuchung von Unterkieferfrakturen in den Jahren 1993 bis 1997. In (ed. Tübingen Eberhard-Karls-Universität, 2003).
36. Schenk RK: Histologie der primären Knochenheilung. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:8.

37. Prein J, Spiessl B, Rahn B, Perren S: Frakturheilung am Unterkiefer nach operativer Versorgung. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:17.
38. Luhr H, Maerker R, Busch E, Mohaupt K: Histologische Untersuchungen zur Frage der primären Knochenheilung nach Kompressionsosteosynthese. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:13.
39. Schmitz R, Luhr H, Schubert H: Indikation, Technik und klinische Ergebnisse der Kompressionsosteosynthese bei Unterkieferfrakturen. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975.
40. Spiessl B: Funktionsstabile Osteosynthese bei Unterkieferfrakturen - Problematik und Technik. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:68.
41. Ellis Er, Graham J: Use of a 2.0-mm locking plate/screw system for mandibular fracture surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:642
42. Rahn BA, Gallinaro P, Baltensperger A, Perren SM: Primary bone healing. An experimental study in the rabbit. *J Bone Joint Surg Am* 1971;53:783
43. Perren S, Rahn B, Cordey J: Mechanik und Biologie der Frakturheilung. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlungen der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975.
44. Driemel O: Zahnverletzungen bei Miniplattenosteosynthese. Einteilung, Therapiemanagement, Komplikationen und Prognose. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2005;9:330

45. Brons R, Boering G: Fractures of the mandibular body treated by stable internal fixation: a preliminary report. *J Oral Surg* 1970;28:407

46. Niederdellmann H, Schilli W: Zugschraubenosteosynthese zur Behandlung der Kieferwinkelfraktur. *Aktuelle Traumatologie* 1980;10:105

47. Niederdellmann H, Shetty V: Solitary lag screw osteosynthesis in the treatment of fracture of the angle of the mandible: a retrospective study. *Plast Reconstr Surg* 1987;80:68

48. Krenkel C: Zur Problematik der stabilen Osteosynthese der Kieferwinkelfraktur-Osteosynthese kontra axiale/schrägaxiale Zugschraube mit bikonkaver Unterlegscheibe. *Acta chir. Austria.* 1989;21:74

49. 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;20:348

50. Krenkel C: Lag-Screw Osteosynthesis of Mandibular Condyle Fractures: A Clinical and Radiological Study. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:1405

51. Schuller-Götzburg P, Krenkel C, Reiter T, Plenk H: 2D-finite element analyses and histomorphology of lag screws with and without a biconcave washer. *J of Biomechanics* 1999;32:511

52. Härle F: Principles of Application of Lag Screws. In Härle F, Champy M, Terry BC (eds): *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1999.

53. Müller M, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H: *Manual der Osteosynthese - AO-Technik.* (ed. 3). Springer, 1992

54. Enslidis G, Glaser C, Pichorner S et al.: Erfahrungen und Ergebnisse bei der Versorgung von Unterkieferfrakturen mit der modifizierten Zugschraube nach Krenkel - eine retrospektive Studie. In Schwenger N (ed) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie* (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1996:96.
55. Terheyden H: Hooks for Intermaxillary Immobilization. In Härle F, Champy M, Terry BC (eds): *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis* (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1999.
56. Terheyden H, Mühlendyck C, Feldmann H et al.: The self adapting washer for lag screw fixation of mandibular fractures: finite element analysis and preclinical evaluation. *J of Cranio-Maxillofacial Surgery* 1999;27:58
57. Steinemann S: Korrosion, Verträglichkeit und mechanische Eigenschaften von metallischen Allenthesen. In Schuchardt K (ed) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*, (ed. 1). Thieme, 1975:50.
58. Kuttner P: Untersuchungen zur physikalischen Dynamik von Zug- und Tandemschrauben mit bikonkaven Unterlegscheiben am Unterkiefer. In (ed. Salzburg, 1989.
59. Enslidis G, Pichorner S, Schuller-Götzburg P: Die Osteosynthese von Kieferwinkelfrakturen mit einer solitären Zugschraube nach Krenkel-Indikationen, Technik und klinische Resultate. *Stomatologie* 1997;94:83
60. Tagliatalata Scafati C: Anchor screw, a valuable technique in facial fractures and cranio-maxillofacial surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2005;33:331
61. Bublitz R: Unterkieferfrakturen - Differentialindikationen moderner Therapieverfahren für den Praktiker. In Baden-Württemberg Z (ed) *ZBW 06/2002*, (ed. Zahnärztekammer Baden-Württemberg, 2002.

