

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
der Ludwig - Maximilians - Universität München  
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Ehrenfeld

Zahnwurzelläsionen durch Schrauben zur mandibulo-maxillären Fixation  
Röntgenologische und klinische Nachuntersuchungen

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von  
Katinka Larissa Anna Trinkle  
aus Ulm

2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. Dr. Carl-Peter Cornelius

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Christoph Benz  
Priv. Doz. Dr. Armin Huber

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. L.-K. Sailer

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.2009

---

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungsverzeichnis .....	III
1. Einleitung .....	1
1.1. Mandibulo-maxilläre Fixation (MMF) .....	1
1.1.1. Indikationen und Anwendungsarten der MMF .....	1
1.1.2. Methoden der MMF .....	3
1.1.3. Spezialisierte MMF-Schrauben .....	9
1.1.4. Komplikationen durch MMF-Schrauben an Zähnen .....	10
1.2. Fragestellung .....	12
2. Material und Methodik .....	13
2.1. Patienten .....	13
2.2. Operatives Vorgehen - Insertion der MMF-Schrauben .....	16
2.2.1. Notwendige Instrumente für die MMF .....	16
2.2.2. Operationsablauf .....	17
2.3. Teil 1: Retrospektive Datenerhebung - Auswertung der Krankenakten und Röntgenbilder .....	21
2.4. Teil 2: Klinische und röntgenologische Nachuntersuchung .....	27
2.5. Gruppeneinteilung .....	29
2.6. Statistische Auswertungen .....	30
3. Ergebnisse .....	31
3.1. Teil 1: Retrospektive Auswertung der Patientenakten und Röntgenbilder ..	31
3.1.1. Ergebnisse im gesamten Patientenkollektiv .....	31
3.1.2. Ergebnisse in den Patientengruppen .....	36
3.2. Teil 2: Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungsreihe .....	42
3.2.1. Patienten und Wurzelläsionen .....	42
3.2.2. Reversibilität der Wurzelläsionen .....	43
3.3. Kasuistik .....	45
4. Diskussion .....	48
4.1. Teil 1: Retrospektive Auswertung .....	48
4.1.1. Gesamtes Patientenkollektiv .....	48
4.1.2. Gruppen im Vergleich .....	55

---

4.2. Teil 2: Nachuntersuchung - Reversibilität der Wurzelläsionen .....	59
4.2.1. Röntgenologische Nachuntersuchung .....	60
4.2.2. Klinische Nachuntersuchung .....	62
4.3. Fallbesprechung.....	68
4.4. Abschließende Würdigung der MMF-Schrauben Technik .....	68
5. Zusammenfassung .....	72
6. Literaturverzeichnis .....	74
Danksagung.....	88
Lebenslauf .....	89

---

**Abkürzungsverzeichnis**

AO: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

CO<sub>2</sub>: Kohlendioxid

CT: Computertomographie

FAMI: fixation and adaptation in mandibular injuries

FZB: Frontzahnbereich

i.v.-Antibiose: intravenöse Antibiose

IMF: intermaxilläre Fixation

k.A.: keine Angabe

MKG: Mund-Kiefer-Gesicht

MMF: mandibulo-maxilläre Fixation

o.-f.: okzipito-frontal

OK: Oberkiefer

OP: Operation

OPT: Orthopantomogramm

OSAS: Orthodontic Skeletal Anchorage System

PA: Parodontitis

PA-Sonde: Parodontal-Sonde

SZB: Seitenzahnbereich

UK: Unterkiefer

Vipr -: Vitalität negativ

vs.: versus

WSR: Wurzelspitzenresektion

---

## **1. Einleitung**

### **1.1. Mandibulo-maxilläre Fixation (MMF)**

Unter mandibulo-maxillärer Fixation (MMF) – häufig auch als intermaxilläre Fixation (IMF) bezeichnet - versteht man eine starre oder elastische Verbindung des Unterkiefers mit dem Oberkiefer [156] in einer für die okklusale Relation korrekten Position.

Bei Frakturversorgungen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich mit Okklusionsbeteiligung kommt die starre MMF über Drahtligaturen zum Einsatz. Die MMF ist fester Bestandteil zur korrekten Wiedereinstellung der Okklusion und damit zur Reposition der Knochenfragmente [68].

#### **1.1.1. Indikationen und Anwendungsarten der MMF**

Für die MMF gibt es folgende Behandlungsindikationen:

- Immobilisation bei Frakturen,
- Reposition von Frakturen,
- Einstellung der Okklusion,
  - Operative Frakturversorgung (Osteosynthese),
  - Umstellungsosteotomie (orthognathe Chirurgie),
  - Rekonstruktionen.
- Gewichtsreduktion [14,32,60,107,163].

Drei Anwendungsarten der mandibulo-maxillären Fixation können unterschieden werden:

- a) Rein konservative Frakturversorgung mit langfristiger Ruhigstellung,
- b) Intraoperative Frakturversorgung, d.h. temporäre Ruhigstellung während der Reposition mit Osteosynthese,
- c) Intraoperative Okklusionssicherung mit postoperativer Ruhigstellung.

---

### Zu a) Rein konservative Frakturversorgung mit langfristiger Ruhigstellung

Eine elastische MMF wird fast nur noch zur konservativen Behandlung von hohen Kiefergelenkfortsatz- und Kiefergelenkwalzenfrakturen eingesetzt.

Im Anschluss an die intermaxilläre Ruhigstellung (10-14 Tage) mit Gummizügen folgt eine Aktivator-Therapie, um einer zu geringen Kieferöffnung und einer Deviation bei Protrusion und Laterotrusion entgegenzuwirken [6]. Eine so genannte geschlossene, nicht chirurgische Frakturbehandlung bei anderen Frakturlokalisationen, kommt nur noch in Ausnahmefällen in Frage. Dazu wird eine starre MMF über prolongierte Zeiträume 4 - 6 - 12 Wochen verwendet.

### Zu b) Intraoperative Frakturversorgung

Zur intraoperativen Okklusionssicherung [53,86] werden die Zahnreihen in maximaler Interkuspidation über eine mandibulo-maxilläre Fixation ruhiggestellt. Dann folgen die weitere Reposition der Fragmente im Ober- und/oder im Unterkiefer und die Osteosynthese. Schließlich wird intraoperativ die mandibulo-maxilläre Verschnürung wieder entfernt.

### Zu c) Intraoperative Okklusionssicherung mit postoperativer Ruhigstellung

Die dritte Möglichkeit besteht in einer mandibulo-maxillären Fixation, die genauso wie in b) aufgezeigt, vor der Frakturversorgung eingebracht und dann aber erst nach einer Retentionsphase von 12-14 Tagen postoperativ entfernt wird. Dieses Vorgehen wird z.B. bei einer Kombination aus Unterkieferkörper- und Kiefergelenkfrakturen gewählt. In diesen Fällen wird meist auf eine osteosynthetische Versorgung der Kiefergelenkfraktur verzichtet und die MMF zur konservativen Behandlung belassen. Auch hier schließt sich wieder eine Aktivatorbehandlung an.

---

### 1.1.2. Methoden der MMF

Zur mandibulo-maxillären Fixation sind zahlreiche Verfahren beschrieben worden, die in der Mehrheit nur noch historische Bedeutung haben. Da die Techniken für die mandibulo-maxilläre Fixation von Schienen bis zu Perlen und Knöpfen mit Draht [1,18,97,123] reichen, werden im Folgenden die am häufigsten beschriebenen aufgeführt:

#### (a) Transossäres und Circumferential Wiring [2,25]

Bei dieser Technik verläuft eine Drahtschlinge durch einen im anterioren Alveolarkamm des Oberkiefers gebohrten Kanal. Im Unterkiefer wird ein Draht um den Unterkieferknochen herumgeführt und im Vestibulum verdreht. Beide Drahtschlingen werden mit einer weiteren Ligatur untereinander verbunden.

#### (b) Drahtligaturenverbände

##### Ernst-Ligatur [49,50]

“Im Ober- und Unterkiefer werden je ein oder zwei Zähne mit Draht umschlungen und die beiden Enden entweder miteinander verdreht oder zu Häkchen gebogen und mit Gummiring oder Draht mandibulo-maxillär miteinander verbunden” [6: S.301]. Ein Hauptproblem dieser Ligatur stellt die unsichere okklusale Fixierung dar. Deshalb wird diese Fixation heute hauptsächlich zur Notfallschienung vor der eigentlichen operativen Versorgung verwendet.

##### Ivy-Ligatur [82]

Ivy beschreibt seine Technik 1922 wie folgt: Zuerst wird in einen Draht eine Öse gebogen. Die beiden Enden des Drahtes werden dann von bukkal durch den Approximalraum geführt und von lingual bzw. palatinal durch die Approximalräume der beiden angrenzenden Zähne wieder nach bukkal geführt. Dort werden die Enden kurz abgeschnitten, verdreht und so zur Seite gebogen, dass sie nicht die Lippe oder die Wange verletzen können. Das gleiche Vorgehen wird an korrespondierenden Zähnen des anderen Kiefers in gleicher Weise durchgeführt.



Er bevorzugt dabei die Prämolaren und die mittleren Schneidezähne. Abschließend werden die Ösen mit einem dritten Draht verbunden.

#### Stout-Ligatur (continuous loops) [154]

Stout beginnt mit einem Draht im Approximalraum zwischen dem ersten und zweiten Molaren von lingual bzw. palatinal und geht mit den beiden Enden durch die Approximalräume nach vestibulär. Das mesiale Ende wird um einen dicken Hilfsdraht geschlungen, wodurch sich nach dem Herausziehen des Hilfsdrahtes eine Öse bildet, durch die das distale Ende des Drahtes geführt wird. Diese Prozedur wird bis zur Eckzahnregion fortgesetzt. Dort werden die Enden verdrillt. Dies wird dann in der korrespondierenden Kieferregion des Gegenkiefers wiederholt. Ober- und Unterkiefer werden abschließend über die Ösen mit Draht oder mit Gummis verbunden. Die fortlaufenden Ligaturen sind mit Schienenverbänden vergleichbar.

#### (c) Drahtschienenverbände

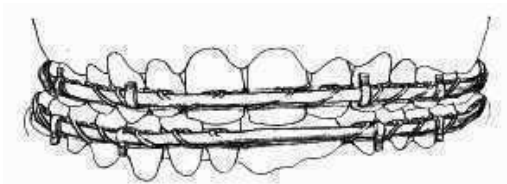


Abb.1: Drahtbogen-Kunststoffschiene nach Schuchardt [147: S.42]

#### Drahtbogen-Kunststoffschiene nach Schuchardt [146,147]

Die Schuchardt-Schiene (Abb.1) besteht aus einem vorgefertigten Draht, der intraoperativ an die Zahnreihe angebogen wird [78]. Während des Anbringens der Schiene verhindern Quersprossen, die auf den Okklusalfächen aufliegen, das Abgleiten nach apikal [111]. Die Schiene wird mit einzelnen Ligaturen an den Zähnen befestigt und anschließend mit Methyl - Methacrylat verkleidet. Die Entfernung der okklusalen Quersprossen beendet das Einbringen der Schiene

[111]. Die Verbindung von Ober- und Unterkiefer erfolgt durch Gummis oder durch Draht.

Eine Modifikation der Schuchardt-Schiene bei teilbezahnten Patienten beschreiben Krüger und Rivas [94], die in den Bereichen mit Zahnlücken, Prothesensättel aus selbsthärtendem Kunststoff an die Schiene anbringen. Die Sättel können dann gegebenenfalls mittels circumferential wiring im Unterkiefer oder durch Jochbogenschlingung im Oberkiefer zusätzlich fixiert werden.

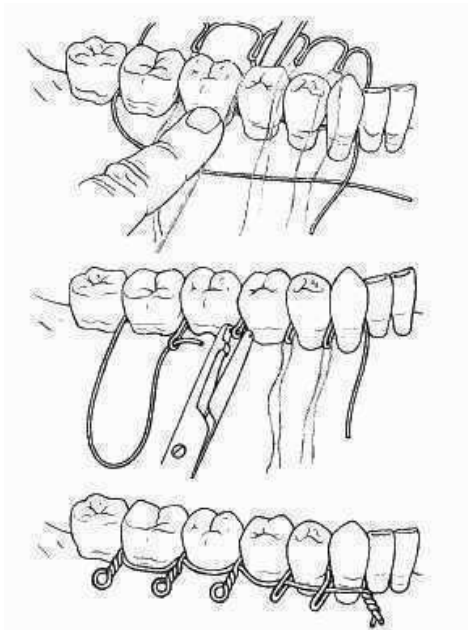


Abb.2: Drahtschienung nach Obwegeser [124: S.660]

#### Drahtschienung nach Obwegeser [124]

Bei dieser Technik werden zuerst in einen Draht mehrere Schlaufen gebogen (Abb.2). Die Schlaufen werden von palatinal durch die Approximalräume der Zähne geführt. Das bukkal liegende distale Drahtende wird durch die Schlaufen geführt und mit dem mesialen Ende verdreht. Anschließend werden die Schlaufen

zu Ösen gedreht. Die mandibulo-maxilläre Verbindung erfolgt über Draht oder Gummizüge, die an den Ösen verankert werden.

#### Sauer Schiene [135]

Auch Sauerscher Notverband genannt, ist eine einfache Drahtbogenschiene, die mit Einzelligaturen an den Zähnen befestigt wird. Modifikationen der Technik, bei der Schienen mittels Säure-Ätz-Technik an die Zähne geklebt werden, wurden von Baurmash et al. [11-13] und Booth und Collins [20] beschrieben.

#### (d) Kappenschienen [19,38,41,58,119,137,141,148]

Bei Kappenschienen können zwei Formen anhand des verwendeten Materials unterschieden werden; zum einen eine Herstellung aus Metall, zum anderen aus Kunststoff.

Die einfachste Form einer Kunststoffschiene stellt die Miniplastschiene dar [158], die aus einer Tiefziehfolie hergestellt wird. Stabilere Kappenschienen werden aus Methacrylaten hergestellt, die vorher im zahntechnischen Labor in Wachs modelliert werden. Ein Nachteil dieser Schienen ist es, dass es durch die Bedeckung der Okklusalfächen zu einer gestörten Okklusion kommen kann [153].

#### (e) Prothesenschiene (Gunning-Splint) [115,158]

Diese Form der MMF kommt bei teil- bzw. unbezahnten Patienten zum Einsatz. Als Prothesenschienen können die bereits vorhandenen eigenen Prothesen oder im Labor hergestellte geteilte Schienen [55] oder Monoblocks verwendet werden. Befestigt werden diese Schienen über perimandibuläre Drahtumschlingungen im Unterkiefer und durch Drahtaufhängungen im Oberkiefer [6]. Auch eine Stabilisierung über Schrauben, die durch den Prothesenkörper in den Knochen gedreht werden, wird beschrieben [6].

---

(f) Fixation über Brackets und Draht oder Gummis [104,113,160,164]

Diese Technik wird häufig bei Jugendlichen oder bei Patienten, die aufgrund einer geplanten Umstellungsosteotomie schon Brackets besitzen, angewandt. Bei dieser Technik werden vor der eigentlichen Operation Brackets auf den Zähnen adhäsiv befestigt, die dann intraoperativ mit Draht oder Gummis verbunden werden. Sivam und Robinson [152] beschreiben als Vorteile das schnelle und effiziente Einbringen und das Wegfallen der Anfertigung von Schienen in einem Labor. Weitere Vorteile werden von Sindet-Pedersen und Jensen [151] aufgezeigt. Sie nennen unter anderem eine Schonung bzw. bessere Verträglichkeit für die Gingiva und die Vermeidung von Drahtstichverletzungen durch den Operateur. Problematisch ist allerdings eine Extrusion der Zähne [101,128], die zu einer Okklusionsstörung führen kann.

(g) Schrauben und Häkchen-Kombination

Spinomentale Fixation [40,53,90,127,150]

Dabei werden selbstgebogene Häkchen mit Minischrauben im Oberkiefer in der Region der Spina nasalis anterior und im Unterkiefer in der Mentalisregion befestigt. Die Häkchen werden dann durch einen Gummi verbunden.

(h) Schrauben-Draht-Fixation [4,26-

31,39,63,64,75,76,80,81,85,100,120,126,138,157,162,165]

Die hier untersuchte Methode der Fixation über MMF-Schrauben wurde erstmals 1989 von Arthur und Berardo [4] beschrieben. Bei dieser erfolgt die Fixierung nicht über Schienen, sondern es werden Schrauben in den Ober- und Unterkiefer eingebracht. Zu Anfang 1989 gab es keine spezifischen Schrauben für diesen Zweck, es wurden einfach Corticalisschrauben verwendet. Heute gibt es eine ganze Reihe von spezialisierten MMF-Schrauben (siehe 1.1.3.). Durch Löcher, die an den Schraubenköpfen angebracht sind, kann eine sichere Verdrahtung der

beiden Kiefer erfolgen. Dieses Vorgehen erlaubt eine stabile Okklusionssicherung innerhalb kürzester Zeit.

Durch diese Form der MMF kann es aber zu Verletzungen der Zahnwurzeln kommen [37,54,62,77,85,88,105]. Dieses Problem wird auch bei Micro- und Miniplattenosteosynthesystemen [36,46,131,143] und bei der Anwendung von Mini- und Mikroschrauben als skelettale Verankerung in der Kieferorthopädie [16,34,104] beschrieben, wobei diese letztgenannten Schrauben, im Unterschied zur MMF mit Schrauben, länger in situ bleiben.

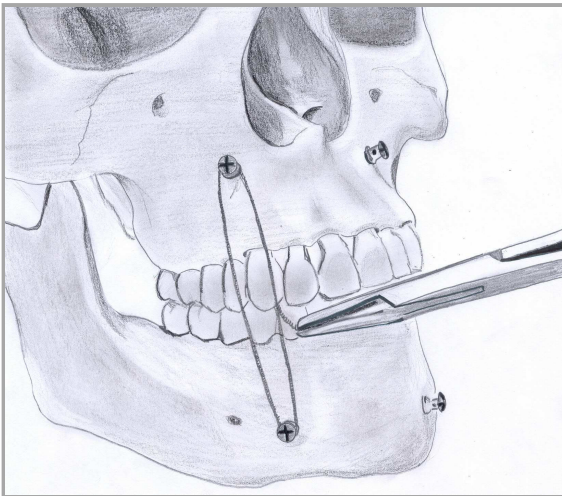









Abb.3: Beispielhafte Darstellung der mandibulo-maxillären Fixation mittels Schrauben  
(Zeichnung nach Informationsprospekt Firma Synthes, Deckblatt [155])

### 1.1.3. Spezialisierte MMF-Schrauben

Eine Übersicht über die gebräuchlichsten Spezial MMF-Schrauben Fabrikate gibt die Tabelle 1.

Fabrikat	Design						Literatur
	Gewinde- durchmesser (mm)	Gewinde- länge (mm)	Schraubendesign		self drilling	self tapping	
AO Synthes IMF-Schraube	2,0	8/12		aus [155]	ja	ja	[56,62,76,155, 166]
Modus IMF-Schraube (Medartis)	2,0	8/11/14		aus [115]	ja	ja	[114]
Surgical Technology IMF- Schraube	2,0	10/16		aus [87]	nein	ja	[37,54,75, 77,86,159]
Technovent transalveolar Schraube	2,0	8/14			nein	k.A.	[52]
OSAS Minischraube	1,6	6/8/9		aus [129]	ja	ja	[128]
L-Form Schraubenimplantate (System bei Teilbezahnten Patienten)	2,0	k.A.		aus [111]	nein	nein	[110]
Howmedica Leibinger IMF-Schraube	2,0	k.A.		aus [143]	ja	ja	[142,162]
Resorbierbare Schraube	2,0	k.A.			nein	nein	[48]
FAMI -Schraube	2,0	10		aus [110]	ja	ja	[109]

Tab.1: Übersicht MMF-Schrauben

AO= Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen; IMF= intermaxilläre Fixation; k.A.= keine Angabe; mm= Millimeter; MMF= mandibulo-maxilläre Fixation; OSAS= Orthodontic Skeletal Anchorage System; FAMI= fixation and adaptation in mandibular injuries

---

#### 1.1.4. Komplikationen durch MMF-Schrauben an Zähnen

Folgende postoperative Komplikationen durch MMF-Schrauben sind möglich:

- Hartschubstanzdefekte im Wurzelbereich durch Bohrkanäle [37,52,54,76,88,105,138]
- Fraktur der Zahnwurzel [76]
- Ankylosierung der Wurzel
- Resorption der Wurzel
- Pulpitis bis Pulpanekrose [52,105,138]
- Zahnverlust [37,54,76]
- Apikales Granulom [37,76]
- Schraubenverlust
- Periimplantäre Entzündung/ Infektion um die Schraube
- Mukosagranulation um und über dem Schraubenkopf [76,138,142]
- Interdentale Knochenresorption [37]
- Schraubenfraktur und Verbiegen der MMF-Schraube durch zu hohe intraoperative Torquekräfte [37,54,77]

Eine Übersicht über die aktuellen Studien zur mandibulo-maxillären Fixation mit Schrauben zeigt Tabelle 2.

Autoren	Größe Patientenkollektiv	Anzahl inserierter Schrauben	Anzahl Wurzelverletzungen	Komplikationen	Einzelheiten zum Nachuntersuchungsverfahren	sonstige Komplikationen	Verweildauer der MMF-Schrauben	Lokalisation
Coburn et al. 2002 [37]	122	k.A.	2	2x Defekte in der Apikalregion, 1x Zahnverlust	Auswahl von 5 Fällen (Kasuistik)	Kasuistik 3x Schraubenfraktur 1x Knochenresorption interdental	intraoperativ	k.A.
Roccia et al. 2005 [138]	62	265	9	2 Zähne Vjpr., 2x Wurzelkanalbehandlung nötig	OPT postoperativ OPT nach Schraubenentfernung: Vitalitätstest, Testung der Zahnmobilität, klinische Kontrolle mindestens für 6 Monate	13x Schraubenköpfe unter Mucosaneau, 5x vorzeitiger Schraubenverlust	2-3 Wochen	mind. 1 Schraube in jedem Quadrant
Fabroni et al. 2004 [52]	55	232	63 (klein n= 37, groß n= 26)	6 Zähne Vjpr., 1x Wurzelkanalbehandlung	54 x Mundfilme, 1x OPT Vitalitätstest; Unterteilung in kleine und große Defekte	1x Granulationsgewebsbildung nach Schraubenentfernung	5-50 Tage	k.A.
Maurer et al. 2002 [109]	28	168	0	keine	k.A.	keine	Ø 3-5 Tage, max. 14 Tage	3 pro Kiefer: 1x Symphyse, 2x Prämolaren
Gibbons u. Hodder 2003 [62]	20	k.A.	0	keine	k.A.	keine	intraoperativ	k.A.
Schneider et al. 2000 [142]	19	76	0	keine	OPT nach 4 Wochen bei den meisten, klinische Nachkontrolle mindestens 5 Monate	1x Parasthesien in der Mentalregion bds., Mukosabildung über den Schraubenköpfen (>50% der Patienten)	4 Wochen	2 Schrauben pro Kiefer zw. 3 / 4
Hoffmann et al. 2003 [76]	12	62	8	1x Wurzelfraktur Zahn wurde extrahiert, 1x WSR nach apikaler PA	OPT, Schädelaufnahme o. f. 2x Mundfilm Nachuntersuchungsintervall: 1-12 Monate	2x Granulationsgewebsbildung im Bereich der Schraubenköpfe (20 Tage postoperativ)	9 x intraoperativ 1x 10 Tage post OP 2x 20 Tage post OP	2 FZB, 2 SZB re, 2 SZB li
Farr et al. 2002 [54]	9	36	13	2 Zähne wurden extrahiert	OPT	1x Schraubenfraktur	k.A.	k.A.
Majumdar et al. 2002 [105]	1	4	3	3 Zähne Vjpr.	OPT und Mundfilme Vitalitätstest	k.A.	k.A.	2 Schrauben pro Kiefer zw. 4 / 5

Tab.2: Literaturübersicht: Aktuelle Studien zur mandibulo-maxillären Fixation mit Cortikalis-Schrauben seit 2000 (Reihenfolge nach Größe der Patientenkollektive)  
bds.= beidseits; FZB= Frontzahnbereich; k.A.= keine Angabe; MMF= mandibulo-maxilläre Fixation; o. f.= okzipito-frontal; OP= Operation;  
OPT= Orthopantomogramm; PA= Parodontitis; SZB= Seitenzahnbereich;  
vjpr= Vitalität negativ; WSR= Wurzelspitzenresektion; zw.= zwischen



---

## **1.2. Fragestellung**

Diese Arbeit untersucht die Verwendung von MMF-Schrauben in der Abteilung für MKG-Chirurgie am Bundeswehrkrankenhaus Ulm hinsichtlich folgender Fragestellungen:

Wie häufig kommt es zu radiologisch nachweisbaren Zahnwurzelläsionen nach MMF-Schraubeninsertion.

Dabei soll nach ihrem Auftreten in Ober- und Unterkiefer bzw. in Front- und Seitenzahnbereich unterschieden werden.

Anschließend wird anhand von klinischen Nachuntersuchungsergebnissen die Relevanz der radiologisch festgestellten Läsionen, d.h. der Schweregrad mit Bedeutung für die Vitalität und Lebensdauer der betroffenen Zähne ermittelt.

Zusätzlich wird auf die Reversibilität bzw. Irreversibilität der Läsionen und damit verbunden auf die pathologischen Folgen für die betroffenen Zähne eingegangen.

Abschließende Überlegungen beziehen sich auf die irreversiblen Läsionstypen, da diese in ihrer Häufigkeit eine Methode als vertretbar bzw. als inadäquat einstufen.

Zum Erhalt dieser Daten waren zwei Untersuchungsschritte nötig:

Der erste Schritt bestand in einer retrospektiven Auswertung von Krankenakten zur Erfassung des Vorkommens von Wurzelläsionen. Die Wurzelläsionen wurden röntgenologisch anhand der im Behandlungsverlauf erstellten Panoramaschichtaufnahmen bestimmt.

In der zweiten Phase wurde bei Patienten, bei denen eine relevante Wurzelverletzung diagnostiziert werden konnte, eine Nachuntersuchung durchgeführt. Die Nachuntersuchung beinhaltete eine klinische Kontrolle der Patienten und eine erneute Anfertigung einer Panoramaschichtaufnahme.

---

## **2. Material und Methodik**

### **2.1. Patienten**

In der Dokumentation der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Bundeswehrkrankenhauses in Ulm konnten 102 Patienten ermittelt werden, bei denen im Zeitraum vom Juli 2002 bis Januar 2005 MMF-Schrauben in Kombination mit Drahtschlingen zur Ruhigstellung des Unterkiefers angewandt wurden. Die Krankenakten dieser Patienten wurden ausgewertet.

Bei diesen 102 Patienten wurden insgesamt 489 MMF-Schrauben inseriert. Davon wurden 253 Schrauben in den Oberkiefer (124 im Frontzahnbereich und 129 im Seitenzahnbereich) und 236 Schrauben in den Unterkiefer (98 im Frontzahnbereich und 138 im Seitenzahnbereich) eingebracht.

Von jedem Patienten lag ein postoperatives OPT vor, auf dem die Anzahl und Position der Schrauben bzw. die durch die Schrauben entstandenen Defekte beurteilt werden konnten.

Die Anzahl der eingebrachten Schrauben variierte von zwei bis zu zehn pro Patient.

Das Patientenkollektiv bestand aus 81 Männern und 21 Frauen (siehe Abb.4). Das Durchschnittsalter lag bei 30,4 Jahren. Der jüngste Patient war sechs Jahre alt, der älteste siebenzig Jahre.

## Geschlechterverteilung

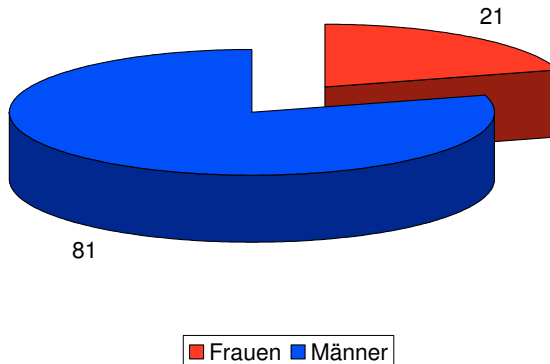


Abb.4: Geschlechterverteilung der 102 mit mandibulo-maxillären-Schrauben versorgten Patienten

Die MMF-Schrauben kamen bei verschiedenen Frakturtypen und Umstellungsosteotomien zum Einsatz (siehe Tab.3). Bei 48 Patienten wurden die MMF-Schrauben nur für die Dauer der Operation zur Okklusionseinstellung und -sicherung eingebracht und bei den anderen 54 Patienten wurden die Schrauben zur Ruhigstellung auch noch postoperativ belassen. Die postoperative MMF-Dauer reichte von vier Tagen bis zu sechs Wochen.

Bei zwei Patienten wurde die MMF nur zur konservativen nicht chirurgischen Behandlung angebracht. Im ersten Fall wurde eine beidseitige Kiefergelenkfortsatzfraktur im Collumbereich über 14 Tage mit einer MMF versorgt, im zweiten Fall handelte es sich um eine Ruhigstellung über 6 Wochen, die protektiv bei einer großvolumigen Zyste im Unterkiefer durchgeführt wurde.

Indikationen	Patientenanzahl
Kieferwinkel- / Corpus- / Paramedian- / Medianfrakturen	40
Kiefergelenkfrakturen	18
Kombination aus: Kiefergelenkfraktur und Kieferwinkel- / Paramedian- / Medianfraktur	31
Mittelgesichtsfrakturen	3
Kombination aus: Mittelgesichtsfraktur und Unterkieferfraktur	2
Frakturprophylaxe bei Zysten	1
Dysgnathien - Umstellungsosteotomie	7

Tab.3: Indikationen der mandibulo-maxillären Fixation bei den 102 Patienten im Bundeswehrkrankenhaus Ulm

---

## **2.2. Operatives Vorgehen - Insertion der MMF-Schrauben**

### **2.2.1. Notwendige Instrumente für die MMF**

- Spezialisierte MMF-Schrauben (Abb.5)

Die MMF-Schrauben bestanden aus Edelstahl mit einer selbstschneidenden Spitze. Dadurch war ein Vorbohren nicht erforderlich. Es wurden ausschließlich Schrauben des AO-Systems der Firma Synthes verwendet. Der Innendurchmesser dieser MMF-Schraube liegt bei 1,35 mm, der Außendurchmesser, d.h. einschließlich des Gewindes, beträgt 2,0 mm. Der Schraubenkopf ist im Durchmesser 3,95 mm breit, und die Schraube weist eine Gewindehöhe von 0,75 mm auf. Die Schraube ist mit einer Gewindelänge von 8 und 12 mm erhältlich. Zur Aufnahme des Drahtes sind Bohrungen am Schraubenkopf angebracht, dadurch kann der Draht während des Einbringens bzw. über die Dauer der MMF nicht verrutschen.

- Draht

Zur starren intermaxillären Fixation wird Ligaturendraht aus Stahl mit einem Durchmesser von 0,6 mm und einer Ausgangslänge von 175 mm verwendet.

- Schraubendreher (Abb.5)

Zum leichteren Einbringen der MMF-Schrauben wird ein Schraubendreher mit einer Haltehülse verwendet. Durch die Haltevorrichtung kann man die Schraube leicht aus dem Instrumentenkasten entnehmen und ohne die Schraube zu verlieren in den Knochen eindrehen.

- Drahtdreher (Abb.5)

Der Drahtdreher wird zum Verdrillen und zum späteren Abbiegen des Cerclagedrahtes verwendet.

- Drahtschneideschere (Abb.5)

Zum Abschneiden der Drahtenden wird eine gerade Drahtschere verwendet.



Abb.5: Instrumentarium für die mandibulo-maxilläre Fixation (aus Informationsprospekt Firma Synthes S.8-9 [155]) MMF= mandibulo-maxilläre Fixation

### 2.2.2. Operationsablauf

Zuerst wird anhand der Panoramaschichtaufnahme die bestmögliche Position der MMF-Schrauben bestimmt. Verbindliche Standardpositionen (zwischen dem Eckzahn und dem ersten Prämolare), wie in der Literatur [62,63,64,75,138,142,157], sind nicht festgelegt, sondern erfolgen in Anpassung an die individuelle Situation. Je nach Frakturkonstellation oder Dysgnathieeingriff werden zwischen zwei und zehn Schrauben eingebracht. Diese können bei konservativer Behandlung direkt durch die Mukosa eingebracht werden. Da diese Schrauben eine selbstschneidende Spitze besitzen entfällt das Vorbohren. Mit einem Schraubendreher werden die Schrauben, wenn möglich unterhalb der Wurzelspitzen oder zwischen den Zahnwurzeln eingedreht. Im Unterkiefer muss besonders auf den Nervus alveolaris inferior geachtet werden, auch die Nervenaustrittspunkte stellen eine Gefahrenzone dar. Ein weiteres

Gefahrenmoment geht von den langen Wurzeln des Eckzahnes aus. Bei Kindern muss auf das Vorhandensein von Zahnkeimen geachtet werden, da diese leicht von Schrauben geschädigt werden können. Spürt man beim Einbringen der Schrauben einen Widerstand, handelt es sich in der Regel um eine Zahnwurzel, die von der Schraube tangiert wird, deshalb muss dann das weitere Eindrehen gestoppt werden [37,54,62]. Key und Gibbons fordern bei einem Widerstand, der während der Insertion auftritt, das spätere Schraubenloch zu überprüfen [88]. Zur intermaxillären Fixierung wird Ligaturendraht in die dafür vorgesehenen Löcher am Schraubenkopf geführt. Vor dem Festziehen der Drahtligaturen wird die Okklusion eingestellt. Hierfür werden die Zahnreihen von Ober- und Unterkiefer in Vielpunktkontakt gebracht. Die freien Enden des Drahtes werden in den Drahtdreher eingeklemmt und miteinander verdreht. Um den Kiefer in Okklusion zu halten werden die Drähte straff angezogen, dadurch entsteht eine ausreichende Spannung. Damit eine spätere Gewebeirritation ausgeschlossen bzw. eine Verletzung des Operateurs vermieden werden kann, werden die Drahtenden mit einer Schere abgeschnitten und nach oben gebogen. Zur dreidimensionalen Stabilisierung in Okklusion kann es nötig sein zusätzlich zur vertikalen Fixierung auch eine Verdrahtung über Kreuz durchzuführen. Nach der Reposition muss eine okklusale und interfragmentäre Passgenauigkeit gegeben sein.

Bei einer konservativen Versorgung bzw. bei einer postoperativen Belassung der MMF, muss die Spannung der Drähte regelmäßig überprüft werden, weil es durch die Zugkräfte immer wieder zu einer Lockerung des Drahtes kommen kann. Nach der Operation oder nach der Retentionsphase werden Drähte und Schrauben wieder entfernt. Dies kann mit oder ohne Lokalanästhesie erfolgen [62,109].

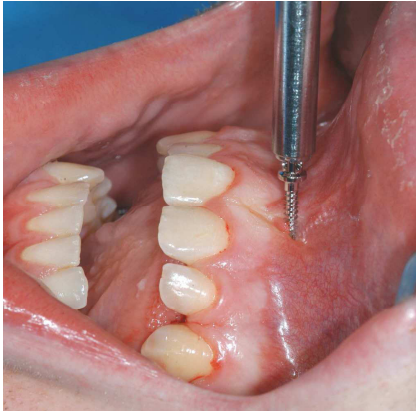


Abb.6: Beginn: Transmuköse Insertion einer mandibulo-maxillären Fixations - Schraube oberhalb der mittleren Oberkiefer-Schneidezähne (Lateralansicht)



Abb.7: Komplett eingebrachte Schraube, der untere Schraubenteller befindet sich auf dem Niveau der Mukosa (Lateralansicht)



Abb.8: Komplett eingebrachte Schraube, der untere Schraubenteller befindet sich auf dem Niveau der Mukosa (Frontalansicht)

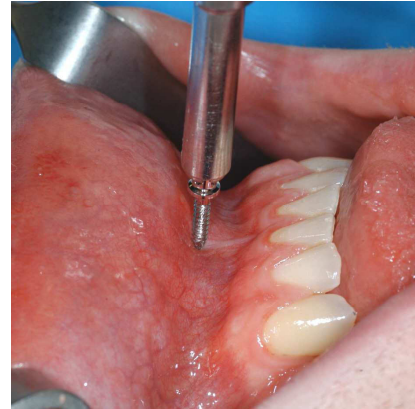


Abb.9: Transmuköse Insertion einer mandibulo-maxillären Fixations - Schraube unterhalb der mittleren Unterkiefer-Schneidezähne (Lateralansicht)



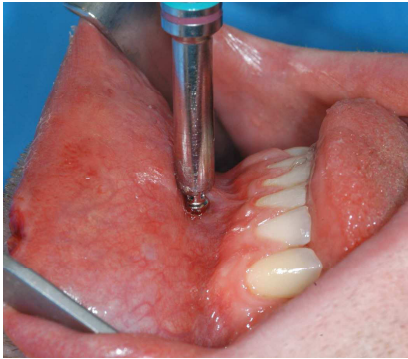


Abb.10: Komplette eingebrachte Schraube, der untere Schraubenteller befindet sich auf dem Niveau der Mukosa (Lateralansicht)

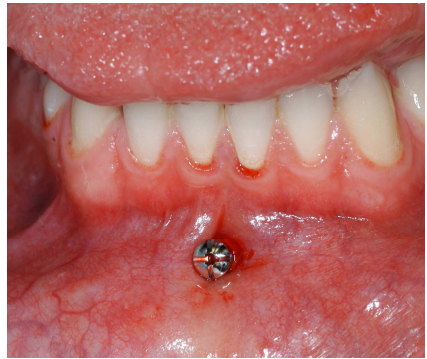


Abb.11: Komplette eingebrachte Schraube, der untere Schraubenteller befindet sich auf dem Niveau der Mukosa (Frontalansicht)

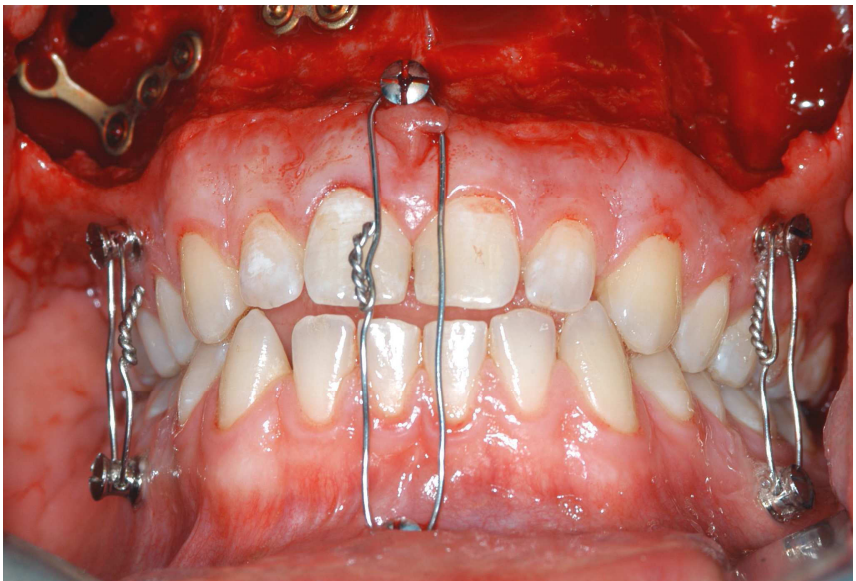


Abb.12: Intermaxilläre Fixation über insgesamt 6 mandibulo-maxilläre Fixations-Schrauben und vertikale Drahtligaturen im Rahmen der Versorgung einer Le Fort I Fraktur; Beachte: frontal offener Biß (Frontalansicht)

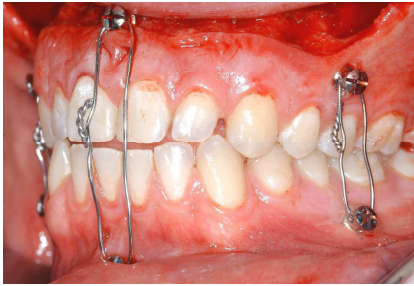


Abb.13: Intermaxilläre Fixation über insgesamt 6 mandibulo-maxilläre Fixations - Schrauben und vertikale Drahtligaturen im Rahmen der Versorgung einer Le Fort I Fraktur (Ansicht von links)

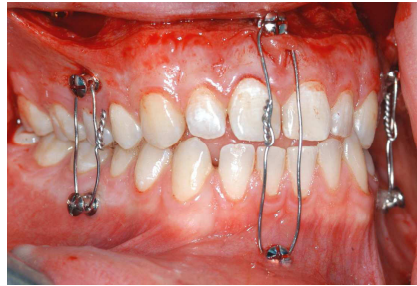


Abb.14: Intermaxilläre Fixation über insgesamt 6 mandibulo-maxilläre Fixations - Schrauben und vertikale Drahtligaturen im Rahmen der Versorgung einer Le Fort I Fraktur (Ansicht von rechts)

### **2.3. Teil 1: Retrospektive Datenerhebung - Auswertung der Krankenakten und Röntgenbilder**

Bei den Patienten, bei denen MMF-Schrauben inseriert wurden, wurden die Operationsberichte, Patientenakten und die OPTs gesichtet und die Daten dokumentiert (Tab.4). Der Patientennamen, die Diagnose, das OP-Datum, die Dauer der MMF und die Schraubenanzahl wurden erfasst. Mit der Dauer der MMF ist die Zeitspanne gemeint, in der die MMF-Schrauben in situ waren, unabhängig davon, wie lange eine starre oder elastische intermaxilläre Fixation angebracht war. Des Weiteren wurde die Position der Schrauben bestimmt, hierbei wurde eine Einteilung nach Ober- und Unterkiefer und in Frontzahn- und Seitenzahnbereich gewählt. Der Frontzahnbereich erstreckte sich von Eckzahn zu Eckzahn, der Seitenzahnbereich umfasste die Prämolaren- und Molarenregion. Bei der Vertikalposition der MMF-Schrauben oder der röntgenologisch sichtbaren Löcher wurde zwischen vier verschiedenen Positionen unterschieden:

1. oberes Wurzeldrittel,
2. mittleres Wurzeldrittel,
3. unteres Wurzeldrittel und
4. unterhalb der Wurzelspitze.

Der präoperative Befund wurde anhand des Ausgangsröntgenbildes, das bei jeder Operation standardmäßig vorlag, bestimmt. Dazu wurden röntgenologisch

---

sichtbare Restaurationen, Frakturen, das Vorhandensein und die Qualität von Wurzelkanalbehandlungen, vorhandene apikale Veränderungen und das Vorliegen und das Ausmaß eines Knochenabbaus erfasst und der Verlauf des Mandibularkanals beurteilt.

Das Ausmaß der Wurzelschädigung wurde anhand eines oder mehrerer postoperativer Röntgenbilder bestimmt, die meist innerhalb der ersten 14 Tage nach der Operation oder spätestens nach Entfernung der MMF-Schrauben erstellt wurden.

Patient (Name)	Diagnose	OP-Datum	MMF-Dauer	Anzahl der MMF-Schrauben	Positionen der MMF-Schrauben				Vertikal- position Schraube	Präoperativer Befund			Post- operativer Röntgen- Befund
					OK	SZB	FZB	UK		Restauration	Endo	PA	
					FZB	SZB	FZB	UK	1,2,3,4				Ausmaß der Wurzel- schädigung Grad (0,1,2,3)

Tab.4: Erfassungsbogen für die postoperativen Ergebnisse  
Erläuterungen im Text: OP=Operation, MMF=mandibulo-maxilläre Fixation, OK=Oberkiefer, UK=Unterkiefer,  
FZB=Frontzahnbereich, SZB=Seitenzahnbereich, Endo=Wurzelkanalbehandelter Zahn,  
PA=Parodontale Vorschädigung

Die Einteilung der Zahnwurzelläsionen wurde in drei bzw. vier Grade vorgenommen, die sich je nach vorhandenem OPT (mit oder ohne MMF-Schrauben) wie folgt darstellte (siehe auch Abb.15):

Grad 0	Keine Schädigung
Grad 1	Weniger als die Hälfte des Bohrkanals nach Schraubenentfernung bzw. des Schraubendurchmessers projiziert sich auf die Zahnwurzel
Grad 2	Hälfte/ mehr als die Hälfte des Bohrkanals nach der Schraubenentfernung bzw. des Schraubendurchmessers projiziert sich auf die Zahnwurzel
Grad 3	Bohrkanal nach Schraubenentfernung bzw. Schraube projiziert sich komplett auf die Zahnwurzel

Tab.5: Gradeinteilung der Zahnwurzelläsionen

Grad 3 muss nicht automatisch eine Beteiligung der Pulpa bedeuten (siehe Abb.16). Der Treffer kann lateral am Pulpensystem vorbeigehen oder es in der Tiefe nicht erreichen.