62. Pape H, Gerlach K, Champy M: Mandibular Fractures including Atrophied Mandible. In Härle F, Champy M, Terry BC (eds): *Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1999.
63. Ellis E: Outcomes of Patients With Teeth in the Line of Mandibular Angle Fractures Treated with Stable Internal Fixation. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;61:863
64. Heeg P, Weingart D: Hygiene und Infektionsprävention. In Schwenzer N, Ehrenfeld M (eds): *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*, (ed. 3). Stuttgart: Thieme, 2000.
65. Ellis E, 3rd, Ghali GE: Lag screw fixation of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 1991;49:234
66. Spiessl B, Schargus G: Das Okklusionsproblem bei der funktionsstabilen Osteosynthese des bezahnten Unterkiefers. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 1971;57:293
67. Motsch A: *Funktionsorientierte Einschleiftechnik für das natürliche Gebiss*. (ed. 2). Hanser, 1978
68. Heydarian F, Ewers R: Die Verletzung des Nervus alveolaris inferior, hervorgerufen durch Osteosyntheseschrauben. *Dtsch zahnärztliche Z* 1980;35:42
69. Atanasov DT: A retrospective study of 3326 mandibular fractures in 2252 patients. *Folia medica* 2003;45:38
70. Bormann KH, Wild S, Gellrich NC et al.: Five-year retrospective study of mandibular fractures in Freiburg, Germany: incidence, etiology, treatment and complications. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:1251
71. Gear A, Apasova E, Schmitz J, Schubert W: Treatment Modalities for Mandibular Angle Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2005; 63:655

72. Mehra P, Murad H: Internal Fixation of mandibular angle fractures: a comparison of 2 techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:2254
73. Claes L, Augat P, Suger G, Wilke HJ: Influence of size and stability of the osteotomy gap on the success of fracture healing. *J Orthop Res* 1997;15:577
74. Claes L, Grass R, Schmickal T et al.: Monitoring and healing analysis of 100 tibial shaft fractures. *Langenbecks Arch Surg* 2002;387:146
75. Gomez-Benito MJ, Garcia-Aznar JM, Kuiper JH, Doblare M: Influence of fracture gap size on the pattern of long bone healing: a computational study. *J Theor Biol* 2005;235:105
76. Ellis E: Treatment methods for fractures of the mandibular angle. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999;28:243
77. Wikipedia: Händigkeit; <http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4ndigkeit>. In (ed. unknown). 2009.
78. Stein JF, CJ S: *Neuroscience. An Introduction*. Chichester: John Wiley & Sons, 2006
79. Becker R, Machtens E, Lenz J: Möglichkeiten und Grenzen der Kompressionsosteosynthese. In Schuchardt K, Spiessl B (eds): *Die operative Behandlung der Verletzungen des Gesichtsschädels*, (ed. 1). Stuttgart: Thieme, 1975:87.
80. Champy M: Biomechanische Grundlagen der Straßburger Miniplattenosteosynthese. *Dtsch zahnärztliche Z* 1983;38:358
81. Champy M, Pape H, Gerlach K: Mandibular Fractures - The Strasbourg Miniplate Osteosynthesis. In Krüger E (ed) *Oral and Maxillofacial Traumatology*, (ed., 1986:19.

82. Champy M, Wilk A, Schnebelen J: Die Behandlung der Mandibularfrakturen mittels Osteosynthese ohne intermaxilläre Ruhigstellung nach der Technik von F.X. Michelet. *Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde* 1975;63:339

83. Alpert B, Gutwald R, Schmelzeisen R: New innovations in craniomaxillofacial fixation: the 2.0 lock system. *Keio J Med* 2003;52:120

84. Gutwald R, Alpert B, Schmelzeisen R: Principle and stability of locking plates. *Keio J Med* 2003;52:21

85. Augat P, Margevicious K, Simon J et al.: Local tissue properties in bone healing: influence of size and stability of the osteotomy gap. *J Orthop Res* 1998;16:475

86. Markel MD, Bogdanske JJ: The effect of increasing gap width on localized densitometric changes within tibial osteotomies in a canine model. *Calcified tissue international* 1994;54:155

87. Choi BH, Suh CH, Par JH et al.: An effective technique for open reduction of mandibular angle fractures using new reduction forceps: technical innovations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2001;30:555

88. Choi BH, Suh CH: Technique for applying 2 miniplates for treatment of mandibular angle fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:353

89. Choi BH, Kim HJ, Kim MK et al.: Management of mandibular angle fractures using the mandibular angle reduction forceps. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:257

90. Ellis E, 3rd, Walker L: Treatment of mandibular angle fractures using two non-compression miniplates. *J Oral Maxillofac Surg* 1994;52:1032

91. Ellis E, Walker L: Treatment of Mandibular Angle Fractures Using One Non-compression Miniplate. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:864

92. Terheyden H, Mühlendyck C, Sprengel M et al.: Self-adapting washer system for lag-screw fixation of mandibular fractures. Part II: in vitro mechanical characterization of 2.3 and 2.7mm lag screw prototypes and in vivo removal torque after healing. *J of Cranio-Maxillofacial Surgery* 1999;27:243

93. Gutwald R, Büscher P, Schramm A et al.: Biomechanical Stability of an internal mini fixation system in maxillofacial Osteosynthesis. *Med Biol Eng Comp* 1999;37:280

94. Neumann A, Unkel C, Werry C et al.: Osteosynthese im Gesichtsschädelbereich. *HNO* 2006;54:937

95. Miller RA, Brady JM, Cutright DE: Degradation rates of oral resorbable implants (polylactates and polyglycolates): rate modification with changes in PLA/PGA copolymer ratios. *J Biomed Mater Res* 1977;11:711

96. Gutwald R, Schon R, Gellrich NC et al.: Bioresorbable implants in maxillofacial osteosynthesis: experimental and clinical experience. *Injury* 2002;33 Suppl 2:B4

12 Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchung danke ich Herrn Professor Dr. Dr. H.-P. Howaldt, Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, sehr herzlich.

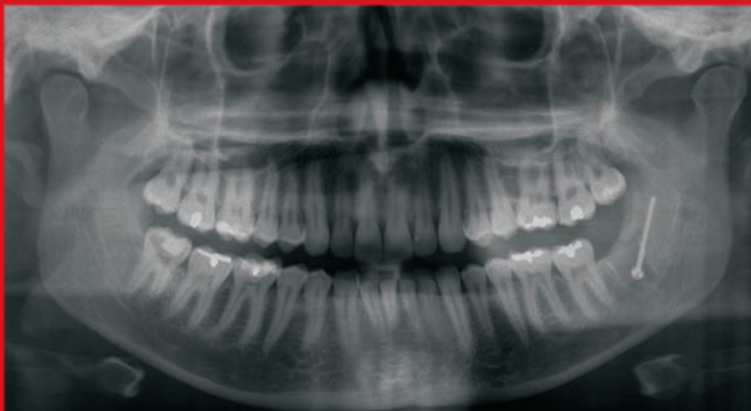
Für die vielen Anregungen, fördernden und motivierenden Gespräche danke ich Herrn Dr. Dr. Holger Maas und ganz besonders Frau Dr. Dr. Heidrun Schaaf für Ihr unermüdliches Engagement.

Ganz besonders möchte ich meiner lieben Frau Silke und meinen Kindern für die Unterstützung und die Geduld bei der Fertigstellung dieser Arbeit danken. Ohne euch wäre es nicht gelungen.

Danken möchte ich auch meinen Eltern, die mich während Schul- und Studienzeiten immer unterstützt und bestärkt haben.

**Der Lebenslauf wurde aus der elektronischen
Version der Arbeit entfernt.**

**The curriculum vitae was removed from the
electronic version of the paper.**



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFBENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5774-9



9 783835 195774 9