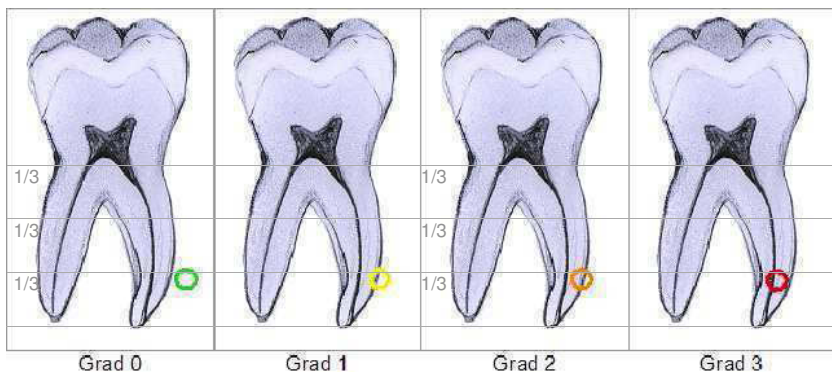


Abb.15: Gradeinteilung der Wurzelschädigung und Einteilung der Wurzeldrittel

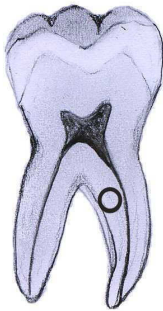


Abb.16: Beispiel für einen Treffer Grad 3 ohne Pulpabeteiligung (parapulpäre Läsion)

Abbildung 17 zeigt ein OPT mit drei inserierten MMF-Schrauben zur konservativen Behandlung einer Kiefergelenksfortsatzfraktur. Nach einer Insertionsdauer von 12 Tagen wurden die Schrauben entfernt. Abbildung 18 ist der Ausschnitt des nach Schraubenentfernung erstellten OPTs. Auf diesem Bild erkennt man die durch die Schrauben verursachten Defekte. Es ergab sich für den Zahn 12 eine Schädigung Grad 3 und für den Zahn 31 eine Schädigung Grad 1, beide im apikalen Wurzeldrittel gelegen.

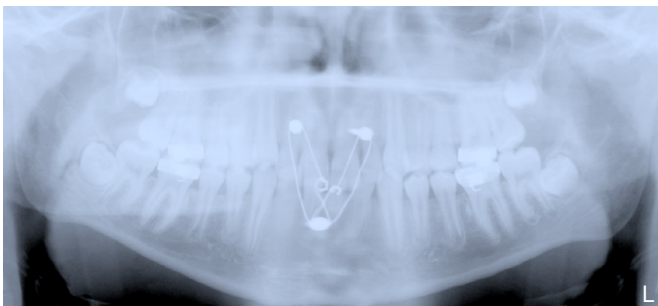


Abb.17: Orthopantomogramm eines Patienten mit inserierten mandibulo-maxillären-Schrauben zur Behandlung einer Kiefergelenksfortsatzfraktur links über die Dauer von 12 Tagen

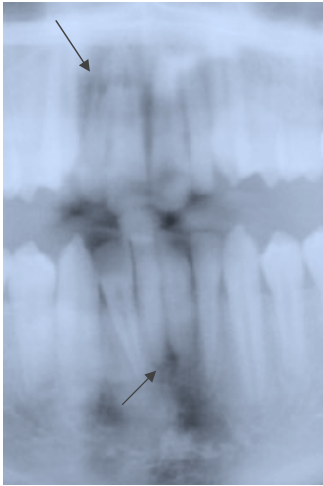


Abb.18: Ausschnitt eines Orthopantomogramms mit durch Schrauben verursachten Defekten (Pfeile); gleicher Patient, wie in Abb.17; OPT direkt nach der Entfernung der MMF-Schrauben

---

## **2.4. Teil 2: Klinische und röntgenologische Nachuntersuchung**

Alle 49 Patienten, bei denen eine Wurzelläsion auf dem Röntgenbild ersichtlich war, sollten nachuntersucht werden. 14 Patienten waren entweder nicht bereit an der Studie teilzunehmen oder es war nicht mehr möglich Kontakt zu ihnen aufzunehmen. Somit konnten 35 Patienten nachuntersucht werden.

Das kürzeste Nachuntersuchungsintervall lag bei 1 ½ Monaten, das längste bei 29 Monaten. Durchschnittlich bestand ein Intervall von 11,8 Monaten.

Für jeden Patienten wurde ein Datenerfassungsbogen angelegt.

Die Nachuntersuchung bestand aus:

- Zahnstatus
- Sensibilitätsprüfung mit CO<sub>2</sub>-Spray
- Perkussionsprüfung
- Lockerungsgrad
- Sondierungstiefen
- Röntgenkontrolle (OPT)

Im Einzelnen:

- Zahnstatus

Bei der klinischen Untersuchung wurde ein Zahnstatus erhoben. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf zwischenzeitlich seit der Erstbehandlung fehlende Zähne gelegt, da diese eventuell infolge einer Schädigung durch die Insertion der MMF-Schrauben verloren gegangen sein konnten.

- Sensibilitätsprüfung

Die Sensibilitätsprüfung wurde zur Minimierung eines falsch positiven Ergebnisses sowohl am geschädigten Zahn, als auch an den Nachbarzähnen durchgeführt. Zur Prüfung der Vitalität wurde CO<sub>2</sub>-Spray verwendet. Eine positive Sensibilitätsprüfung wird bewertet als Zeichen, dass bei diesem Zahn keine Pulpaschädigung vorliegt oder dass eine vorbestehende Schädigung bzw. Irritation ausgeheilt ist.



- Perkussionsprüfung

Auch beim Perkussionstest wurden die Nachbarzähne mitgetestet. Ein positiver Perkussionstest ist als Hinweis auf ein apikales Geschehen zu werten.

- Lockerungsgrade

Die Lockerung der Zähne wurde in die üblichen Grade eingeteilt:

Lockerungsgrad 0: keine Lockerung vorhanden

Lockerungsgrad I: Zahnlockerung fühlbar

Lockerungsgrad II: Zahnlockerung sichtbar

Lockerungsgrad III: Zahn durch Zungendruck beweglich

- Sondierungstiefen

Die Tiefe der parodontalen Taschen wurde mit einer PA-Sonde in Millimeter an sechs Stellen (mesio-bukkal, bukkal, disto-bukkal, disto-oral, oral, mesio-oral) pro Zahn gemessen.

- Röntgenkontrolle

Es wurde ein OPT erstellt, auf dem die Veränderungen der durch die Schrauben verursachten Defekte beurteilt werden konnten. Insbesondere wurde nach entzündlichen Prozessen (apikale Aufhellung, erweiterter Parodontalspalt) gesucht und der horizontale Knochenverlauf im Vergleich zum postoperativen OPT verglichen.

## **2.5. Gruppeneinteilung**

Da die Anzahl der eingebrachten Schrauben von zwei bis zehn variierte und die Schraubenlokalisationen sich stark unterschieden, wurden die Patienten in drei Gruppen eingeteilt. In der Gruppe A wurden die Patienten zusammengefasst, bei denen 2 - 4 MMF-Schrauben inseriert wurden. In dieser Gruppe wurden die Schrauben hauptsächlich im Frontzahngebiet eingebracht. Gruppe B bildeten die Patienten, bei denen die Schrauben überwiegend im Seitenzahngebiet inseriert wurden, die Schraubenanzahl lag bei 5 - 7 MMF-Schrauben je Patient. In der Gruppe C wurden die Patienten zusammengefasst, bei denen 8 - 10 MMF-Schrauben eingebracht wurden, diese wurden sowohl im Frontzahn- als auch im Seitenzahngebiet gesetzt.

In der Mehrheit der Literaturangaben werden standardmäßig vier Schrauben, zwei in den Oberkiefer und zwei Schrauben in den Unterkiefer, eingebracht [62,63,64,75,105,138,142,157]. Bei Hoffmann et al. [76] und bei Win et al. [165] werden 6 MMF-Schrauben inseriert; zwei Schrauben im Bereich der Frontzähne und 4 Schrauben im Bereich der Seitenzähne.

Gruppe	Anzahl der eingebrachten MMF-Schrauben pro Patient	Anzahl der Patienten pro Gruppe
A	2 - 4	41
B	5 - 7	53
C	8 - 10	8

Tab.6: Gruppeneinteilung

MMF= mandibulo-maxilläre Fixation

---

## **2.6. Statistische Auswertungen**

Zunächst wurden die Wurzelschädigungen nach ihrem Schweregrad bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv untersucht.

Dann wurde die Trefferhäufigkeit im Bereich der einzelnen Wurzelregionen aufgezeigt. Sie wurde graphisch durch einzelne Punkte auf einem stilisierten OPT dargestellt.

Als nächstes wurde in den Gruppen A, B und C die Anzahl der Wurzelschädigungen pro Gradeinteilung ausgewertet. Hierbei handelte es sich um eine beschreibende Statistik. Zur Auswertung wurde eine probatorische Gruppeneinteilung nach der Anzahl der pro Patient verwendeten MMF-Schrauben gewählt. Für die Darstellung der Läsion wurde eine Ordinalskala verwendet. Die bei der Nachuntersuchung ermittelten Daten wurden tabellarisch nach Vorhandensein bzw. Rückgang der einzelnen Defekte, nach Vitalität und Perkussion der Zähne erfasst und ausgewertet.

Die direkten Treffer der Pulpa wurden gesondert behandelt.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Teil 1: Retrospektive Auswertung der Patientenakten und Röntgenbilder**

##### **3.1.1. Ergebnisse im gesamten Patientenkollektiv**

Bei 102 Patienten wurden insgesamt 489 MMF-Schrauben in unterschiedlicher Anzahl pro Einzelfall eingebracht.

Nach der Insertion von 408 (83%) dieser Schrauben konnte keinerlei Verletzung einer Zahnwurzel (Grad 0) festgestellt werden (Abb. 20).

Bei 47 (46%) der 102 Patienten kam es durch die Insertion der MMF-Schrauben zu radiologisch nachweisbaren Wurzelläsionen (Abb. 19). Insgesamt lagen 81 (entspricht 17% aller Schrauben) durch MMF-Schrauben verursachte Wurzelläsionen vor.

Im Oberkiefer wurden insgesamt 253 MMF-Schrauben inseriert, davon 124 im Frontzahnggebiet und 129 im Seitenzahnggebiet. Dabei kam es in 14,2% (36 Wurzelläsionen) zu Wurzelschädigungen.

Im Unterkiefer traten nach der Insertion von insgesamt 236 MMF-Schrauben, davon 98 im Frontzahnggebiet und 138 im Seitenzahnggebiet, in 19,1% (45 Wurzelläsionen) Wurzelschädigungen auf.

Ein nennenswerter Seitenunterschied zwischen rechts und links war nicht zu erkennen. Im I. und IV. Quadranten waren 44 Läsionen, im II und III Quadranten 37 Läsionen aufzufinden (Tab.7).

Zahnwurzelläsionen durch MMF-Schrauben			
rechts		links	
gesamt		gesamt	
44	I. Quadrant	37	II. Quadrant
	18		18
	IV. Quadrant		III. Quadrant
	26		19

Tab.7: Zahnwurzelläsionen durch MMF-Schrauben nach Seiten und Quadranten unterschieden;  
Gesamtläsionenzahl n= 81  
MMF= manibulo-maxilläre Fixation

Im Einzelnen waren dabei folgende Schädigungsgrade festzustellen (siehe Abb.20):

1. 42 Schrauben mit Grad 1
2. 19 Schrauben mit Grad 2
3. 20 Schrauben mit Grad 3

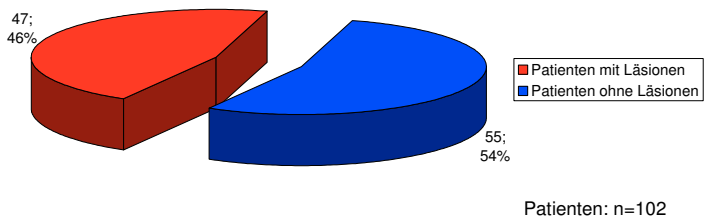


Abb.19: Anzahl und prozentualer Anteil der Patienten mit radiologisch nachweisbaren Zahnwurzelläsionen im Gesamtkollektiv

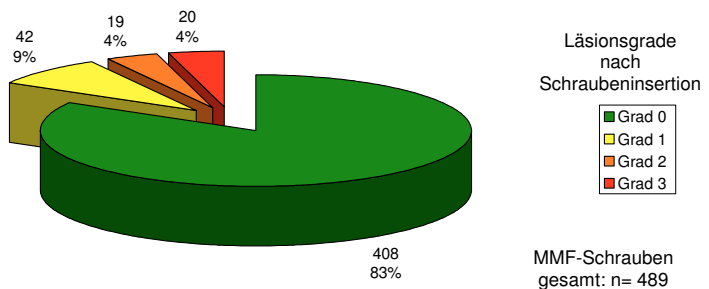


Abb.20: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben. Absolutzahl und Prozentangaben; MMF= mandibulo-maxilläre Fixation

Von den insgesamt 81 durch MMF-Schrauben verursachten Wurzelläsionen waren 36 im Bereich der Inzisiven des Oberkiefers ( $n=18_{OK}$ ) und Unterkiefers ( $n=18_{UK}$ ) lokalisiert (Tab.8). Mit einem Prozentsatz von 44,4% lag damit der größte Anteil der Wurzelläsionen in diesen Zahnregionen. Bei den 18 Läsionen der Schneidezähne im Oberkiefer handelte es sich um 11 Grad 1, 5 Grad 2 und 2 Grad 3 Läsionen.

Die insgesamt 18 Läsionen der Schneidezähne im Unterkiefer wiesen 15 Grad 1, 1 Grad 2, 2 Grad 3 Läsionen auf.

Die Eckzähne hatten 4 Treffer (4,9%) im Oberkiefer (Läsionsgrad 1:  $n=3$ ; Läsionsgrad 3:  $n=1$ ) und 5 Treffer (6,2%) im Unterkiefer (Läsionsgrad 1:  $n=2$ ; Läsionsgrad 2:  $n=2$ ; Läsionsgrad 3:  $n=1$ ).

Wurzelläsionen nach Treffern durch MMF-Schrauben im Bereich der Prämolaren überwogen mit 13 (16,0%) im Oberkiefer gegenüber 8 (9,8%) im Unterkiefer. Bei den Oberkiefer-Prämolaren war die Verteilung bezüglich der Schädigungsgrade wie folgt: Grad 1  $n=2$ , Grad 2  $n=6$ , Grad 3  $n=5$ . Im Unterkiefer fanden sich Grad 1  $n=2$ , Grad 2  $n=2$  und Grad 3  $n=4$ .

In der Molarenregion war im Oberkiefer nur eine Läsion einer Zahnwurzel (Zahn 17 mit Grad 3) eines zweiten Molaren zu verzeichnen. Im Unterkiefer waren mit Ausnahme der mesialen Wurzel eines zweiten Molaren (47 mit Grad 3) nur die Wurzeln der ersten Molaren geschädigt: Zahn 36 Läsionen vom Grad 1  $n=4$  und Läsion vom Grad 3  $n=1$ ; Zahn 46 mit jeweils 3 Läsionen der Grade 1, 2 und 2 Läsionen vom Grad 3.

Abbildung 21 veranschaulicht die Anzahl, die Verteilung und den Schweregrad der einzelnen Zahnwurzelläsionen. Zusätzlich zeigt die Graphik die absolute Menge der Schrauben, die in den Zahnregionen inseriert wurden.

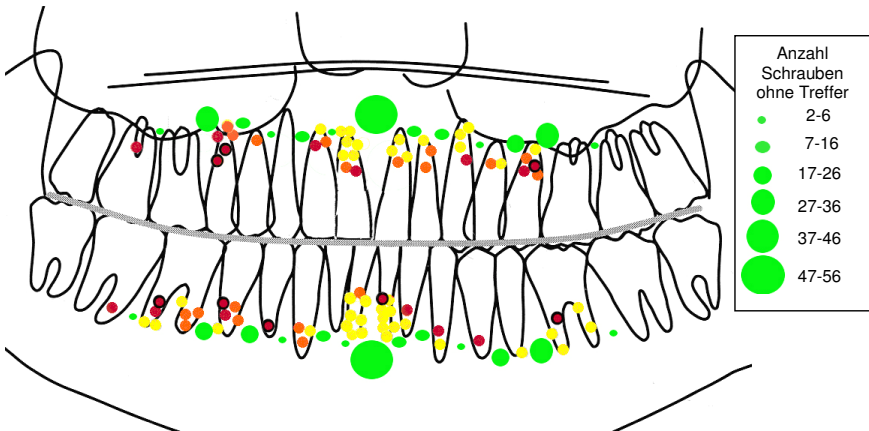


Abb.21: Verteilung der Treffer durch MMF-Schrauben (Grad 1-3) in den Wurzelregionen des Gesamtkollektivs (jeder Punkt entspricht einem Treffer, gibt aber nicht die genaue Vertikal- und Horizontalposition einzelner Treffer wieder); gelb: Grad 1; orange: Grad 2; rot: Grad 3; schwarze Umrandung: Pulpentreffer; die grünen Kreise geben die Menge der Schrauben ohne Treffer in den Interdentalregionen wieder

Die topographische Lage und Verteilung der Läsionen im apikalen, mittleren und koronalen Wurzel Drittel der Einzelzahnregionen von Ober- und Unterkiefer gibt Tabelle 8 wieder. Danach fand sich mit einer Anzahl von 56 Läsionen eine Häufung im apikalen Wurzel Drittel (Oberkiefer n=26, Unterkiefer n=30).

Im Unterkiefer konzentrierten sich die Läsionen im apikalen Wurzel Drittel auf die Zahnregionen 31, 41 und 46 mit 20 von 30 Treffern insgesamt.

Im Oberkiefer waren die Läsionen im apikalen Drittel gleichmäßiger über die Front-, Eckzahn- und Prämolarenregion verteilt.

Im mittleren Wurzel Drittel lagen insgesamt 23 Läsionen nach der MMF-Schraubeninsertion vor (Oberkiefer n=8, Unterkiefer n=15). Die Unterkiefer Prämolaren- und Molarenregion waren dabei bevorzugt. Eine weitere Häufung im mittleren Wurzel Drittel wies Zahn 11 mit 4 Läsionen von insgesamt 8 Läsionen im Oberkiefer auf.

Im koronalen Wurzel Drittel waren lediglich 2 Läsionen im Schneidezahn- und Prämolarenbereich zu erkennen.

	Lokalisation der Wurzelläsion		Läsionen gesamt	Zahn													
				17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
OK	Wurzel- drittel	koronales	2							1					1		
		mittleres	8	1		1			4	1			1				
		apikales	26			4	1		3	3	3	3	4	1	4		
UK	Wurzel- drittel	koronales	0														
		mittleres	15		2	3	1	1		1	1		1	1	1	3	
		apikales	30	1	6	2		2		7	7	2	1			2	
	Lokalisation der Wurzelläsion	Läsionen gesamt	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	
			Zahn														

Tab.8: Topographische Verteilung der durch MMF-Schrauben verursachten Läsionen im apikalen, mittleren und koronalen Wurzel Drittel der Ober- und Unterkiefereinzelzahnregionen; Gesamtzahl der Läsionen n=81

OK= Oberkiefer; UK= Unterkiefer



---

### 3.1.2. Ergebnisse in den Patientengruppen

#### 3.1.2.1. Gruppe A

Die Gruppe A umfasst 41 Patienten. Bei diesen wurden insgesamt 116 MMF-Schrauben eingebracht. Davon wurden im Oberkiefer 62 Schrauben und im Unterkiefer 54 inseriert. Die röntgenologisch erkennbaren Wurzelschädigungen durch diese MMF-Schrauben wurden entsprechend Tab.5 in vier Grade eingeteilt.

Von insgesamt 62 im Oberkiefer inserierten MMF-Schrauben wurde die Mehrzahl (n=54) im Frontzahnbereich eingedreht. Auf den Oberkiefer Seitenzahnbereich entfielen nur 8 MMF-Schrauben.

Im Unterkiefer wurden die meisten Schrauben im Frontzahnbereich (FZB n=41 zu SZB n=13) gesetzt.

Bei 82 (70,7%) Schrauben (44 Schrauben im Oberkiefer und 38 im Unterkiefer) konnte keine Wurzelschädigung (Grad 0) nachgewiesen werden. Bei 21 (18,1%) Schrauben (10 Schrauben im Oberkiefer und 11 im Unterkiefer) war eine Wurzelschädigung Grad 1 vorhanden. Eine Schädigung vom Grad 2 lag bei 8 (6,9%) Schrauben (5 Schrauben im Oberkiefer und 3 im Unterkiefer), eine Schädigung vom Grad 3 bei 5 (4,3%) Schrauben (3 im Oberkiefer und 2 im Unterkiefer) vor (siehe Abb.22).

In Gruppe A war nur bei einem Zahn (Zahn 44) eine Grad 3 Wurzelläsion mit eindeutigem Treffer der Pulpa vorhanden.

In Tabelle 9 werden die Läsionsgrade nach der Verteilung der Schrauben im Ober- und Unterkiefer sowie in Frontzahn- und Seitenzahnbereich aufgelistet.

In Gruppe A lag bei 22 der 41 Patienten eine Wurzelschädigung vor. Davon lag bei 14 Patienten bei einem einzelnen Zahn eine Wurzelläsion vor. Bei fünf Patienten waren zwei, bei zwei Patienten waren drei und bei einem Patient waren an vier Zähnen Wurzelläsionen röntgenologisch erkennbar.

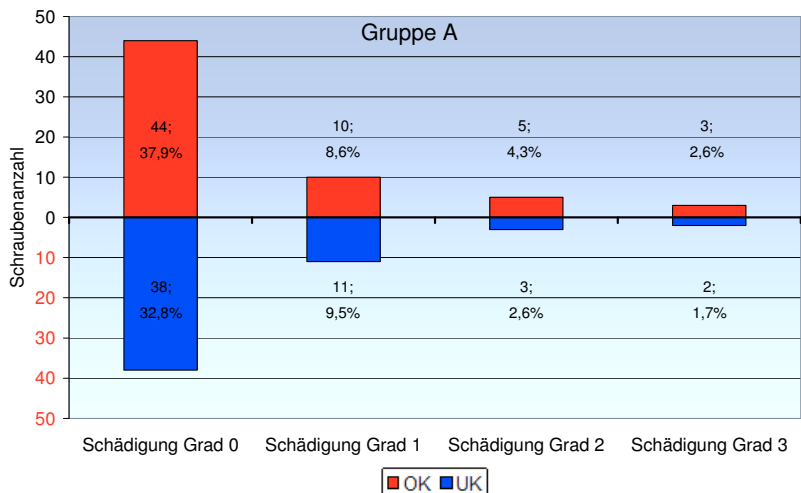


Abb.22: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben in Gruppe A. Anzahl der Schrauben pro Schädigungsgrad in Absolutwerten und Prozentzahlen.  
Schraubenanzahl Gruppe A: gesamt n=116, OK (Oberkiefer) n=62, UK (Unterkiefer) n=54

OK	FZB	38	32,8%	8	6,9%	5	4,3%	3	2,6%
	SZB	6	5,2%	2	1,7%	0	0,0%	0	0,0%
Schädigungsgrad		0		1		2		3	
UK	FZB	28	24,1%	10	8,6%	2	1,7%	1	0,9%
	SZB	10	8,6%	1	0,9%	1	0,9%	1	0,9%

Tab.9: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben nach Lokalisation in Front- und Seitenzahngebiet von Ober- und Unterkiefer in Gruppe A (n=116)  
OK gesamt n=62, OK FZB n=54, OK SZB n=8  
UK gesamt n=54, UK FZB n=41; UK SZB n= 13  
OK= Oberkiefer; UK= Unterkiefer; FZB= Frontzahnbereich;  
SZB= Seitenzahnbereich;

---

### 3.1.2.2. Gruppe B

Zur Gruppe B gehören 53 Patienten. Insgesamt wurden in dieser Gruppe 305 Schrauben eingedreht, davon 157 Schrauben in den Oberkiefer und 148 in den Unterkiefer.

Im Oberkiefer wurden 99 Schrauben im Seitenzahnbereich und 58 Schrauben im Frontzahnbereich eingebracht. Auch im Unterkiefer wurden mit 103 mehr Schrauben im Seitenzahnbereich als mit 45 Schrauben im Frontzahnbereich eingebracht.

Nach der Insertion von 258 (84,6%) Schrauben (139 im Oberkiefer und 119 im Unterkiefer) lag keine Schädigung (Grad 0) vor. Bei 21 (6,9%) Schrauben (sechs im Oberkiefer und 15 im Unterkiefer) fand sich eine Schädigung vom Grad 1, bei 11 (3,6%) Schrauben (sechs im Oberkiefer und fünf im Unterkiefer) eine Schädigung Grad 2 und bei 15 (4,9%) Schrauben (sechs im Oberkiefer und neun im Unterkiefer) eine Schädigung Grad 3 (Abb. 23). Im Oberkiefer war die Verteilung der sechs Grad 3 Wurzelläsionen wie folgt: Zahn 17: n=1; Zahn 15: n=3; Zahn 25: n=2. Im Unterkiefer hatten die Grad 3 Wurzelläsionen folgende Lokalisationen: Zahn 36: n=1; Zahn 34: n=1; Zahn 33: n=1; Zahn 32: n=1; Zahn 31: n=1; Zahn 45: n=2; Zahn 46: n=2.

Eine Grad 3 Wurzelläsion mit einer eindeutigen Verletzung der Pulpa war nur bei sieben Zähnen anhand des Röntgenbildes sicher zu erkennen. Zweimal lag bei Zahn 15 eine Pulpenläsion vor, und die Wurzeln der Zähne 25, 36, 31, 45 und 46 waren jeweils einmal betroffen.

Tabelle 10 zeigt die Verteilung der Schrauben bzw. der Läsionsgrade im Front- bzw. Seitenzahnbereich von Ober- und Unterkiefer.

Von den 53 Patienten in Gruppe B wiesen 25 Patienten eine röntgenologisch sichtbare Wurzelläsion auf. Davon waren bei 10 Patienten eine, bei acht Patienten zwei und bei sieben Patienten drei Wurzelläsionen zu erkennen.

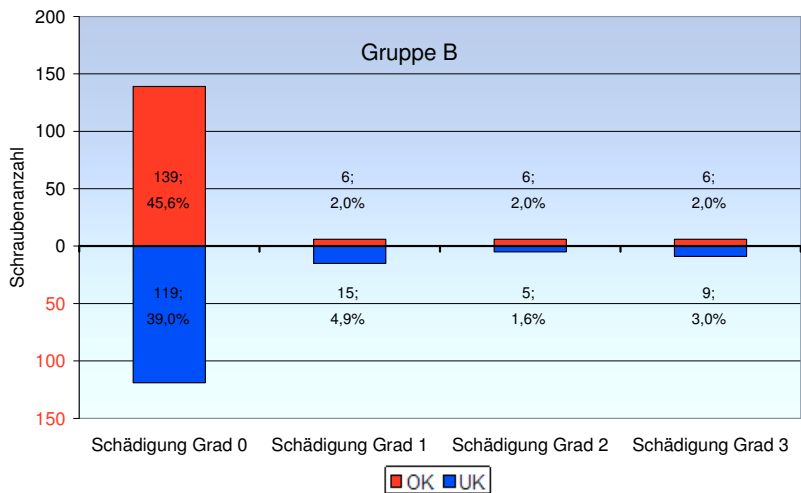


Abb.23: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben in Gruppe B. Anzahl der Schrauben pro Schädigungsgrad in Absolutwerten und Prozentzahlen.  
Schraubenanzahl Gruppe B: gesamt n=305, OK (Oberkiefer) n=157, UK (Unterkiefer) n=148

OK	FZB	52	17,0%	6	2,0%	0	0,0%	0	0,0%
	SZB	87	28,5%	0	0,0%	6	2,0%	6	2,0%
Schädigungsgrad		0		1		2		3	
UK	FZB	35	11,5%	7	2,3%	1	0,3%	2	0,7%
	SZB	84	27,5%	8	2,6%	4	1,3%	7	2,3%

Tab.10: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben nach Lokalisation in Front- und Seitenzahngebiet von Ober- und Unterkiefer in Gruppe B (n=305)  
OK gesamt n=157, OK FZB n=58, OK SZB n=99  
UK gesamt n=148, UK FZB n=45; UK SZB n= 103  
OK= Oberkiefer; UK= Unterkiefer; FZB= Frontzahnbereich;  
SZB= Seitenzahnbereich

### 3.1.2.3. Gruppe C

Der Gruppe C lassen sich acht Patienten zuordnen. Nach der Insertion von insgesamt 68 MMF-Schrauben trat in keinem Fall eine Zahnschädigung auf. Im Ober- und Unterkiefer wurden in dieser Gruppe die gleiche Anzahl von 34 Schrauben eingebracht. In den Oberkiefer–Frontzahnbereich, genauso wie in den Unterkiefer–Frontzahnbereich, wurden jeweils 12 Schrauben eingedreht. Eine ebenfalls gleiche Verteilung von 22 Schrauben lag im Oberkiefer–Seitenzahnbereich und im Unterkiefer–Seitenzahnbereich vor.

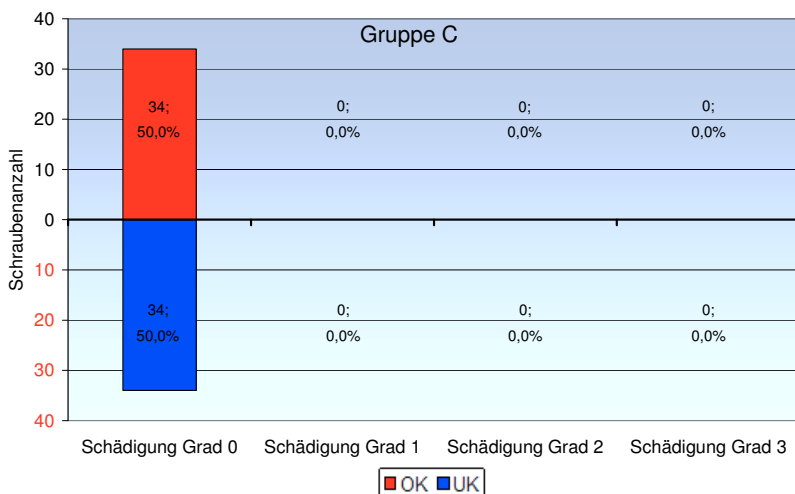


Abb.24: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben in Gruppe C. Anzahl der Schrauben pro Schädigungsgrad in Absolutwerten und Prozentzahlen.  
Schraubenanzahl Gruppe C: gesamt n=68, OK (Oberkiefer) n=34, UK (Unterkiefer) n=34

<b>OK</b>	FZB	12	17,6%	0	0,0%
	SZB	22	32,4%	0	0,0%
<b>Schädigungsgrad</b>		<b>0</b>		<b>1 – 3</b>	
<b>UK</b>	FZB	12	17,6%	0	0,0%
	SZB	22	32,4%	0	0,0%

Tab.11: Grad der Wurzelläsionen durch MMF-Schrauben nach Lokalisation in Front- und Seitenzahngebiet von Ober- und Unterkiefer in Gruppe C (n=68)

OK gesamt n=34, OK FZB n=12, OK SZB n=22

UK gesamt n=34, UK FZB n=12; UK SZB n=22

OK= Oberkiefer; UK= Unterkiefer; FZB= Frontzahnbereich;

SZB= Seitenzahnbereich

---

## **3.2. Teil 2: Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungsreihe**

### **3.2.1. Patienten und Wurzelläsionen**

Bei der initialen Dursicht der Röntgenbilder ergaben sich für 49 Patienten 83 Zahnwurzelläsionen nach der Insertion der MMF-Schrauben. Von diesen Patienten konnten 35 im Zeitraum vom 18.12.2002. bis 15.06.2005 nachuntersucht werden. Die übrigen 14 Patienten konnten nicht mehr ermittelt werden, oder waren nicht bereit an der Studie teilzunehmen.

Das kürzeste Nachuntersuchungsintervall lag bei 1 ½ Monaten, das längste bei zwei Jahren und fünf Monaten. Durchschnittlich bestand ein Intervall von 11,8 Monaten.

Bei zwei der nachuntersuchten Patienten war eine klinische Untersuchung nicht möglich, die postoperative Kontrolle konnte jeweils nur röntgenologisch mit einem OPT durchgeführt werden. Beim ersten Patienten wurde dieses sieben Monate post OP und beim zweiten zwei Monate nach der Operation erstellt.

Bei allen anderen 33 Patienten konnten die unter Material und Methodik beschriebenen Nachuntersuchungen durchgeführt werden.

Aus der Gruppe A wurden 16 Patienten mit insgesamt 25 Wurzelläsionen, aus der Gruppe B 18 Patienten mit 29 Wurzelläsionen und aus der Gruppe C ein Patient mit initialem Verdacht auf eine Läsion nachuntersucht.

Der Patient der Gruppe C wurde nachuntersucht, da auf dem postoperativ erstellten OPT mit noch inserierten Schrauben eine Wurzelläsion vermutet wurde. Diese konnte aber bei der Nachuntersuchung anhand eines neuen OPTs ohne Schrauben ausgeschlossen werden. Der vermeintliche Defekt war eindeutig außerhalb der Wurzel lokalisiert. Der gleiche Sachverhalt ergab sich auch für einen Patienten aus der Gruppe B. Deswegen lag bei zwei der nachuntersuchten Zähne keine Wurzelschädigung, d.h. ein Grad 0 vor.

Folglich ergaben sich insgesamt für 47 Patienten 81 Zahnwurzelläsionen nach der Insertion der MMF-Schrauben.

Da 14 Patienten nicht nachuntersucht werden konnten, war für 28 von insgesamt 81 durch MMF-Schrauben verletzte Zähne eine abschließende Beurteilung nicht möglich.

Zusammenfassend wurden 29 Zähne mit einer Schädigung Grad 1, 13 Zähne mit einer Schädigung Grad 2 und 11 Zähne mit einer Schädigung Grad 3 nachuntersucht (Tab.12).

18 Patienten hatten nur an einem Zahn eine Wurzelschädigung. Bei 11 Patienten waren zwei Zähne, bei drei Patienten drei Zähne und bei einem Patienten vier Zähne betroffen.

<b>Gradeinteilung der Wurzelläsionen</b>	<b>Anzahl untersuchter Zähne</b>	<b>Zahl der Patienten</b>
Grad 1	29	21
Grad 2	13	10
Grad 3	11	10
	$\Sigma n=53$	$\Sigma n=41$

Tab.12: Schädigungsgrad der Zahnwurzeln im nachuntersuchten Patientenkollektiv (Beachte: Ein Patient kann mehrere Wurzelläsionen unterschiedlicher Grade aufweisen, dadurch weicht die Summe von der Patientengesamtzahl ab)

### 3.2.2. Reversibilität der Wurzelläsionen

Durch den Vergleich der im postoperativen Verlauf und bei der Nachuntersuchung angefertigten OPTs konnte die Reversibilität der Wurzelläsionen beurteilt werden (Tab.13). Bei 32 von den insgesamt 53 nachuntersuchten Zähnen waren die durch die MMF-Schrauben verursachten Wurzelläsionen nicht mehr zu erkennen. Davon hatten 23 Zähne anfänglich den Schädigungsgrad 1 und neun Zähne den Grad 2. Weitere sechs Zähne wiesen einen deutlichen Rückgang der Läsionen auf. Davon entfielen zwei Zähne auf Grad 1, ein Zahn auf Grad 2 und drei Zähne auf Grad 3. Bei 15 Zähnen war die Läsion unverändert, im Vergleich zum Anfangsröntgenbild, das direkt nach der Operation erstellt wurde. Dabei war die Verteilung wie folgt: vier Zähne hatten Grad 1 Läsionen, drei Zähne Grad 2 und acht Zähne Grad 3 Läsionen (Tab.13). Auffällig war, dass es bei keiner Grad 3 Läsion zu einer Restitutio ad integrum im Röntgenbild kam.

Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum lag bei 11,8 Monaten. Für vollständig reversible Defekte betrug das Nachuntersuchungsintervall 11,7



Monate, bei partiell rückläufigen Defekten 12,7 Monate und bei Defekten mit unverändertem röntgenologischen Erscheinungsbild 11 Monate.

Reversibilität der von MMF-Schrauben verursachten Wurzeldefekte	Anzahl der Zähne			Durchschnittliches Nachuntersuchungsintervall
	Schädigungsgrad 1	Schädigungsgrad 2	Schädigungsgrad 3	Gesamt $X \approx 11,8$ Monaten
Defekt nicht mehr ersichtlich	23;(43,4%)	9;(17,0%)	0;(0,0%)	$X_1 \approx 11,7$ Monate
Defekt rückgängig	2;(3,8%)	1;(1,9%)	3;(5,7%)	$X_2 \approx 12,7$ Monate
Defekt unverändert	4;(7,5%)	3;(5,7%)	8;(15,1%)	$X_3 \approx 11$ Monate

Tab.13: Reversibilität der von der MMF-Schraube verursachten röntgenologischen Defekte im Wurzelbereich bei der Nachuntersuchung (Nachuntersuchte Zähne mit Defekten: n=53 entsprechen 100%)  
MMF= mandibulo-maxilläre Fixation

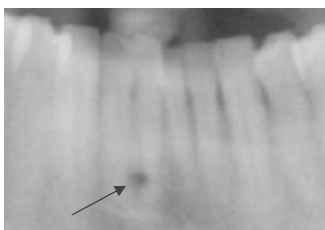


Abb.25a: Orthopantomogrammausschnitt mit Defekt Schädigung Grad 1 (Pfeil)

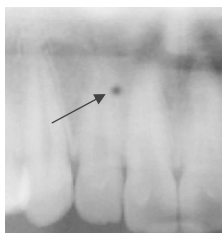


Abb.25b: Orthopantomogrammausschnitt mit Defekt Schädigung Grad 2 (Pfeil)

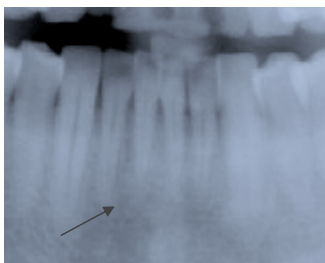


Abb.26a: Orthopantomogrammausschnitt desselben Patienten wie in Abb.25a mit vollständigem Rückgang des Defektes 5 Monate später

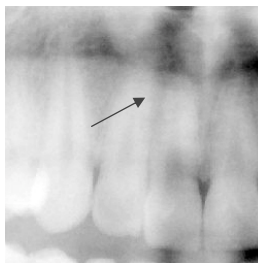


Abb.26b: Orthopantomogrammausschnitt desselben Patienten wie in Abb.26a mit vollständigem Rückgang des Defektes 3 Jahre später

Bei sechs Patienten war röntgenologisch bei jeweils einem Zahn eine Pulpenschädigung ersichtlich. Von diesen sechs Zähnen musste ein Zahn entfernt werden (siehe Kasuistik 3.3). Bei den anderen fünf Zähnen waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine Resorptionen oder apikale Beherdungen röntgenologisch zu erkennen, und alle Zähne reagierten vital.

Bei der klinischen Nachuntersuchung wurden, mit Ausnahme des vorgenannten später extrahierten Zahnes mit einer Pulpaschädigung, von den Patienten bei allen Zähnen eine positive Vitalitätsprobe und eine negative Perkussionsprobe angegeben. Eine Wurzelkanalbehandlung war bei keinem der nachuntersuchten Zähne durchgeführt worden. Ein heller Klopfeschall und die fehlende Zahnbeweglichkeit, die auf eine Ankylose des Zahnes hätten hinweisen können, wurden nicht festgestellt. Die parodontalen Sondierungstiefen und die Lockerung der Zähne waren unauffällig.

### **3.3. Kasuistik**

Der Fall des Patienten, bei dem infolge der Insertion einer MMF-Schraube eine Exaktion des Zahnes 46 notwendig wurde, wird gesondert beschrieben.

Der 20-jährige männliche Patient wurde wegen einer Unterkiefer-Zweifach-Fraktur (paramedian rechts und Kieferwinkel links) operativ versorgt. Zu Beginn der Operation wurden in den Alveolarfortsatz von Ober- und Unterkiefer insgesamt sechs MMF-Schrauben eingebracht. Nach Okklusionseinstellung und Reposition der Frakturen erfolgte eine intermaxilläre Fixation mit Drahtligaturen. Diese Fixation bestand nur über den Zeitraum der Operation.

Zwei Monate postoperativ stellte sich der Patient mit einem perimandibulären Abszess in der Kieferwinkelregion links vor. Daraufhin wurden in Lokalanästhesie eine Abszessinzision und die Einlage einer Spüldrainage vorgenommen.

Zusätzlich wurde eine i.v.-Antibiose mit Augmentan verordnet und bis zum Abklingen der Entzündungssymptomatik täglich eine Spülung über die Drainage vorgenommen.

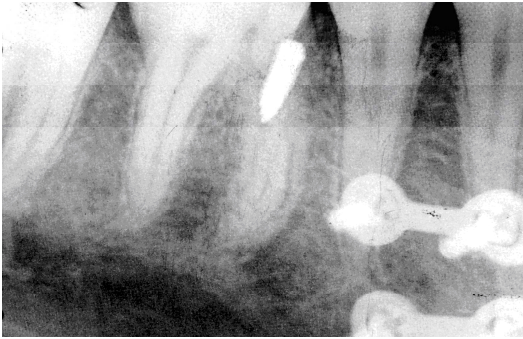


Abb.27: Mundfilm mit Osteosynthesematerial zur Versorgung der Paramedianfraktur rechts und Zahn 46 mit metall dichtem Fremdkörper in der mesialen Wurzel



Abb.28: Computertomographie: Zahn 46 mit metall dichtem Fremdkörper in der mesialen Wurzel – sagittale Schicht

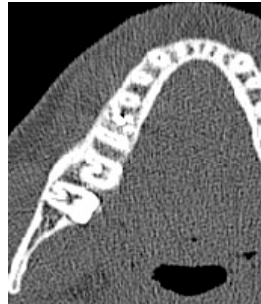


Abb.29: Computertomographie: Zahn 46 mit metall dichtem Fremdkörper in der mesialen Wurzel - axiale Schicht

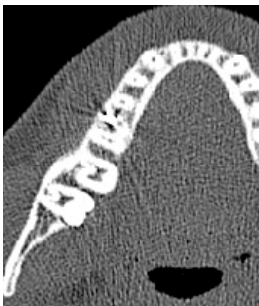


Abb.30: Computertomographie: Zahn 46 mit metall dichtem Fremdkörper in der mesialen Wurzel - axiale Schicht



Abb.31: Computertomographie: Zahn 46 mit metall dichtem Fremdkörper in der mesialen Wurzel - axiale Schicht

Auf einem zu diesem Zeitpunkt angefertigten Mundfilm (Abb.27) fand sich eine Wurzelfraktur der mesialen Wurzel 46 mit einem Fremdkörper im koronalen Drittel der mesialen Wurzel.

Um den Fremdkörper besser einordnen zu können bzw. um die genaue Lage bestimmen zu können, wurde eine Computertomographie (Abb.28-31) angefertigt. Mit Hilfe des CTs konnte der Fremdkörper als Stück einer MMF-Schraube eingestuft und eine Querfraktur der mesialen Wurzel diagnostiziert werden. Als weiteres Procedere war zunächst eine Hemisektion mit anschließender endodontischer Behandlung der distalen Wurzel des Zahnes 46 vorgesehen. Da sich der Zahn bei der Revision in Lokalanästhesie intraoperativ als nicht erhaltungswürdig erwies, wurde eine Exaktion vorgenommen (Abb.32 und 33).



Abb.32: Extrahierter Zahn 46 mit frakturierter mandibulo-maxillärer-Schraube (Ansicht von mesial)



Abb.33: Extrahierter Zahn 46 mit frakturierter mandibulo-maxillärer-Schraube (Ansicht von apikal)

---

## **4. Diskussion**

Die MMF über im Ober- und Unterkiefer eingebrachte Knochen/Corticalis-Schrauben und Verbindungen mit Cerclagen-Draht bietet eine sichere und schnelle Möglichkeit zur Immobilisierung des Unterkiefers und zur Okklusionssicherung. Das potentielle Hauptrisiko, das dieses Verfahren mit sich bringt, ist eine Läsion von Zahnwurzeln durch die MMF-Schrauben.

Die vorliegende Studie, in der Daten von 102 Patienten - mit 489 inserierten MMF-Schrauben - erfasst wurden, hat die Häufigkeit derartiger Wurzelschädigungen, deren Ausmaß bzw. Schweregrad und die Langzeitfolgen für die geschädigten Zähne untersucht. Ziel der Arbeit war es, die Häufigkeit und Art von Wurzelläsionen gegenüber den Vorteilen (Zeitersparnis, reduziertes Verletzungsrisiko, erleichterte Mundhygiene im Vergleich zu Schienen), die sich durch die Verwendung von MMF-Schrauben ergeben, besser abschätzen zu können.

### **4.1. Teil 1: Retrospektive Auswertung**

#### **4.1.1. Gesamtes Patientenkollektiv**

Das gesamte Patientenkollektiv umfasste 102 Patienten. In den postoperativ angefertigten OPTs konnten bei 47 Patienten Zahnwurzelläsionen röntgenologisch verifiziert werden (siehe Abb.19).

Somit wurden bei 46% der Patienten Zahnwurzeln verletzt.

Bezogen auf die Anzahl inserierter Schrauben ergeben sich folgende Werte für die Häufigkeit von Wurzelläsionen:

Bei 81 von insgesamt 489 eingebrachten Schrauben kam es zu einer Wurzelschädigung. Prozentual ausgedrückt waren nach der Insertion von MMF-Schrauben in 17% Wurzelläsionen bzw. in 83% keine Schädigung festzustellen (siehe Abb.20).

In der vorliegenden Studie wurde die Einteilung der Zahnwurzelläsionen getrennt nach der Lokalisation der Läsion und nach dem Schweregrad vorgenommen.

Bei der Lokalisation der Wurzelläsionen wurden ein coronales, mittleres und apikales Wurzel Drittel unterschieden und aufsteigende Schweregrade von Grad 0 bis Grad 3 eingeteilt (siehe Tab.5).

Eine vergleichbare Einteilung findet sich bei Driemel et al. [45] für Zahnwurzelverletzungen durch Schrauben bei der Miniplattenosteosynthese im Unterkiefer und sieht wie folgt aus:

Typ Ia: Pulpaverletzung oberhalb des apikalen Wurzel Drittels

Typ Ib: Pulpaverletzung im apikalen Wurzel Drittel oder extradentale Schädigung der apikalen Blutversorgung

Typ II: Verletzung im zentralen Wurzel dentin ohne Pulpabeteiligung

Typ III: Verletzung des peripheren Wurzel dentins und Wurzel zements.

Diese Art der Einteilung konzentriert sich auf die mögliche Pulpenverletzung verliert aber dadurch an Übersichtlichkeit, da die dreidimensionale Lokalisation der Wurzelläsionen nicht streng getrennt voneinander aufgeführt wird, wie es die vorliegende Arbeit handhabt. Allerdings wurde der Übersicht halber auch in der eigenen Studie auf die formale Einführung eines vierten Grades verzichte, um damit eindeutige Pulpenverletzungen zu kennzeichnen (Abb.15 und Abb.16). Dennoch wurde jeder direkte Treffer der Pulpa gesondert herausgestellt und beschrieben (Abb.21).

Fabbroni et al. [52] unterscheiden in einer Studie zur Inzidenz von Zahnverletzungen durch transalveolär gesetzte MMF-Schrauben entsprechend der Übereinanderprojektion von Bohrkanal und Zahnwurzeln im Röntgenbild nur zwischen einem „minor contact“ und „major contact“ Verletzungsmuster. „Minor contact“ bedeutet, dass sich weniger als 50% der Fläche der von der Schraube verursachten Transluzenz über der Zahnwurzel lokalisiert hat. Bei einem „major contact“ projizieren sich hingegen mehr als 50% der Fläche des Bohrlochs auf die Zahnwurzeln. Zur Höhen- bzw. Seitenlokalisierung oder aber zur Pulpenbeteiligung wird nichts ausgesagt.

Autoren	Patienten- kollektiv / Patienten- zahl	Zahl MMF- Schrauben	Zahl der Wurzel- schädigungen / Patient(en)	Wurzel- schädigungen Prozentsatz im Patienten- kollektiv	Wurzel- schädigungen Prozentsatz der Gesamtzahl MMF- Schrauben	Nachunter- suchungs- intervall	Lokalisation der Schrauben
Coburn et al.2002 [37]	122	k.A.	2 / 1	0,8%	1,6%	k.A.	k.A.
Roccia et al.2005 [138]	62	265	9 / 7	11,3%	3,4%	Ø 6 Mon.	mind. in jedem Quadrant 1 Schraube
Fabbroni et al.2004 [52]	55	232	63 / k.A.	k.A	27,1	k.A.	k.A.
Eigene Studie	102	489	81 / 47	46%	17%	Ø 11,8 Mon.	individuell 2-10 Schrauben
Maurer et al. 2002 [109]	28	168	0	0%	0%	k.A.	2Symphyse, 4Prämolaren
Schneider et al.2000 [142]	19	k.A.	0	0%	0%	Ø 5 Mon.	Standard
Hoffmann et al.2003 [76]	12	62	8 / 6	50%	12,9%	Ø 1-12 Mon.	2FZB, 2SZB re, 2SZB li
Farr et al.2002 [54]	9	36	13 / k.A	k.A	36,1%	k.A.	k.A.
Majumdar et al.2002 [105]	1 (Fall- bericht)	k.A.	3 / 1	100%	k.A	12 Mon.	4 Schr. zw. 4/5
Holmes und Hutchison 2000 [77]	1 (Fall- Bericht)	5	0	0%	0%	k.A.	k.A.

Tab.14: MMF-Schrauben und resultierende Zahnwurzelschädigungen in Studien mit einer Patientenzahl n>50, in der eigene Studie und in Studien mit Patientenzahlen n<50 bzw. Fallberichten; FZB= Frontzahnbereich; k.A.= keine Angabe; li= links; mind.= mindestens; MMF= mandibulo-maxilläre Fixation; Mon.= Monat; re= rechts; Schr.= Schraube; SZB= Seitenzahnbereich; zw.= zwischen; Ø= durchschnittlich

In der Literatur werden in vergleichbaren Studien mit mehr als 50 Patienten Prozentzahlen zwischen 0,8 % und 11,3 % für Wurzelläsionen bezogen auf das Patientenkollektiv nach der Insertion von MMF-Schrauben angegeben [37,52,138]. Diese liegen deutlich unter dem Wert von 46 % in der vorliegenden Studie.

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn die Häufigkeit der Wurzelläsionen in Beziehung zur Gesamtzahl inserierter MMF-Schrauben gestellt wird. Hier werden in den gesamten Studien mit mehr als 50 Patienten Werte zwischen 1,6% und 27% [37,52,138] angeführt. Der Wert aus der vorliegenden Studie bewegt sich mit 17% oberhalb der Mitte des Zahlenbereichs aus der Literatur.

Die Diskrepanzen der prozentualen Ergebnisse in Bezug auf das Patientenkollektiv und die Gesamtzahl inserierter Schrauben erklären sich daraus, dass bei 24 von 47 Patienten mit Läsionen, also in mehr als der Hälfte der Fälle, nur eine Zahnwurzel getroffen wurde.

Die Vergleichbarkeit der in der Literatur angegebenen Prozentzahlen ist grundsätzlich fraglich, da in den Studien die Lokalisation der Schrauben und die diagnostische Abklärung der Läsionen zumeist nicht ausführlich beschrieben werden [37,52,54,77].

Bei Studien mit einem kleinen Patientenkollektiv ergeben sich schon durch mehrere Wurzelläsionen bei einem oder wenigen Patienten große Schwankungen bei den prozentualen Werten in Bezug auf die Grundgesamtheiten.

Diese Studien wurden der Vollständigkeit halber in der Tabelle 14 in den Zeilen unterhalb der hier vorliegenden Studie aufgeführt.

Einen nennenswerten Unterschied für Treffer im Wurzelbereich durch die MMF-Schrauben in den Kieferhälften rechts (I. und IV. Quadrant) und links (II. und III. Quadrant), 44 versus 37 Läsionen, war nicht auszumachen (Tab.7). Für rechtshändige Operateure sind der Ober- und Unterkiefer der rechten Seite leichter aus der üblichen Position auf der rechten Patientenseite zu erreichen, so dass dort eigentlich eine geringere Trefferquote im Wurzelbereich zu erwarten gewesen wäre. Die Händigkeit des Operateurs scheint daher im Untersuchungskollektiv für die Seitenverteilung von untergeordneter Bedeutung gewesen zu sein.



In der vorliegenden Studie kam es im Oberkiefer bei insgesamt 253 inserierten MMF-Schrauben zu 36 Wurzelläsionen. Im Unterkiefer wurden 236 Schrauben eingebracht, wobei 45 Wurzelläsionen resultierten. Die Trefferhäufigkeit betrug damit im Oberkiefer 14,2 % und im Unterkiefer 19,1 %. Borah und Ashmead [21] geben in einer Studie, in der insgesamt 2340 Osteosyntheseschrauben mono- oder bicortical zur Frakturversorgung im Ober- und Unterkiefer verwendet wurden, insgesamt 13 von Schrauben „transfixierte“ Zähne an, d.h. eine Inzidenz von 0,47%. Die Relation der Trefferhäufigkeit in Unter- und Oberkiefer entsprach 10:3, wobei im Unterkiefer vorwiegend Weisheitszähne und Molaren betroffen waren. Schrauben zur Osteosynthese bei Traumata werden in aller Regel außerhalb des Zahnwurzelbereichs inseriert, was den Vergleich mit MMF-Schrauben relativiert. In der vorliegenden Studie ergibt sich mit einem Verhältnis von 10:7 für Wurzelltreffer im Unterkiefer zum Oberkiefer dennoch eine Parallele.

Borah und Ashmead [21] begründen das Überwiegen von Wurzelläsionen durch Schrauben im Unterkiefer damit, dass die dicken Knochenschichten in den distalen Abschnitten des Unterkiefers die Identifikation der Wurzel erschweren.

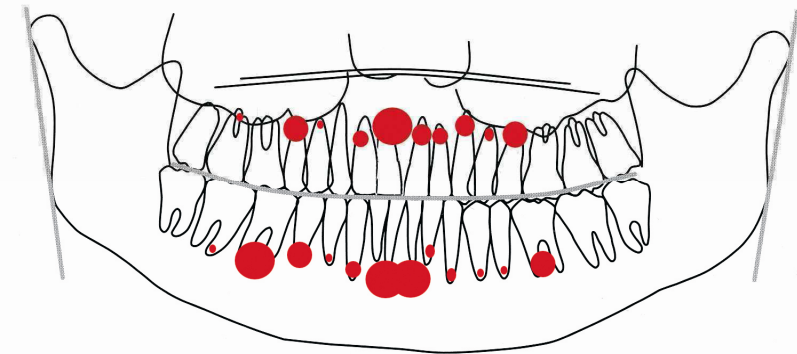


Abb.34: Lokalisation der Zahnwurzelläsionen durch mandibulo-maxilläre-Fixationsschrauben nach den Zahnregionen des Ober- und Unterkiefers (der Durchmesser der Punkte verhält sich proportional zur Anzahl der Treffer)

In den einzelnen Zahnregionen des Ober- und Unterkiefers hatten die insgesamt 81 Wurzelläsionen (OK n=45; UK n=36) durch MMF-Schrauben folgende Verteilung (Abb.34):

Mit einer Zahl von 36 bzw. einem Prozentsatz von 44,4% befanden sich die meisten verletzten Zahnwurzeln im Bereich der mittleren und seitlichen Inzisiven. Davon waren 18 (22,2%) im Oberkiefer und 18 (22,2%) im Unterkiefer lokalisiert. Bei 32% handelte es sich um Grad 1 Läsionen (OK n=11; 13,6%; UK n=15; 18,5%), in 7,4% der Fälle um Grad 2 (OK n=5; 6,2%; UK n=1; 1,2%) und in 5% um eine Grad 3 Schädigung (OK n=2; 2,5%; UK n=2; 2,5%).

Die Eckzähne von Ober- und Unterkiefer waren neunmal (11,1%) an den insgesamt 81 aufgetretenen Wurzelläsionen beteiligt, davon 5 im Unterkiefer (Läsionsgrad 1 n=2; 2,5%; Grad 2 n=2; 2,5%; Grad 3 n=1; 1,2%) und 4 im Oberkiefer (Läsionsgrad 1 n=3; 3,7%; Grad 2 n=0; 0% sowie Grad 3 n=1; 1,2%).

In der Prämolarenregion waren insgesamt 21 (25,9%) der insgesamt 81 Treffer an den Zahnwurzeln vorhanden. Mit 13 waren diese hauptsächlich im Oberkiefer lokalisiert (Grad 1 n=2; 2,5%; Grad 2 n=6; 7,4%; Grad 3 n= 5; 6,2%), im Unterkiefer befanden sich 8 Läsionen (Grad 1 n=2; 2,5%; Grad 2 n=2; 2,5%; Grad 3 n=4; 4,9%).

In der Molarenregion war der Unterkiefer mit 15 Wurzelverletzungen (18,5% aller Läsionen) - 13 davon im Bereich der ersten Molaren lokalisiert - am Gesamtaufkommen der Läsionen beteiligt. Die Verteilung der Läsionsgrade war wie folgt: 7 Grad 1, 3 Grad 2, 5 Grad 3. Der Molarenbereich des Oberkiefers wies dagegen nur einen einzigen Treffer (Grad 3) auf.

Die Verteilung der Wurzelläsionen in den einzelnen Zahnregionen von Ober- und Unterkiefer spiegelt einerseits die unterschiedlich schwierigen anatomischen Verhältnisse (Knochenangebot, Zahnwurzellängen, intraossäre Strukturen- Mandibularkanal, Kieferhöhle und Foramen mentale) und andererseits die Bevorzugung bestimmter Insertionsareale (vgl. Abb.21) wieder.

Die Tiefe des Vestibulums im Vergleich zur Zahnlänge ist vor allem im anterioren Unterkiefer ein Problem für die MMF-Schrauben Insertion. Hier liegen die mukogingivale Grenze und die mobile Mukosa etwa auf Höhe des mittleren Wurzeldrittels. Eine weitere Erschwernis bei der Beurteilung der Schraubenposition ist der hohe Ansatz des Musculus mentalis. Schließlich sind im anterioren Unterkiefer die Wurzelspitzen mit minimalen interdentalen Abständen

auf engem Raum gedrängt und gleichzeitig ist die Korticalis, die mit der Schraube penetriert werden muss (erfordert hohen Kraftaufwand und ist mit Ungenauigkeiten bei der anfänglichen Insertion verbunden), am dicksten.

Im Vergleich zur durchschnittlichen Zahnlänge der mittleren und seitlichen Schneidezähne von ca. 21-23 mm sind die Eckzähne mit 24-26 mm meist wesentlich länger [69]. Somit besteht im Bereich der Eckzahnwurzel häufig nicht mehr die Möglichkeit die Schraube apikal der Wurzelspitze zu setzen. Hoffmann et al. [76] beschreiben noch weitere Probleme, die eine Positionierung in der Eckzahnregion mit sich bringen kann. Erstens nennen sie „die große Entfernung der Schrauben von der Okklusionsebene. Das Anziehen der Drahtligatur wirkt als exzentrische Kraft auf die Fragmente und erschwert die Reposition vor allem am Unterrand des Unterkiefers“. Als zweites Problem geben sie an, dass bei protrudierten Frontzähnen die Drahtligaturen über die Kanten der Zähne nicht richtig festgezogen werden können und es zu einem unbemerkten Abgleiten der Ligaturen kommen kann. Die dritte Problematik besteht in der starken Traumatisierung der Gingiva durch die weit apikal inserierten MMF-Schrauben. Aus diesen Gründen favorisieren Hofmann et al. [76] die Insertion im Bereich zwischen den mittleren Inzisiven und im Seitenzahnbereich, und nicht die in der Literatur angegebene Eckzahnregion als bevorzugte Stelle für die Insertion von MMF-Schrauben [62,63].

Im Unterkiefer, hier lagen nur sieben (8,6 %) verletzte Wurzeln vor, wird auf Grund des Nervenaustrittspunktes die Prämolarenregion gemieden, obwohl in dieser Region der größte mesiodistale Abstand zwischen den Zahnwurzeln zu finden sein soll [133].

Bei dem Versuch die Zahnwurzeln der Oberkiefermolaren durch eine supraapikale Positionierung der MMF-Schrauben zu schonen, würde die noch vorhandene Knochenhöhe bis zum Erreichen der Kieferhöhle nicht ausreichen. Deswegen wird im Oberkiefer eher die Region der Prämolaren zur Schraubeninsertion bevorzugt.

Bei Betrachtung der Topographie der von den MMF-Schrauben verursachten Läsionen nach der Vertikalposition innerhalb der einzelnen Wurzeldrittel findet sich folgendes Muster: Aus der Grundmenge von 81 Wurzelläsionen befanden sich 56 (69,1%) im apikalen Wurzeldrittel. Im mittleren Wurzeldrittel wurden 23 (28,4%)

Läsionen angetroffen und im koronalen Drittel lagen lediglich 2 (2,5%) vor. Eigentlich müssten sich mehr Läsionen im koronalen und mittleren Drittel befinden, da die Zahnwurzeln sich von koronal nach apikal verjüngen und somit der Abstand zwischen den Wurzeln in Richtung auf den Apex benachbarter Zähne im Allgemeinen breiter wird. In der Literatur reichen die Empfehlungen für den Insertionsort, von der Region unterhalb der Wurzelspitze [142] bis zu der Insertion im Übergang von fixierter zur beweglichen Gingiva [62,64,138].

#### **4.1.2. Gruppen im Vergleich**

In der Mehrzahl der Studien aus der Literatur wurde eine vorbestimmte Anzahl MMF-Schrauben verwendet und die Insertion erfolgte in Standardpositionen entweder im FZB oder SZB [62,63,64,75,138,142,157].

Um eine Korrelation zu diesen Standardlokalisationen und der Häufigkeit von Wurzelläsionen im FZB und SZB zu erhalten, wurden die Patienten in 3 Gruppen eingeteilt. Nach der Anzahl inserierter Schrauben pro Patient wurden eine Gruppe A (2 bis 4 Schrauben), eine Gruppe B (5 bis 7 Schrauben) und eine Gruppe C (8 bis 10 Schrauben) unterschieden:

Gruppe A = Schraubeninsertion überwiegend im FZB

Gruppe B = Schraubeninsertion überwiegend im SZB

Gruppe C = Schraubeninsertion mit einer gleichen Verteilung in FZB und SZB.

Der Gruppeneinteilung lag die Annahme zugrunde, dass mit einer steigenden Anzahl an inserierten MMF-Schrauben auch mehr Läsionen auftreten.

In Gruppe A mit 41 Patienten wurden insgesamt 116 Schrauben inseriert (Tab.9).

Bei 70,7 % der Schrauben kam es zu keiner Wurzelschädigung. Bei 18,1 % der gesetzten Schrauben war eine Wurzelschädigung Grad 1 vorhanden. Eine Schädigung Grad 2 lag bei 6,9 % vor und eine Schädigung Grad 3 trat bei 4,3 % auf (vgl. Abb.22). Mit zunehmendem Schädigungsgrad sinkt die Häufigkeit der Wurzelschädigungen in Gruppe A.

Da bei der Insertion der Schrauben versucht wird möglichst zwischen den Zahnwurzeln zu bleiben, sind oberflächliche Verletzungen der Wurzeln wahrscheinlicher als komplette Treffer mit evtl. sogar Pulpabeteiligung.

Bei 53 Patienten der Gruppe B wurden insgesamt 305 Schrauben eingebracht (Tab.10). Die Insertion der Mehrzahl der Schrauben erfolgte im

Seitenzahnbereich. Das Verteilungsmuster in dieser Gruppe orientierte sich an den Angaben von Hoffmann et al. [76], bei denen als Standardtechnik mit sechs MMF-Schrauben eine Insertion von zwei Schrauben im Frontzahn und vier Schrauben im Seitenzahnbereich angegeben wird.

In Gruppe B blieben bei 84,6 % der eingebrachten Schrauben die Wurzeln unversehrt, bei 6,9 % kam es zu einer Schädigung Grad 1, bei 3,6 % zu einer Schädigung Grad 2 und bei 5% trat eine Schädigung Grad 3 auf (vgl. Abb.23). In den Oberkiefer wurden insgesamt 157 Schrauben eingebracht. Davon befand sich die Mehrzahl im Seitenzahnbereich (SZB n=99 versus FZB n=58). Im Unterkiefer lag die Gesamtzahl der gesetzten Schrauben bei 148. Auch hier wurden mehr Schrauben im Seitenzahn- als im Frontzahnbereich (SZB n=103 versus FZB n=45) eingebracht. Im Oberkiefer waren alle Schädigungsgrade mit je 2% gleich häufig vertreten ( $\Sigma$  n=18, je n=6). Dabei befanden sich Grad 1 Läsionen nur im Frontzahnbereich, die schweren Grad 2 und 3 Läsionen nur im Seitenzahnbereich. Der Unterkiefer war mit insgesamt 29 Wurzelläsionen vertreten: Grad 1 (n=15), Grad 2 (n=5) und Grad 3 (n=9), davon 10 im Frontzahn- und 19 im Seitenzahnbereich. Zusammenfassend lassen die Wurzelläsionen aber nicht wie bei Gruppe A mit Zunahme des Schweregrades eine sinkende Trefferhäufigkeit erkennen, sondern der Schädigungsgrad 3 (n=15) wurde häufiger als Grad 2 (n=11) beobachtet. Von insgesamt 26 Läsionen von Grad 2 und Grad 3 waren nur 3 im FZB lokalisiert und zwar ausschließlich im Unterkiefer.

Die Gruppe C umfasste nur acht Patienten. Bei allen 68 inserierten MMF-Schrauben konnte keine Wurzelschädigung nachgewiesen werden (Tab.11). Sowohl im Ober-, als auch im Unterkiefer wurden in dieser Gruppe jeweils 34 Schrauben eingebracht. Im Oberkiefer-FZB, genauso wie im Unterkiefer-FZB, wurden jeweils 12 Schrauben inseriert, dementsprechend jeweils 22 Schrauben im Oberkiefer- und Unterkieferseitenzahnbereich (vgl. Abb.24).

Die Anfangshypothese, dass es bei Patienten, bei denen eine steigende Zahl von MMF-Schrauben eingebracht wird, häufiger zu Wurzelschädigungen kommt bestätigte sich nicht. Die Daten zeigen stattdessen, dass in Gruppe C in der die meisten Schrauben pro Patient gesetzt wurden, keine Wurzelläsionen aufgetreten sind. Folgende Gründe könnten eine Erklärung für dieses Phänomen sein. Bei der Versorgung von komplexeren Frakturmustern, die eine größere Anzahl von MMF-

Schrauben zur MMF-Sicherung benötigen, wird eine größere Knochenoberfläche freigelegt und dadurch ist für die MMF durch Schrauben eine bessere Beurteilung der Knochenverhältnisse und exaktere Positionierung der MMF-Schrauben möglich. Eine weitere mögliche Erklärung stellt die Lernkurve der Operateure dar. Ausgedehntere Frakturversorgungen werden üblicherweise eher von erfahrenen Operateuren durchgeführt, die auf mehr MMF-Schraubeninsertionen zurückblicken. Die verhältnismässig geringe absolute Anzahl inserierter MMF-Schrauben in Gruppe C könnte ebenfalls eine Rolle spielen. Allerdings wurden in Gruppe B die meisten MMF-Schrauben eingebracht und es kam im Vergleich zur Gruppe A mit 29,3 % in nur 15,4 % zu einer Wurzelverletzung. Neben der Zahl hat möglicherweise die Topographie des Insertionsortes eine Bedeutung. So ist die Beurteilung der anatomischen Verhältnisse im Vestibulum des Unterkiefer-Frontzahnbereichs schwierig, wo sich in Gruppe A die meisten Läsionen ereigneten. Obwohl sich die Zahl der in der Unterkieferfront inserierten Schrauben in den Gruppen A und B (n=95 bzw. n=103) nur unwesentlich unterscheidet, fanden sich in Gruppe A häufiger Läsionen.

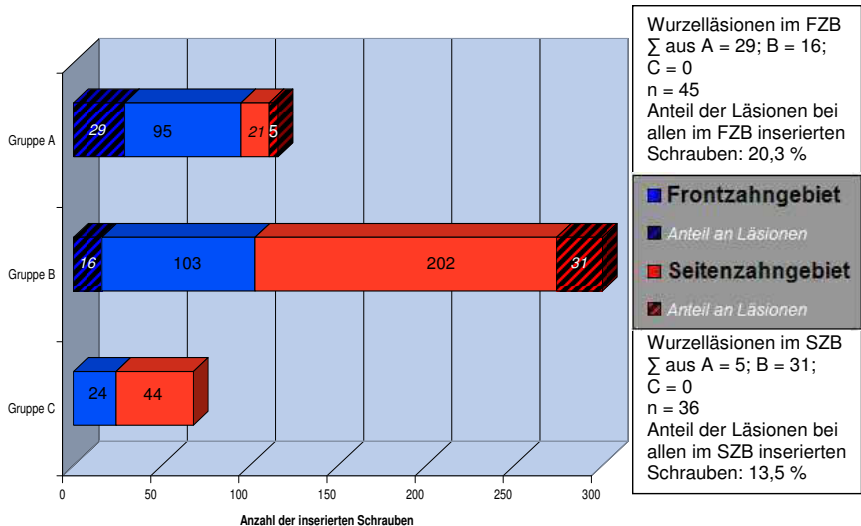


Abb.35: Anzahl der inserierten MMF-Schrauben in den drei Gruppen im Front- und Seitenzahngebiet (Summe: FZB n=222, SZB n= 267) mit dem jeweiligen Anteil an Wurzelläsionen, Häufigkeit der Wurzelläsionen und Berechnung der Gesamtsumme der Läsionen; FZB= Frontzahnbereich; MMF= mandibulo-maxilläre Fixation; SZB= Seitenzahnbereich

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Risiko einer Wurzelschädigung unabhängig von der Positionierung der MMF-Schrauben im Ober- und Unterkiefer und von der Kieferseite ist. Jedoch ist das Risiko im Frontzahngebiet um den Faktor 1,25 höher, als im Seitenzahngebiet (Abb.35). Im Frontzahngebiet wiederum waren die unteren mittleren Inzisiven die Zähne, an denen die meisten Wurzelläsionen vorkamen (siehe Abb.34).

Das größte Risiko Wurzelschädigungen mit einem hohen Schweregrad zu erleiden, besteht in der Prämolarenregion. In diesem Bereich ereigneten sich 5 (63%) von 8 der Grad 3 Läsionen mit Pulpabeteiligung.

---

#### **4.2. Teil 2: Nachuntersuchung - Reversibilität der Wurzelläsionen**

Das Ziel der klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung der Patienten mit Wurzelläsionen war es herauszufinden, inwieweit die Läsionen reversibel sind und ob es an den durch MMF-Schrauben geschädigten Zähnen langfristig zu negativen Folgeerscheinungen kommt. Eine Studie von Driemel et al. [45] aus dem Jahr 2005, bei der Zahnwurzelverletzungen durch Schrauben bei Miniplattenosteosynthesen beschrieben wurden, zeigte, dass unterschiedliche Ausprägungen von Wurzelverletzungen zu entsprechend gravierenden Folgeerscheinungen, wie Zahnlockerungen, Wurzelresorptionen, internen Granulomen oder Obliteration des Pulpenkavums führen. Bei Zähnen mit periapikalen Transluzenzen, Parodontalspalterweiterung und Entzündungsresorptionen reagierten die Zähne negativ im Kälteprovokationstest und waren perkussionsempfindlich. Zusätzlich waren die Taschentiefen und die Lockerungsgrade erhöht und die Patienten gaben Schmerzen beim Essen und in Ruhe an. Driemel et al [45] geben jedoch an, dass ausschließlich Wurzelverletzungen mit Pulpabeteiligung, d.h. einer Unterbrechung der Gefäßversorgung zu einer Pulpitis bzw. bis zum Verlust des Zahnes führen. Ewers und Düker [51] beobachteten in ihrer tierexperimentellen Studie mit Wurzelverletzungen durch Osteosyntheseschrauben, dass es trotz einer Verletzung der Pulpa weder zu einer Devitalisierung, noch zu einer Desensibilisierung kam. Sie begründeten dieses Phänomen mit einer nur teilweisen Unterbrechung der Gefäßversorgung bzw. mit einer raschen Revaskularisierung.

Zur Beurteilung der Reversibilität der Läsionen konnte für die hier vorliegende Studie von insgesamt 47 Patienten mit Zahnwurzelläsionen ein Kollektiv von 33 Patienten mit Schädigungen der Schweregrade 1, 2 und 3 nachuntersucht werden. Das durchschnittliche Nachuntersuchungsintervall betrug 11,8 Monate, mit einem unteren Extremwert von 1 ½ Monaten und einem oberen Grenzwert von zwei Jahren und fünf Monaten. Im Vergleich zu anderen Studien zur MMF mit Schrauben handelt es sich dabei um einen relativ langen Zeitraum. Hoffmann et al. [76] geben Nachuntersuchungsintervalle für ein Kollektiv von 12 Patienten zwischen 1 - 12 Monaten ohne einen Mittelwert zu nennen an. Bei Roccia et al. [138] betrug das Nachuntersuchungsintervall routinemäßig 6 Monate. Schneider et al. [142] beschreiben ein Follow up Protokoll, in dem sie nach 4 Wochen eine



röntgenologische Nachuntersuchung mit OPTs durchgeführt haben und klinische Nachkontrollen mindestens über einen Zeitraum von 5 Monaten stattfanden. Längere Nachuntersuchungsintervalle werden in Studien über Zahnwurzelverletzungen durch Osteosyntheseschrauben beschrieben. In der Studie von Borah und Ashmead [21] wird bei Verletzungen durch Osteosyntheseschrauben ein Follow-up Zeitraum von 6 bis zu 60 Monaten beschrieben, mit einem Durchschnitt von 33 Monaten. Driemel et al. [45] geben einen Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 38 Monaten an.

#### **4.2.1. Röntgenologische Nachuntersuchung**

Zur röntgenologischen Nachuntersuchung dienten Orthopanthomogramme (OPTs), da diese Bilder standardmäßig im Verlauf der Frakturbehandlungen bzw. Dysgnathieoperationen und als Ausgangsbefund vorlagen. Ein OPT lässt eine Beurteilung des gesamten Zahnstatus zu und aufgrund der Schichtaufnahmetechnik können periapikale osteolytische und osteoblastische Prozesse, die nur in der Spongiosa lokalisiert sind, gut analysiert werden [83]. Bei der röntgenologischen Nachuntersuchung ließ sich bei zwei Patienten feststellen, dass OPTs mit MMF-Schrauben in situ zur definitiven Beurteilung von Zahnwurzelläsionen nicht immer ausreichend sind. Aufgrund des OPTs mit noch in situ befindlichen Schrauben wurden beide Patienten anfangs dem Kollektiv mit Zahnwurzelläsionen zugeordnet. Bei der späteren röntgenologischen Nachuntersuchung konnte eine Verletzung der Zahnwurzel aber definitiv ausgeschlossen werden.

Insgesamt war bei sechs Patienten aus dem Gesamtkollektiv nur ein postoperatives OPT mit MMF-Schrauben in situ vorhanden, ansonsten weitere OPTs nach Entfernung der Schrauben. Fehlinterpretationen in der oben genannten Weise spielen daher eine untergeordnete Rolle.

In der Studie von Driemel et al. [45] kam es bei insgesamt 29 Patienten zu Zahnwurzelläsionen. Bei 5 Typ Ia-Verletzungen (Einteilung der Gruppen siehe Seite 49) kam es zu periapikalen Entzündungen und zur Erweiterung des Desmodontalspaltes. Bei drei Typ Ia- und bei zwei Typ Ib-Verletzungen traten Zahnwurzelresorptionen auf. Bei einer Typ II-Verletzung kam es ebenfalls zu einer

Zahnwurzelresorption, die aber nicht behandelt werden musste. Das führte Driemel et al. [45] zu der Schlußfolgerung, dass es nur nach Zahnwurzelverletzungen mit Pulpabeteiligung zu apikalen Transluzenzen, Obliterationen, Parodontalspalterweiterungen und zu externen Resorptionen mit Therapiebedarf kommt. Driemel et al. [45] vermuten, dass bei den Zähnen mit Läsionen vom Typ Ia und Typ Ib, bei denen keine Komplikationen auftraten, die Schraube nicht bis in den Pulpenkanal reichte. Aufgrund der Zweidimensionalität der konventionellen Röntgenbilder wurde der Bohrkanal lediglich auf das Pulpenkavum projiziert. Die Osteosyntheseschrauben in der Studie von Driemel et al. [45] hatten eine maximale Eindringtiefe von 5-6 mm. Im Gegensatz dazu betrug die Gewindelänge der MMF-Schrauben in dieser Studie 8 bzw. 12 mm. Die Wahrscheinlichkeit, dass die MMF-Schrauben der eigenen Studie bis in den Pulpenkanal eingedrungen sind, ist daher größer.

Im Nachuntersuchungskollektiv aus 33 Patienten mit Läsionen an 53 Zähnen war nur bei 15 (28,3 %) Zahnwurzeln die initiale radiologische Defektgröße unverändert.

Von den 15 Zähnen waren vier Zähne dem Schädigungsgrad 1 zuzuordnen. Zu Schädigungsgrad 2 gehörten drei Zähne und zu Schädigungsgrad 3 acht Zähne.

Bei sechs (11,3 %) Zähnen hatten sich die Defekte augenscheinlich verkleinert.

Bei zwei dieser Zähne lag ein Schädigungsgrad 1, bei einem Zahn der Schädigungsgrad 2 und bei drei Zähnen der Schädigungsgrad 3 vor.

Bei 32 (60,4 %) der geschädigten Zähne waren die durch die Schrauben verursachten Löcher röntgenologisch nicht mehr zu erkennen. Die größte Gruppe mit 23 dieser 32 Zähne war Schädigungsgrad 1 zuzuordnen. Zu Schädigungsgrad 2 gehörten neun Zähne. Ein Schädigungsgrad 3 lag bei keinem der Zähne mit vollständiger Reversibilität der Schäden im Röntgenbild vor.

Zusammenfassend kam es in über 2/3 der Fälle (71,7%) zu einer partiellen (11,3%) oder kompletten Rückbildung (60,4%) der Defekte im

Nachuntersuchungskollektiv. Es darf grundsätzlich angenommen werden, dass es nach Zahnwurzelläsionen vom Schädigungsgrad 3 nicht mehr zu einem vollständigen Rückgang der Defekte kommt, zumindest im Beobachtungszeitraum dieser Studie. Bei Läsionen vom Schädigungsgrad 3 blieb der Defekt in acht von

11 (72,7%) Fällen vollkommen unverändert, in drei Fällen war der Defekt nur partiell reversibel.

Bei den Zähnen, bei denen es radiologisch zu einem Rückgang bzw. Verschwinden des Defektes gekommen ist, kann man auf eine Regeneration von Hartgewebe schließen. Ob die Regeneration vom Knochen und/oder Wurzelzement ausgegangen ist, lässt sich auf den Panoramaschichtaufnahmen nicht klären, da beide die gleiche Röntgenopazität haben [71]. Zur Unterscheidung wäre eine histologische Untersuchung nötig.

#### **4.2.2. Klinische Nachuntersuchung**

In der Literatur wird angegeben, dass Zähne nach Wurzelläsionen durch Osteosyntheseschrauben, ohne direkte Beteiligung der Pulpa, insgesamt eine gute Prognose haben [45]. Borah et al. [21] führen dazu aus, dass Zahnwurzeln, die durch Osteosyntheseschrauben verletzt worden sind, im Allgemeinen nicht infiziert werden und Extraktionen nicht häufiger notwendig werden als sonst üblich.

In der hier durchgeführten Studie wurden 53 Zähne mit Wurzelschäden nach Insertion von MMF-Schrauben nachuntersucht. Bei 47 dieser Zähne waren Läsionen (Schädigungsgrade 1 - 3) ohne Beteiligung der Pulpa festgestellt worden. Diese 47 Zähne zeigten zum Untersuchungstermin keine klinischen Auffälligkeiten.

Bei den übrigen sechs Zähnen: 15,31,36,44,45,46 (6 Patienten) lag eine Wurzelläsion von Grad 3 vor, wobei sich im postoperativen Röntgenbild zweifellos eine Verletzung der Pulpa erkennen ließ. Bei der Nachuntersuchung zeigten sich bei fünf der sechs Zähne röntgenologisch keine entzündlichen Veränderungen. Klinisch wurde für diese fünf Zähne eine positive Vitalität angegeben und sie waren nicht perkussionsempfindlich. Der sechste Zahn (46) musste wegen einer Schrauben- und Wurzelfraktur extrahiert werden (siehe Kap.4.3.).

Bei Driemel et al. [45] traten therapiebedürftige Folgeerscheinungen nach Wurzelverletzungen durch Osteosyntheseschrauben bei acht von 19 Zähnen mit Beteiligung der Pulpa auf. Wurzelkanalbehandlungen wurden bei vier der Zähne notwendig, drei Wurzelspitzenresektionen und eine Extraktion mussten durchgeführt werden. 7 Zähne mit direkten Pulpatreffern waren klinisch unauffällig

[45]. Eine Erklärung für das Ausbleiben einer klinischen Symptomatik wird darin gesehen, dass die Osteosyntheseschrauben die Pulpa nicht erreichten, obwohl sich im zweidimensionalen Röntgenbild der leere Schraubenkanal auf die Pulpa projiziert [45]. Wie bereits erwähnt hatten die Schrauben in der Studie von Driemel et al. [45] eine maximale Eindringtiefe von 5-6 mm. Die MMF-Schrauben aus der vorliegenden Studie hatten eine Gewindelänge von 8-12 mm, womit die Eindringtiefe und das potentielle Risiko für eine Penetration der Schrauben bis in die Pulpa steigt und die von Driemel et al. [45] angeführte Erklärung als einziger Faktor für die klinisch intakten Pulpenverhältnisse relativiert wird.

Aus der tierexperimentellen Studie von Ewers und Düker [51] gibt es Belege, dass es nach Wurzelverletzungen durch Osteosyntheseschrauben trotz eröffneter und teilweise ausgedehnter Verletzung der Pulpa weder zu einer Devitalisierung noch zu einer Desensibilisierung der Pulpa kam. Dies wurde mit einer unvollständigen Unterbrechung der Gefäßversorgung oder mit einer sehr schnellen Revaskularisierung begründet [51].

Driemel et al. [45] kritisieren die Studie von Ewers und Düker [51] wegen relativ kurzer Nachuntersuchungszeiträume zwischen zwei und sechs Wochen und zeigen auf, dass klinische Auffälligkeiten frühestens nach 8 Wochen auftreten, jedoch neu auftretende Beschwerden nach einem Intervall von zwei Jahren unwahrscheinlich werden.

In der vorliegenden Studie betrug der Nachuntersuchungszeitraum bei drei von fünf Zähnen mit Pulpabeteiligung mehr als 23 Monate. Bei den beiden anderen Zähnen erfolgte die Nachuntersuchung nach 18 bzw. 6 ½ Monaten. Somit kann man bei mindestens drei Zähnen mit Pulpabeteiligung davon ausgehen, dass es nicht mehr zu Beschwerden kommen wird.

Zusätzlich muss jedoch beachtet werden, dass bei mehrwurzeligen Zähnen die unverletzten Pulpananteile vital bleiben können und so trotz eines marktoten Wurzelabschnitts ein klinisch positiver Vitalitätstest resultieren kann.

In der Literatur gibt es wiederholte Mitteilungen und Fallberichte, in denen bei Verwendung von MMF-Schrauben vor Zahnwurzelverletzungen gewarnt wird. Hierzu gehört ein Leserbrief von Majumdar und Brook [105], die von einem Patienten berichten, bei dem nach der Insertion von vier MMF-Schrauben drei

Zähne nicht mehr vital auf die Pulpentestung reagierten. Auch Key und Gibbons [88] beschreiben in einem Leserbrief, dass aus der Traumatisierung der Pulpa eine Nekrose resultieren kann und die dadurch nötige Wurzelkanalbehandlung erschwert wird.

Eine Untersuchung von Farr und Whear [54] bei neun Patienten ergab nach der Insertion von insgesamt 36 MMF-Schrauben 13 röntgenologisch nachweisbare Zahnwurzelläsionen; bei vier gingen sie von einem Pulpentreffer aus.

Holmes und Hutchison [77] weisen in einer Kurzmitteilung auf das Problem von Schraubenfrakturen bei der Insertion hin, wobei es in dem von den Autoren geschilderten Fallbeispiel nicht zum Verlust des getroffenen Zahnes kam. In der hier vorliegenden Studie konnte auch eine Schraubenfraktur festgestellt werden, die allerdings eine Zahnextraktion erforderte.

Den Fallberichten und Kasuistiken steht eine Reihe von Studien gegenüber, in denen größere Patientenkollektive untersucht wurden (vgl. Tab.2 bzw. 14).

2002 berichten Coburn et al. [37] über 122 Patienten, bei denen in fünf Fällen (4%) Komplikationen aufgetreten sind: Bei einem Patienten waren die durch MMF-Schrauben verletzte beiden Unterkiefer Prämolaren nicht mehr zu erhalten, ein Patient entwickelte eine Knochenresorption zwischen dem zweiten Prämolaren und dem ersten Molaren im Unterkiefer links und bei drei Patienten waren Frakturen der MMF-Schrauben beim Eindrehen der Schrauben in den Kiefer festzustellen; in den letzten vier Fällen führte dies aber nicht zum Zahnverlust. Hoffmann et al [76] beschreiben bei einem Kollektiv von 12 Patienten mit 62 inserierten MMF-Schrauben acht Zahnwurzelverletzungen. Einer dieser Zähne musste aufgrund einer Wurzelfraktur extrahiert werden. 2004 berichten Fabbroni et al. [52] von 63 Zahnwurzelverletzungen in einem Kollektiv von 55 Patienten nach der Insertion von 232 MMF-Schrauben. Bei Roccia et al. [138] kam es bei 62 Patienten mit 265 inserierten MMF-Schrauben zu 9 Zahnwurzelverletzungen.

Neben der endodontischen Komplikationsmöglichkeit mit Vitalitätsverlust der Zähne besteht das Risiko einer tangentialen Schädigung des Wurzelzements durch die MMF-Schrauben. Als Folge können zum einen Wurzelresorptionen auftreten und / oder es kann zu Ankylosierungen der Zahnwurzeln kommen. Wurzelresorptionen können sich röntgenologisch zum Beispiel durch eine

Anbrundung der Defektkanten [45] oder durch schüsselförmige Resorptionslakunen [70] zeigen.

Wurzelresorptionen konnten in der hier vorliegenden Studie nicht festgestellt werden. Ein diagnostisches Problem bei einer Wurzelresorption stellt die selten auftretende Schmerzhaftigkeit dar [16]. Auch eine Vitalitätsprobe ist in Bezug auf eine Wurzelresorption nicht aussagekräftig [70,121].

Externe Wurzelresorptionen gehen vom Desmodont aus. Dentoklasten (mehrkernige Riesenzellen) entkalken die Wurzeloberfläche, lösen sie enzymatisch auf und phagozytieren losgelöste Partikel [70].

„Es entstehen Resorptionslakunen, die jedoch transient sein können und dann durch Einlagerung von Zahnzement repariert werden. Durch diesen Reparaturmechanismus kann es bei kleineren Lakunen zur Wiederherstellung der anatomischen Zahnform kommen“ [70]. Auch Henry und Weinmann [73] berichten 1951, dass minimale Resorptionslakunen fast immer funktionell repariert werden. Bosshardt und Schroeder [22,23,145] beobachteten 1994 und 1997, dass Resorptionslakunen, sofern sie von vitalem Desmodont umgeben sind, später mit zellulärem Eigenfaserzement ausgefüllt und anschließend von azellulärem Fremdfaserzement oder zellulärem Gemischtfaserzement bedeckt werden können. Zellulärer Eigenfaserzement entsteht rasch bei reparativen Prozessen und besteht aus Fasern die parallel zur Wurzeloberfläche verlaufen und von Zementoblasten gebildet werden. Azellulärer Fremdfaserzement setzt sich fast ausschließlich aus von außen einstrahlenden Bündeln, den Sharpeyschen Fasern, zusammen. Alternierend aufeinandergelagerte Schichten von azellulärem Fremdfaserzement und zellulärem Eigenfaserzement bilden den zellulären Gemischtfaserzement [144]. Nach Vardimon et al. [161] führt die reparative Phase selten zu einer anatomischen, sondern lediglich zur funktionellen Reparatation. Ein exakter Nachweis wäre nur durch eine histologische Untersuchung zu führen.

Die zweite Folgeerscheinung von Wurzelschädigungen stellen die Ankylosierungen der Wurzel dar. „Die Ankylose äußert sich in fehlender Zahnbeweglichkeit und hellem Perkussionsschall“ [16]. „Röntgenologisch fällt ein verschwommener bzw. fehlender Desmodontalspalt auf“ [145]. Weder eine reduzierte Zahnbeweglichkeit, noch röntgenologische Hinweise auf eine Ankylose

konnten bei den 53 nachuntersuchten Zähnen der hier vorliegenden Studie festgestellt werden.

Ein heller Klopfeschall - das zweite Kriterium einer bestehenden Ankylose - lässt sich im Vergleich zu den Nachbarzähnen gut wahrnehmen. Auch ein heller Klopfeschall lag bei keinem der 53 Zähne vor.

Eine Ankylose stellt sich histologisch als direkte Verwachsung des regenerierenden Knochens mit Wurzeldentinanteilen dar und kann auch als Teilankylosierung vorkommen. Röntgenologisch konnte bei 32 bzw. 38 Zähnen der vorliegenden Studie eine komplette bzw. partielle Auffüllung der Schraubenkanäle mit mineralisiertem Hartgewebe - Knochen, Zement und/oder Dentin - festgestellt werden. Da sich bei der klinischen Nachuntersuchung keine Hinweise für eine komplette Ankylosierung ergaben, sind lediglich klinisch irrelevante Teilankylosen oder eine Wiederausbildung von Desmodont an der Kontaktfläche Zahn – Knochen zu vermuten.

Nyman et al. [122] und Iglhaut et al. [79] beschreiben, dass die innerhalb eines nicht zu grossen Knochenfensters von 3x3mm freigelegte Wurzeloberfläche nach einigen Wochen eine Regeneration von Zement, Desmodont und Knochen zeigt. Auch Listgarten und Rosenberg [99] sowie Bowers et al. [24] zeigen eine überraschende Regenerationsfähigkeit des Desmodonts auf. Sie beschreiben die Neubildung von Zement mit mehr oder weniger gut verwachsenem Desmodont nach mechanischer Bearbeitung der Wurzeloberfläche über eine Strecke von maximal 1-2 mm innerhalb von Zahnfleischtaschen und bei horizontalem Knochenabbau. In Analogie dazu bewirkt die desmodontale Regenerationsfähigkeit möglicherweise auch in Defektsituationen nach Insertion von MMF-Schrauben mit einem Gewindedurchmesser von 2,0 mm – entsprechend einem kleinen Knochenfenster – eine vollständige Auffüllung mit Hartgewebe. So zeigt eine tierexperimentelle Studie von Asscherickx et al. [5] bei fünf Beagle Hunden in der Histologie, dass es bei einer Verletzung von Zahnwurzeln durch Minischrauben (orthodontische Schrauben) in einer Zeitspanne von 18 Wochen nach Entfernung der Schraube zu fast kompletten Reparaturen der parodontalen Strukturen (Zement, Parodontalligament und Knochen) kommen kann.

Eine definitive Klärung auf welche Art die Schraubendefekte im vorliegenden Untersuchungskollektiv angefüllt wurden, ist allerdings nicht möglich, da eine

Verlaufsbeurteilung CT-morphologisch oder durch histologische Probeentnahmen erfolgen müsste.

Zusammenfassend erlitten 47 von 102 Patienten, bei denen 489 MMF-Schrauben inseriert wurden, eine Verletzung einer oder mehrerer Zahnwurzeln (insgesamt 81 Wurzelläsionen). Von diesen 47 Patienten konnten 33 Patienten (mit 53 Wurzelläsionen) nachuntersucht werden. Somit kann bei 70 % der Patienten mit einer Zahnwurzelschädigung eine Aussage über die Reversibilität bzw. gravierende Langzeitfolgen für den Zahnerhalt gemacht werden. Nur bei einem Patient wurde letztendlich als Resultat einer Wurzelläsion durch eine MMF-Schraube eine Zahnextraktion notwendig. Die große Mehrzahl der von MMF-Schrauben verursachten Wurzelläsionen ist daher als reversibel anzusehen, insbesondere wenn lediglich tangentielle bzw. parapulpäre Verletzungsmuster (Grad 1-3) vorgelegen haben. Welche Bedeutung persistierende röntgenologische Transluzenzen infolge nicht ausgeheilter Schraubenkanäle bei gleichzeitiger klinischer Symptomlosigkeit haben, ließe sich nur durch weitere Nachkontrollen klären.

Bei den 14 Patienten mit insgesamt 28 Zahnwurzelläsionen, bei denen keine Nachuntersuchung erfolgen konnte, lag folgende Verteilung der Schädigungsgrade vor: 13 Grad 1 Läsionen; 6 Grad 2 Läsionen und 9 Grad 3 Läsionen. Aus Gruppe A konnten 6 Patienten und aus Gruppe B konnten 8 Patienten nicht nachuntersucht werden. Im Endeffekt konnten nur zwei Wurzelläsionen mit dem röntgenologischen Hinweis auf eine Pulpenbeteiligung nicht nachuntersucht werden. Am Gesamtergebnis dieser Studie hätte sich bei Einschluß der Patienten vermutlich nur wenig geändert.



### **4.3. Fallbesprechung**

Bei einem Patienten war es an einem Molaren (46) bei der Insertion der MMF-Schraube zu einer Fraktur der mesialen Wurzel, als auch des Schraubenschafts gekommen. Es wird zwar berichtet, dass die Ausheilung einer komplizierten Kronen-Wurzel-Fraktur gelegentlich vorkommt [3,91,98,102,136] in diesem Fall konnte es aber nicht zu einer Ausheilung des Zahnes kommen, da der gewindetragende Schraubenschaft noch im Zahn befindlich war.

### **4.4. Abschließende Würdigung der MMF-Schrauben Technik**

Für die Ruhigstellung des Unterkiefers und Okklusionssicherung mit MMF-Schrauben gibt es im Vergleich zu konventionellen Schienenverbänden, die vielfach noch als Standard angesehen werden, drei entscheidende Vorteile:

1. Erleichterte Mundhygiene und Vermeidung von parodontalen Schäden und Rezessionen [63,80,138,162]: „ Direkte gegenüberstellende Untersuchungen zur Mundhygiene und Verursachung parodontaler Schäden durch MMF-Schrauben im Vergleich zur Kieferbruchschiene existieren zwar nicht, MMF-Schrauben werden aber als unproblematischer beurteilt.“

Krenkel und Grunert [92] sowie Ayoub und Rowson [10] weisen daraufhin, dass die Mundhygiene bei Patienten mit Schienenverbänden und intermaxillärer Verschnürung erschwert ist. Die erschwerte Mundhygiene kann zu massiven Gingivitiden führen, die vor allem während und in der Phase unmittelbar nach der Schienung zu erwarten sind [17]. Ebenso führt das Design der Schienen zu einer Plaqueanlagerung [117,118,130]. Durch Anwendung von 0,1 % Chlorhexidindigluconat während der MMF kann die Plaque- und Gingivitsbildung reduziert werden [92].

Krüger und Chrissafis [93] beschreiben, dass es durch Anwendung einer Schuchardt-Schiene nicht selten zur Demineralisierung des Zahnschmelzes kommt.

Zur Auswirkung der Schienenverbände auf das marginale Parodont gibt es sehr widersprüchliche Aussagen. Kieferbruchschielen werden von Klueza [89], Meyer [112] und Morgenroth [116] abgelehnt, da sich in ihren Studien unvertretbare

Schäden für das Parodont zeigten. Meyer [112] beschreibt, dass der Draht durch das epitheliale Attachment schneidet und es dadurch zu einer irreversiblen Vertiefung der Taschen kommt. Auch in einer Studie bei der zur Gewichtsreduktion eine intermaxilläre Fixation mit interdentalen Draht-Ösen eingesetzt wurde, waren nach der IMF-Entfernung bei 9 % der Patienten periodontale Probleme festzustellen [148].

Im Gegensatz dazu zeigten Studien [17,59,67,87,96,125,140], dass es zwar zu Schäden für das Parodont kommt, diese aber reversibel sind. Auch bei Anwendung der Sauer Schiene konnten Roed-Petersen und Mortensen [139] keinen schädlichen Einfluss auf das marginale Periodontium nachweisen.

## 2. Verkürzte OP-Zeit [26,63,75,81,138,162,165]:

Als Einbringdauer für MMF-Schrauben werden 15 Minuten angegeben [28,142]. Für die Applikation von Schienenverbänden wird im Vergleich dazu eine Mindestzeit von 30 Minuten beansprucht [129]. Dimitroulis gibt einen Zeitbedarf von 30-40 Minuten an [42]. Nach Fordyce et al. [57] werden 40 Minuten benötigt. An anderer Stelle werden Zeitspannen von ein bis zu zwei Stunden angegeben [43,44].

Die notwendigen Zeiten zur Etablierung einer MMF über Schrauben oder Schienenverbände hängen sicherlich von Ausbildung und Übung des Operators ab, andererseits aber auch von den individuellen Gegebenheiten beim Patienten (Bezahnung, Gingivaverhältnisse, Zugänglichkeit und Passierbarkeit der Interdentalräume, Frakturlokalisierung, Anzahl der Frakturen, Trümmerung, Kieferöffnung, Compliance des Patienten, Anzahl der durch die Schienung erfassten Zähne, usw.)

## 3. Reduziertes Risiko für Stichverletzungen durch Drähte

[4,26,63,76,80,81,138,162]:

Spitze Gegenstände, besonders scharfe Drahtenden, bringen ein erhöhtes Risiko für perkutane Stichverletzungen des chirurgischen Personals bei kieferchirurgischen Eingriffen mit sich [35].

Verglichen mit MMF-Schrauben besteht eine höhere Gefahr beim Anlegen von Schienenverbänden durch die zahlreichen circumdentalen Umschlingungen im Ober- und Unterkiefer [33]. Durchschnittlich werden 16 bis 22

Drahtumschlingungen zur Befestigung von Schienen nötig [4]. Perforationen der Operationshandschuhe werden häufig gar nicht bemerkt [7,8]. Bei der heutigen Inzidenz von HIV darf die Infektionsgefahr durch Stichverletzung durch Drahtenden nicht außer Acht gelassen werden [166]. Gordon et al. [66] weisen außerdem auf das mögliche Übertragungsrisiko von Hepatitiden hin. Martinez-Gimeno et al. [108] geben einer Studie bei maxillofazialen Traumen (Madrid, Spanien) eine HIV-Inzidenz von 14 % an. Das Risiko einer HIV-Serokonversion nach einer perkutanen Verletzung für Beschäftigte im Gesundheitswesen wird bei Marcus et al. mit 0,4 % [106] und bei Cardo et al. mit 0,3 % [34] angegeben. Bei Klinikpersonal, das dem Blut von HIV infizierten Patienten ausgesetzt war, wurden Infektionsraten von 0 % bis zu 2,25 % aufgezeigt [47,61,65,72,74,84,95,106,132,134]. Avery et al. [9] konnten zeigen, dass bei der Versorgung von Unterkieferfrakturen mit einer interdentalen Verdrahtungstechnik in 18,6% perkutane Verletzungen auftraten im Gegensatz zu nur 2,9% bei Stabilisierung mit Miniplattenosteosynthesen.

Diese vorliegende retrospektive Studie hat sich mit dem immer wieder diskutierten Nachteil der Zahnwurzelläsionen durch die MMF-Schrauben befasst. Derartige Wurzelschädigungen kamen bei nahezu der Hälfte der Patienten vor. Die Läsionen hatten aber nur bei einem Patienten eine klinisch relevante Auswirkung, der betroffene Zahn (46) musste extrahiert werden. Insbesondere oberflächliche (tangentielle bzw. parapulpäre) Verletzungen der Zahnwurzeln zeigten in dieser Studie in Übereinstimmung mit der Literatur keine negativen Folgen, sondern waren nach einiger Zeit röntgenologisch nicht mehr zu erkennen. Das Risiko von irreversiblen Zahnwurzelläsionen durch MMF-Schrauben kann daher nicht als zwingendes Argument gegen ihre Anwendung aufrechterhalten werden.

Eine Empfehlung MMF-Schrauben zur Ruhigstellung des Unterkiefers oder Kieferfragmenten den traditionellen oder neuartigen Drahtschienenverbänden vorzuziehen, kann allerdings auf Grund des Designs der vorliegenden Studie nicht letztlich gegeben werden, da die beiden Techniken nicht gegenüberstellend verglichen wurden.

---

Abschließend muß jedoch berücksichtigt werden, dass die Gefahr von Zahnwurzelverletzungen mit der Anwendungshäufigkeit der MMF-Schrauben, also mit der Lernkurve des Operators, sinkt [85,133].

---

## **5. Zusammenfassung**

In der vorliegenden Studie wurden die Häufigkeit und der Schweregrad von Zahnwurzelläsionen, die als Komplikation bei der Verwendung von mandibulo-maxillären Fixations (MMF)-Schrauben entstehen können, untersucht.

Dazu wurden die Krankenakten und Röntgenbilder von 102 Patienten ausgewertet, bei denen im Bundeswehrkrankenhaus Ulm im Zeitraum vom Juli 2002 bis Januar 2005 eine Gesamtzahl von 489 MMF-Schrauben inseriert wurde. 33 Patienten (70%) von insgesamt 47 bei denen in der postoperativen Bildgebung Zahnwurzelläsionen nachweisbar waren konnten nach einem Zeitintervall von durchschnittlich 11,8 Monaten postoperativ klinisch und röntgenologisch nachuntersucht werden.

Im Gesamtkollektiv (102 Patienten / 489 Schrauben) kam es bei 46% der Patienten bzw. durch 17% der eingebrachten Schrauben (81 Zähne) zu einer Läsion von Zahnwurzeln.

Bei der Untersuchung der Topographie dieser Wurzelläsionen zeigte sich eine Häufung im Bereich der Inzisiven von Ober- und Unterkiefer. Hinsichtlich der Vertikalposition waren die Läsionen vermehrt in der Apikalregion der betroffenen Zähne lokalisiert.

Im Nachuntersuchungskollektiv ließen sich bei den 33 Patienten 53 Zahnwurzelläsionen auf ihren Schweregrad und die Reversibilität näher analysieren. Neben der klinischen Untersuchung (Vitalitätsprobe, Perkussionsprobe, Bestimmung des Lockerungsgrades und Messung der Taschentiefen) wurde eine röntgenologische Nachkontrolle (Orthopantomogramm) durchgeführt.

Durch das neue Röntgenbild ließen sich die zwischenzeitlichen Veränderungen der durch die MMF-Schrauben verursachten Zahnwurzeldefekte beurteilen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass es im nachkontrollierbaren Untersuchungskollektiv von 33 Patienten nur bei einem Zahn (46) zu einer irreversiblen Wurzelschädigung gekommen ist, was zur Extraktion des betreffenden Molaren führte. Die Insertion der MMF-Schraube hatte in diesem Fall eine Fraktur der mesialen Wurzel verursacht, und der Schraubenschaft war dabei abgesichert.

Alle anderen Zähne im Nachuntersuchungskollektiv wiesen eine positive Vitalitätsprobe und eine negative Perkussionsprobe auf. Auch fanden sich bei keinem der Zähne Hinweise für eine Ankylose oder eine unphysiologische Lockerung. Bei parapulpären Wurzelläsionen von Grad 1 und 2 zeigte sich sogar, dass eine vollständige Wiederauffüllung der Defekte mit Hartgewebe erfolgte. Nach Zahnwurzelläsionen vom Schädigungsgrad 3 (= Schraubenkanal projiziert sich komplett auf die Zahnwurzel) kam es jedoch in keinem Fall von den 11 nachuntersuchten Zähnen zu einem vollständigen Rückgang des Defektes. Selbst direkte Treffer der Pulpa an fünf Zähnen führten zu keinem Vitalitätsverlust.

Trotz der anfänglich alarmierenden röntgenologischen Zeichen spricht dieses Endergebnis dafür, dass – eine entsprechende Aufklärung der Patienten vorausgesetzt – MMF-Schrauben als elegantes und schnelles Mittel zur Etablierung einer Fixation von Ober- und Unterkiefer zu vertreten sind.

---

## **6. Literaturverzeichnis**

1. Aldegheri A, Blanc JL: The pearl steel wire: a simplified appliance for maxillomandibular fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:953-956
2. Anatanasov DT: Intermaxillary transalveolar fixation for treatment of mandibular fractures. *Folia Med (Plovdiv)* 2003;45:30-32
3. Andreasen JO, Hjørting-Hansen E: Intraalveolar root fractures: radiographic and histologic study of 50 cases. *J Oral Surg* 1967;25:414-426
4. Arthur G, Berardo N: A simplified method of maxillo-mandibular fixation. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47:1234
5. Asscherickx K, Vannet BV, Wehrbein H, Sabzevar MM: Root repair after injury from mini-screws. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:575-578
6. Austermann KH: Frakturen des Gesichtsschädels. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg): *Zahn- Mund- Kiefer-Heilkunde Band 2: Spezielle Chirurgie*, 3. aktualisierte und erweiterte Auflage Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2002:300-334
7. Avery CM, Gallagher P, Birnbaum W: Double gloving and a glove perforation indication system during the dental treatment of HIV-positive patients: are they necessary? *Br Dent J* 1999;186:27-29
8. Avery CM, Taylor J, Johnson PA: Double gloving and a system for identifying glove perforations in maxillofacial trauma surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999;37:316-319
9. Avery CME, Johnson PA: Surgical glove perforation and maxillofacial trauma: to plate or wire? *Br J Oral Maxillofac Surg* 1992;30:31-35
10. Ayoub AF, Rowson J: Comparative assessement of two methods used for interdental immobilization. *J Craniomaxillofac Surg* 2003;31:159-161
11. Baumash H, Farr D, Baumash M: Direct bonding of arch bars in the reatment of maxillomandibular injuries. *J Oral Maxillofac Surg* 1988;46:813-815
12. Baumash H: Bonded arch bars in oral and maxillofacial surgery. An update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;76:553-556
13. Baumash HD: Bonded arch bars to manage traumatic injuries to the teeth and alveolar bone. *Gen Dent* 2000;48:194-197

14. Behbehani F, Al-Aryan H, Al-Attar A, Al-Hamad N: Perceived effectiveness and side effects of intermaxillary fixation for diet control. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:618-623
15. Behrens A, Wiechmann D: Mini- und Mikroschrauben als skelettale Verankerung in der Kieferorthopädie. Optimierung des klinischen Vorgehens. *Kieferorthop* 2006;20:167-174
16. Benz CH: Normale und gestörte Entwicklung der Zähne. In: Sitzmann F (Hrsg): *Radiologieatlas der Zahn-, Mund- und Kiefererkrankungen*, 2. unveränderte Auflage, Urban und Fischer, München, Jena 2003:1-44
17. Bienengräber V, Sonnenburg I, Wilken J: Klinische und tierexperimentelle Untersuchung über den Einfluss von Drahtschienenverbänden auf das marginale Parodontium. *Dtsch Stomatol* 1973;23:86-94
18. Biglioli F, Gianni AB, Sozzi D, Goisis M, Liviero F, Tremolada C: A new "light" maxillomandibular fixation system. *Minerva Stomatol* 2000;49:9-12
19. Bolle R: Über gegossene Kappenschienen zur Behandlung von Kieferbrüchen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1952;7:815
20. Booth PA, Collins IG: Resin-bonded arch bars. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990;28:133-135
21. Borah GL, Ashmead D: The fate of teeth transfixed by osteosynthesis screws. *Plastic Reconstructive Surg* 1996;97:726-729
22. Bosshardt DD, Schroeder HE: How repair cementum becomes attached to the resorbed roots of human permanent teeth. *Acta Anat* 1994;150:253-266
23. Bosshardt DD: Formation and attachment of new cementum matrix following root resorption in human teeth: a light- and electronmicroscopic study. In: Davidovitch Z (Ed.): *The biological mechanisms of tooth eruption, resorption and replacement by implants*. Harvard Society Advance Orthodontics, Boston 1994:617-630
24. Bowers GM, Granet M, Stevens M, Emerson J, Corio R, Mellonig J, Lewis SB, Peltzman B, Romberg E, Risom L: Histologic evaluation of new attachment in humans. A preliminary report. *J Periodontol* 1985;56:381-395
25. Briggs RM, Wood-Smith D: A simple technique for intermaxillary fixation. *Surg Gynecol Obstet* 1969;129:1270-1274



- 
26. Busch RF, Prunes F: Intermaxillary fixation with intraoral cortical bone screws. *Laryngoscope* 1991;101:1336-1338
  27. Busch RF: Intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999;37:422
  28. Busch RF: Mandibular osteosynthesis with intraoral miniplates and cortical bone screws. *Ear Nose Throat J* 1995;74: 814-5,819-820
  29. Busch RF: Maxillomandibular fixation utilizing cortical bone screws. *Plast Reconstr Surg* 1998;102:262
  30. Busch RF: Maxillomandibular fixation with intraoral cortical bone screws: a 2-year experience. *Laryngoscope* 1994;104:1048-1050
  31. Busch RF: Re: Jones. Intermaxillary fixation using intraoral bone screws. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999; 37:422
  32. Cannell H: Enforced intermaxillary fixation (IMF) as a treatment of obesity. *Obes Surg* 1992;2:225-230
  33. Carano A, Velo S, Incorvati C, Poggio P: Clinical applications of the Mini-Screw- anchorage- System (M.A.S.) in the maxillary alveolar bone. *Prog Orthod* 2004;5(2):212-235
  34. Cardo DM, Culver DH, Ciesielski CA, Srivastava PU, Marcus R, Abiteboul D, Heptonstall J, Ippolito G, Lot F, McKibben PS, Bell DM: A case-control study of HIV seroconversion in health care workers after percutaneous exposure. *Centers for Disease Control and Prevention Needlestick Surveillance Group. N Engl J Med* 1997;337(21):1485-1490
  35. Carlton JE, Dodson TB, Cleveland JL, Lockwood SA: Percutaneous injuries during oral and maxillofacial surgery procedures. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:553-557
  36. Christiansen SH, Mancuso JD: The fate of teeth transfixed by osteosynthesis screws. *Plast Reconstr Surg* 1997;99:2117-2118
  37. Coburn DG, Kennedy DWG, Hodder SC: Complications with intermaxillary fixation screws in the management of fractured mandibles. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40:241-243
  38. Cohen SR, Leonard DK, Markowitz BL, Manson PN: Acrylic splints for dental alignment in complex facial injuries. *Ann Plast Surg* 1993;31:406-412

- 
39. Cornelius CP, Ehrenfeld M: The use of MMF-screws – Surgical techniques, indications, contraindications and common problems in review of the literature. *Cranio Maxillofacial Trauma and Reconstruction* (2009) (im Druck)
  40. Dal Pont G: Sull'impiego di ganci metallici iuxtaossei nel bloccaggio intermassellare in soggetti presentanti fratture di mascellari. *Riv Ital Stomat* 1965;20:781
  41. Dehen M, Mrzilek M, Paling T: Modified acrylic splint for dento-alveolar fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1989;18:85-86
  42. Dimitroulis G: Management of fractured mandibles without the use of intermaxillary wire fixation. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1435-1439
  43. Divis BO: DIMAC wires: a new approach to interdental immobilization in the 1990s. *J Otolaryngol* 1992;21:238-240
  44. Divis BO: New device for interdental immobilization. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1992;101:776-777
  45. Driemel O, Staudenmaier R, Buch RSR, Schüsselbauer U, Wagener H, Reichert TE, Pistner H: Zahnverletzungen bei Miniplattenosteosynthese. Einteilung, Therapiemanagement, Komplikationen und Prognose. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2005;9:330-335
  46. Ellis E: Complications of rigid internal fixation for mandibular fractures. *J Craniomaxillofac Trauma* 1996;2:32-39
  47. Elmslie K, Mulligan L, O'Shaughnessy M : National surveillance program: occupational exposure to HIV-1 in Canada. Abstracts from V International Conference on AIDS, Montreal 1989; Abstract Th. A. P. 46
  48. Eppeley BL: A resorbable and rapid method for maxillomandibular fixation in pediatric mandible fractures. *J Craniofac Surg* 2000;11:236-238
  49. Ernst F: Die Schienenverbände bei Ober-und Unterkieferbrüchen. In: Bruhn C, Kantorowicz A, Partsch C (Hrsg.): *Handbuch der Zahnheilkunde*, 4. Auflage, Band 1, Bergmann, München 1932:115
  50. Ernst F: Die zahnärztliche Behandlung der Unterkieferbrüche. In: Kirschner M, Nordmann O (Hrsg): *Die Chirurgie*, Band 4/1, Urban & Schwarzenberg, Berlin, Wien 1927:842
  51. Ewers R, Düker J: Zahnverletzungen durch Osteosyntheseschrauben. *Dtsch Zahnärztl Z* 1980;35:38-41

- 
52. Fabbroni G, Aabed S, Mizen K, Starr DG: Transalveolar screws and the incidence of dental damage: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:442-446
  53. Fangmann R, Mischkowski RA, Hidding J: Zeitsparende und effektive Methode der temporären intraoperativen Reposition bei Unterkieferfrakturen. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999;3:17-19
  54. Farr DR, Whear NM: Intermaxillary fixation screws and tooth damage. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40:84-85
  55. Fattore L, Marchmont-Robinson H, Crinzi RA, Edmonds DC: Use of a two piece Gunning splint as a mandibular guide appliance for a patient treated for ameloblastoma. *Oral surgery Oral medicine Oral pathology* 1988;66:662-665
  56. Fitton A, Gibbons AJ, Hodder SC: Intermaxillary fixation using drill-free screws. *Ann Plast Surg* 2003;50:104-105
  57. Fordyce AM, Lalani Z, Songra AK, Hildreth AJ, Carton ATM, Hawkesford JE: Intermaxillary fixation is not usually necessary to reduce mandibular fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999;37:52-57
  58. Forslund G: Cap splints as fixation devices in the treatment of jaw fractures. *Odontol Tidskr* 1951;59:95-116
  59. Fröhlich M, Gäbler K: Der Einfluss von Kieferbruchschiennenverbänden auf das Parodont. *Stomatol DDR* 1981;31:238-247
  60. Gately MD, Mullin TL, Feitel DM: The team approach to intermaxillary fixation. *Compendium* 1991;12:55-56
  61. Gerbering JL: Risk of occupational HIV transmission in intensively exposed health care workers (HCW): follow-up. Program and Abstracts of the Twenty-eighth Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Los Angeles 1988; Abstract 343
  62. Gibbons A, Hodder SC: A self-drilling intermaxillary fixation screw. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003;41:48-49
  63. Gibbons AJ, Baden JM, Monaghan AM, Dhariwal DK, Hodder SC: A drill-free bone screw for intermaxillary fixation in military casualties. *J Army Med Corps* 2003;149:30-32
  64. Gibbons AJ, Khattak O: Self-drilling intermaxillary fixation screws in the closed treatment of a condylar fracture. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:357

- 
65. Gooch BF, Siew C, Cleveland JL, Gruninger SE, Lockwood SA, Joy ED: Occupational blood exposure and HIV infection among oral and maxillofacial surgeons. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:128-134
  66. Gordon KF, Reed JM, Anand VK: Results of intraoral cortical bone screw fixation technique for mandibular fractures. *Otolaryngology Head and Neck Surgery* 1995;113:248-252
  67. Härle F, Krekeler G: Die Reaktion des Parodontiums auf die Drahtligatureschiene (Stout-Obwegeser). *Dtsch Zahnärztl Z* 1977;32:814-816
  68. Hataya Y, Matsuo K, Watanabe T, Imai Y: Bead and wire intermaxillary fixation. *Ann Plast Surg* 1997;38:632-634
  69. Hellwig E, Klimek J, Attin T: Anatomische Grundlagen für die Wurzelkanalbehandlung. In: Hellwig E, Klimek J, Attin T (Hrsg): Einführung in die Zahnerhaltung, 2. Auflage, Urban und Fischer, München, Jena 1999:248-249
  70. Hellwig E, Klimek J, Attin T: Ätiologie, Histologie und Epidemiologie der Karies. In: Hellwig E, Klimek J, Attin T (Hrsg): Einführung in die Zahnerhaltung, 2. Auflage, Urban und Fischer, München, Jena 1999:12-55
  71. Hellwig E, Klimek J, Attin T: Mikroskopische Anatomie der Zahnhartsubstanzen. In: Hellwig E, Klimek J, Attin T (Hrsg): Einführung in die Zahnerhaltung, 2. Auflage, Urban und Fischer, München; Jena 1999:11
  72. Henderson DK: Longitudinal assessment of risk for occupational/nosocomial transmission of human immunodeficiency virus type 1 in health care workers. Program and Abstracts of the Twenty-eighth Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Los Angeles 1988; Abstract 634
  73. Henry JL, Weinmann JP: The pattern of resorption and repair of human cementum. *J Am Dent Assoc* 1951;42:270-290
  74. Hernandez E: Risk of transmitting the HIV to health care workers (HCW) exposed to HIV infected body fluids: Program and Abstract from IV International Conference on AIDS Stockholm 1988; Abstract 9003

- 
75. Ho KS, Tan WK, Loh HS: Case reports: the use of intermaxillary screws to achieve intermaxillary fixation in the treatment of mandibular fractures. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore* 2000;29:534-537
  76. Hoffmann A, Mast G, Ehrenfeld M: Verwendung von IMF-Schrauben zur mandibulo-maxillären Fixation. *AO OP-Journal* 2003;19:70-75
  77. Holmes S, Hutchison I: Caution in use of bicortical intermaxillary fixation screws. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2000;40:574
  78. Horch HH, Herzog M: Traumatologie im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich. In: Horch HH (Hrsg): *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie I*. 2. Auflage. Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, 1990:58-63
  79. Igelhaut J, Aukhil I, Simpson DM, Johnston MC, Koch G: Progenitor cell kinetics during guided tissue regeneration in experimental periodontal wounds. *J Periodont Res* 1988;23:107-117
  80. Imazawa T, Komuro Y, Inoue M, Yanai A: Mandibular fractures with maxillomandibular fixation screws (MMFS method). *J Craniofac Surg* 2006;17:544-549
  81. Isaacs RS, Sykes JM: Maxillomandibular fixation with intraoral cortical bone screws. *Laryngoscope* 1995;105:109
  82. Ivy RH: Observations on Fractures of the Mandible. *Journal of the American Medical Association* 1922;79:295-299
  83. Jäger L, Kummermehr J, Reiser M: Bildgebende Verfahren. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg): *Zahn – Mund- Kiefer-Heilkunde Band 1, Allgemeine Chirurgie*, 3. aktualisierte und erweiterte Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart; New York 2000:247,249
  84. Joline C, Wormser GP: Update on a prospective study of health care workers exposed to blood and body fluids of acquired immunodeficiency syndrome patients. *American Journal of Infection Control* 1987;15:86
  85. Jones DC: Placement of intermaxillary screws: a training issue. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40:454-455
  86. Jones DC: The intermaxillary screw: a dedicated bicortical bone screw for temporary intermaxillary fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1999;37:115-116
  87. Jung F: Kieferbruch-Schienenverbände und Gewebeschädigungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1953;8:469-473

- 
88. Key S, Gibbons A: Re: Care in the placement of bicortical intermaxillary fixation screws. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:411
  89. Kluezka J: Die verschiedenen Kieferbruchschienensysteme in Bezug auf parodontale Erkrankungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1947;2:553-565
  90. Koulocheris P, Sakkas N, Otten JE: Maxillomandibular fixation with Otten mini-hooks. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2007;45:679-680
  91. Krenkel C, Grunert I: Hartgewebliche Ausheilung von Zahnwurzelfrakturen. *Zahnärztl Praxis* 1986;4:138-141
  92. Krenkel C, Rothler G: Experience with chlorhexidine in intermaxillary immobilization patients. *Österr Z Stomatol* 1997;76:408-413
  93. Krüger E, Chrissafis S: Kariesprophylaxe durch lokale Anwendung von Aminfluoriden bei der Versorgung von Kieferbruchpatienten mit der Drahtbogenkunststoffschiene nach Schuchardt. *Dtsch Zahnärztl Z* 1971;26:1227-1231
  94. Krüger E, Rivas LA: Modifikationen der Drahtbogenkunststoffschiene nach Schuchardt. *Dtsch Zahnärztl Z* 1966;21:685-690
  95. Leach CT: Health care workers` risk of acquiring infection from AIDS patients: evaluation of 1447 person-years of high and low exposure. Program and Abstracts of the Twenty-eighth Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Los Angeles 1988; Abstract 1243
  96. Lendtrodt J, Ahrens G, Maerker R, Liebe H: Über den Einfluss von Drahtbogen-Kunststoffschienen auf die Zahnbeweglichkeit und Parodontium. *Dtsch Zahnärztl Z* 1973;28:276-279
  97. Leonard TS: The button wire as an aid to fixation. *Br J Oral Surg* 1977;14:210-212
  98. Lindemann H: Histologische Untersuchung einer geheilten Zahnfraktur. *Zahn Mund Kieferheilk* 1938;5:915-925
  99. Listgarten MA, Rosenberg MM: Histological study of repair following new attachment procedures in human periodontal lesions. *J Periodontol* 1979;50:333-344
  100. Liu JH, Tang LF, Pan XQ, Jin C, Shi CH, Han YM: [The use of intermaxillary fixation screws in the management of jaw fractures. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue* 2005;14:321-322

- 
101. Lloyd T, Nightingale C, Edler R: The use of vacuum-formed splints for temporary intermaxillary fixation in the management of unilateral condylar fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2001;39:301-303
  102. Losee FL: Untreated tooth fracture. Report of three cases. *Oral Surg* 1948;1:464-473
  103. Ludwig B, Özkan V, Glasl B, Lietz T: Aspekte zum Risikopotenzial kortikaler kieferorthopädischer Verankerungselemente. *Kieferorthop* 2006;20:209-211
  104. Magennis P, Craven P: Modification of orthodontic brackets for use in intermaxillary fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990; 28:136-137
  105. Majumdar A, Brook IM: Iatrogenic injury caused by intermaxillary fixation screws. (Letter to the editor and case report). *Br J Oral Maxillofac Surg* 2002;40:84
  106. Marcus R: The COC cooperative needlestick surveillance group. Surveillance of health care workers exposed to blood from patients infected with human immunodeficiency virus. *N Engl J Med* 1988;319:1118
  107. Mardirossian G: Intermaxillary fixation - torture or therapy? *Clin Prev Dent* 1982;4:22-24
  108. Martinez-Gimeno, Acero-Sanz J, Martin-Sastrez R, Navarro-Vila C: Maxillofacial trauma: influence of HIV infection. *J Craniomaxillofac Surg* 1992;20:297-302
  109. Maurer P, Syska E, Eckert AW, Berginski M, Schubert J: Die FAMI-Schraube für die temporäre intermaxillare Fixation. *Erfahrungsberichte zur Indikationserweiterung Mund Kiefer Gesichtschir* 2002;6:360-362
  110. Mavili ME: Titanium screw implants for intermaxillary fixation of partially edentulous jaw. *Ann Plast Surg* 1997;39:353-359
  111. Metz HJ: Indikation und Technik der Drahtbogenkunststoffschiene nach Schuchardt. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1966;11:124-128
  112. Meyer W: Die Orthopädie und das marginale Parodontium. *Dtsch Zahnärztl Z* 1962;7:225-230
  113. Minami RT, Morrill LR, Weber J Jr: Intermaxillary fixation with orthodontic brackets bonded on teeth. *Plastic and Reconstructive Surgery* 1974;54:492-494

- 
114. Modus Medartis: Modus IMF2.0: Intermaxilläres Fixations-System . Informationsbrochure 2004
  115. Moodie WF: Mr. Gunning and his splint. *Br J Oral Surg* 1969;7:112
  116. Morgenroth K: Kieferbruchschienenverbände und Gewebeschädigungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1954;9:151-152
  117. Ngassapa DN, Freihofer HP, Maltha JC: The reaction of the perionontium to different types of splints. (I). Clinical aspects. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:240-249
  118. Ngassapa DN, Maltha JC, Freihofer HP: The reaction of the periodontium to different types of splints. (II). Histolocigal aspects. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:250-258
  119. Niimi M, Mizuno A, Nakano Y, Motegi K: Reduction and fixation of jaw fractures using acrylic splints. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1989;27:321-328
  120. Nikkhah C, Wright S, Thompson MK, Cheng LH, Adlam DM: Re: Use of specialized bone screws for intermaxillary fixation. *Ann Plast Surg* 2001;47:93
  121. Nikolidal D, Junker R, Rathe F, Sculean A: Lokalisierte zervikale Wurzelresorptionen- Ein Fallbericht. *Parodontologie* 2006;17:249-255
  122. Nyman S, Gottlow J, Karring T, Lindhe J: The regenerative potential of periodontal ligament. *J Clin Periodontol* 1982;9:257-265
  123. O`Kane MM, King PA, Edmondson HD: Button wires in the treatment of mandibular fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15(4):422-424
  124. Obwegeser H: Über eine einfache Methode der freihändigen Drahtschienung von Kieferbrüchen. *Österr Z Stomatol* 1952;49:652-670
  125. Oikarinen KS, Nieminen TM: Influence of arch bar splinting on periodontium and mobility of fixed teeth. *Acta Odontol Scand* 1994;52:203-208
  126. Onishi K, Maruyama Y: Simple intermaxillary fixation for maxillomandibular osteosynthesis. *J Craniofac Surg* 1996;7:170-172
  127. Otten JE: Modifizierte Methode zur intermaxillären Immobilisation. *Dtsch Zahnärztl Z* 1981;36:91-92
  128. Paik CH, Woo YJ, Kim J, Park JU: Use of miniscrew for intermaxillary fixation of lingual-orthodontic surgical patients. *J Clin Orthod* 2002;3:132-136



- 
129. Paoli JR, Lauwers F, Boutault F: Technique rapide de fixation intermaxillaire. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1996;97:89-91
  130. Phelps-Sandall BA, Oxford SJ: Effectiveness of oral hygiene techniques on plaque and gingivitis in patients placed in intermaxillary fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983;56:487-490
  131. Pistner H, Eckstein T, Reinhart E, Reuther J: Erfahrungen mit der osteosynthetischen Versorgung von Unterkiefer-Frakturen im Wachstumsalter. *Dtsch Zahnärztl Z* 1990;45:798-801
  132. Pizzocolo G: Risk of HIV and HBV infection after accidental needlestick. Program and Abstract from IV International Conference on AIDS Stockholm 1988; Abstract 9012
  133. Poggio PM, Incurvati C, Velo S, Carano A: "Safe zones": a guide for miniscrew positioning in the maxillary and mandibular arch. *Angle Orthod* 2006;76:191-197
  134. Ramsey KM: Prospective evaluation of 44 health care workers exposed to human immunodeficiency virus-1, with one seroconversion. *Clinical research* 1988; 36: 1A
  135. Reimers L: Gelenkfortsatzfrakturen des Unterkiefers- Literaturstudie bezüglich konservativer vs. Chirurgischer Therapiekonzepte im Kindes- und Erwachsenenalter Dissertation Universität Hamburg 2005
  136. Ritchie GM: Repair of coronal fractures in upper incisor teeth. *Br Dent J* 1962;112:459-460
  137. Robertson JH: Acrylic resin cap splints. *Br J Oral Surg* 1965;2:171
  138. Roccia F, Tivolaccini A, Dell'Acqua A, Fasolis M: An audit of mandibular fractures treated by intermaxillary fixation using intraoral cortical bone screws. *J Craniomaxillofac Surg* 2005;33:251-254
  139. Roed-Petersen B, Mortensen H: Periodontal status after fixation with Sauer's and Schuchardt's arch bars in jaw fractures. *Int J Oral Surg* 1972;1:43-47
  140. Rottke B, Shimizu M: Der Draht - Kunststoffschienenverband nach Schuchardt und seine Wirkung auf Gingiva und Periodontium. *Zahnärztl Rundschau* 1966;75:451-454

- 
141. Schlien HP, Hidding J: [Konservative Behandlung von Kieferfrakturen mit der indirekt hergestellten Drahtbogenkunststoff - und der Kunststoffkappenschiene]. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 1987;11:347-350
  142. Schneider AM, David LR, DeFranzo AJ, Marks MW, Molnar JA, Argenta LC: Use of specialized bone screws for intermaxillary fixation. Ann Plast Surg 2000;44: 154-157
  143. Schortinghuis J, Bos RR, Vissink A: Complications of internal fixation of maxillofacial fractures with microplates. J Oral Maxillofac Surg 1999;57:130-135
  144. Schroeder HE: Entwicklung und Struktur der Zahngewebe. In: Schroeder HE(Hrsg): Orale Strukturbilogie, 4. überarbeitete Auflage, Thieme, Stuttgart, New York 1992:4-186
  145. Schroeder HE: Externe und interne Wurzelresorption und Ankylose. In: Schroeder HE(Hrsg): Pathobiologie oraler Strukturen, Zähne Pulpa Parodont, 3. überarbeitete Auflage, Karger, Basel, Freiburg, Paris 1997:101-111
  146. Schuchardt K, Kapovits M, Spiessl B: Technik und Anwendung des Drahtbogenkunststoffverbandes. Dtsch Zahnärztl Z 1961;16:1241
  147. Schuchardt K: Ein Vorschlag zur Verbesserung der Drahtschienenverbände. Dtsch Zahn-Mund-Kieferheilk. 1956;24:39-44
  148. Seela W: Eine freihändig anzufertigende, einfache Kappenschiene unter Verwendung selbsthärtender Kunststoffe. Zahnärztl Rundschau 1966;75:411-413
  149. Shephard BC, Townsend GC, Goss AN: The oral effects of prolonged intermaxillary fixation by interdental eyelet wiring. Int J Oral surg 1982;11:292-298
  150. Shetty V, Niederdelmann H: Maxillomandibular fixation with minihooks: a clinical evaluation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987;64:677-679
  151. Sindet-Pedersen S, Jensen J: Intermaxillary fixation of mandibular fractures with the bracket-bar. J Craniomaxillofac Surg 1990;18:297-298
  152. Sivam R, Robinson ST: Orthodontic bracketing: an alternative for intermaxillary fixation in mandibular fracture. Br J Oral Maxillofac Surg 1999; 37:155-156

- 
153. Stanhope ED: Acrylated arch bars. *Br J Oral Surg* 1969;7(2):81-83
  154. Stout R: Intermaxillary wiring and intermaxillary elastic traction and fixation, in manuals of plastic and maxillo-facial surgery. *Military Surgical Manuals* 1943, Saunders London:272-276
  155. Synthes: IMF-Schrauben-Set. Für die temporäre, perioperative Stabilisierung der Okklusion beim Erwachsenen. Informationsbrochure 2005
  156. Terai H, Shimahara M: Intermaxillary fixation using thermoforming plate. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1092-1094
  157. Terakado N, Shintani S, Nakahara Y, Yano J, Hino S, Hamakawa H: Conservative treatment of prolonged bilateral mandibular dislocation with the help of an intermaxillary fixation screw. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2006;44:62-63
  158. Thoma KH: New methods for immobilization of the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100(2):5-10
  159. Thota LG, Mitchell DA: Cortical bone screws for maxillomandibular fixation in orthognatic surgery. *Br J Orthod* 1999;26(4):325
  160. Utley DS, Utley JD, Koch RJ, Goode RL: Direct bonded orthodontic brackets for maxillomandibular fixation. *Laryngoscope* 1998;108(9):1338-1345
  161. Vardimon AD, Graber TM, Pitaru S: Repair process of external root resorption subsequent to palatal expansion treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1993;103:120-130
  162. Vartanian AJ, Alvi A: Bone-screw mandible fixation: An intraoperative alternative to arch bars. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000;123:718-721
  163. Vassimon HS, Pigoli DR, de Oliveira Neto FV, Palhares A, Haddad AL, Padovani CR, Mazzoni A, Nogueira CR: Intermaxillary fixation as co-adjuvant treatment for morbid obesity. *Obes Surg* 2004;14(6):829-832
  164. Wade DB, Racey GL: Modular intermaxillary fixation for surgical orthodontics. *Am J Orthod* 1980;77(6):613-619
  165. Win KKS, Handa Y, Ichihara H, Tatematsu N, Fujitsuka H, Ohkubo T: Intermaxillary fixation using screws. Report of a technique. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991;20(5): 283-284

- 
166. Yamada T, Sumi Y, Okazaki Y, Ueda M: A new intermaxillary fixation method using adhaesive cast splints for avoiding skin puncture. Australian Dental Journal 1998;43:167-169

---

**Danksagung**

Ich danke Herrn PD Dr. Dr. C.P. Cornelius für die sehr gute Betreuung.

Herrn Dr. L.-K. Sailer danke ich für die sehr gute Mitbetreuung.

Ebenso gilt mein Dank allen Abteilungsmitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Bundeswehrkrankenhauses in Ulm, die mir beim Erstellen dieser Arbeit geholfen haben.

Mein weiterer Dank gilt meiner Familie für die Unterstützung bei dieser Arbeit.

---

**Lebenslauf****Katinka Larissa Anna Trinkle****Staatsangehörigkeit:** deutsch**Familienstand:** ledig**09.12.1980** geboren in Ulm als Tochter von Elisabeth Charlotte Trinkle, geb. Villinger, und Dr. Roland Josef Trinkle**Schulische Ausbildung:****1987 - 1991** Grundschule Tannheim**1991 - 2000** Marianum, Gymnasium in Buxheim, Abschluss: Abitur**Studium:****10/2000 - 06/2006** Universität Ulm, Fachrichtung Zahnmedizin**22.06.2006** Abschluss: Staatsexamen**05.07.2006** Approbation als Zahnärztin**Beruf:****09/2006 – 03/2008** Ausbildungsassistentin in der Zahnarztpraxis  
Dr. P. Aicham, Ulm**Seit 04/2008** Weiterbildungsassistentin für Oralchirurgie in der  
Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie,  
Plastisch-ästhetische Operationen,  
Zentrum für Implantologie, Prof. Dr. Dr. D. Weingart,  
Katharinenhospital Stuttgart