

**Diplomarbeit**

**Entfernung von intraokularen metallischen  
Fremdkörpern mittels pars plana Vitrektomie oder  
transskleraler Magnetextraktion**

eingereicht von  
**Thorsten Huber**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der  
**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an  
**Klinik für Augenheilkunde**

unter der Anleitung von  
Univ. Prof. Dr. med. Andreas Wedrich  
Dr<sup>in</sup>. Mona Schneider

Graz, 15.06.2015

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 15.06.2015*

*Thorsten Huber eh*

## Danksagungen

Ich möchte mich herzlich bei meinen Diplomarbeitbetreuern, Univ. Prof. Dr. med. Andreas Wedrich und bei Dr.<sup>in</sup> Mona Schneider, für die ausgezeichnete Unterstützung und Betreuung bedanken. Es war mir eine Ehre mit Ihrer Hilfe diese Arbeit zu erstellen.

Besonderer Dank gilt auch meinen Eltern, die mir das Medizinstudium ermöglichten und mir immer zur Seite standen.

Auch meinen Freunden möchte ich für die jahrelange Unterstützung danken.

# Zusammenfassung

Hintergrund und Ziel:

Intraokulare metallische Fremdkörper (FK) stellen eine häufige Verletzungsfolge am Auge dar. Eine Entfernung kann mittels externer Magnetextraktion erfolgen - eine Technik mit vergleichsweise geringem Aufwand bezüglich Ressourcen und Expertise. In den letzten 20 Jahren hat sich die mikrochirurgische Entfernung mittels pars plana Vitrektomie zur Entfernung intraokulärer Fremdkörper zunehmend als Standard etabliert. Diese Technik verlangt entsprechende apparative Ressourcen und chirurgische Expertise, die nicht überall und zu jeder Zeit vorgehalten werden können.

PatientInnen und Methoden:

In einer retrospektiven Studie analysierten wir penetrierende Augenverletzungen mit intraokulären metallischen Fremdkörpern des hinteren Augenabschnittes. In einer Zeitspanne von 1994 bis 2014 konnten wir 67 PatientInnen einschließen. Es wurden je nach erhaltener Ersttherapie zwei Untergruppen gebildet: „Vitrektomie (36 Pat.)“ und „diasklerale Magnetextraktion (31 Pat.)“. Für die statistischen Analysen wurde der Fisher's exact test und der Mann-White-U Test verwendet. Es waren 65 männliche und zwei weibliche PatientInnen. Das Durchschnittsalter lag bei 38,5 Jahren. Bei allen PatientInnen war nur ein Auge betroffen. Wir notierten prä – und postoperativen Snellen Visus, die Eintrittsstelle, den Verletzungsmechanismus, die Dauer bis zur Operation, prä – und postoperative Komplikationen, Spaltlampenbefunde sowie den Snellen Visus bei jeder Folgeuntersuchung. Die Hauptzielgröße war der best-korrigierte Visus.

Ergebnisse:

Die Länge der Nachbeobachtungszeit reichte von einer Woche bis 141 Monate (Mittel 54,4 Monate). In der VE-Gruppe erhielten 86,1% der PatientInnen eine Therapie innerhalb der ersten 24 Stunden, in der EM-Gruppe waren es 74,2%. Die Rate für Endophthalmitis und Netzhautabhebung waren 5,6%<sub>VE</sub>/9,7%<sub>EM</sub> und 22,2%<sub>VE</sub>/29%<sub>EM</sub>. Nur bei 4,4% unserer PatientInnen konnten wir eine positive Anamnese einer Schutzbrille erheben. Ein finales visuelles Ergebnis (mindestens 12 Monate Nachbeobachtungszeit) von  $\geq 0,5$  wurde in der VE-Gruppe bei 58,6%, bei der EM-Gruppe bei 64% der PatientInnen erreicht.

Statistische Analysen der beiden Gruppen konnten keinen Unterschied in dem visuellen Ergebnis zeigen. Als Prognosefaktoren für einen schlechten Visus ( $< 0,1$ ) konnten eine Netzhautabhebung im Verlauf und das Auftreten eines Sekundärglaukom in der EM-Gruppe

identifiziert werden, für die VE-Gruppe zeigten das Auftreten einer Glaskörperblutung postoperativ sowie auch das Auftreten eines Sekundärglaukom als statistisch ungünstig. Für die Prognose eines guten Visuellen Ergebnisses ( $\geq 0,5$ ) zeigte ein guter initialer Visus ( $\geq 0,5$ ) eine statistische Signifikanz.

Schlussfolgerung:

In unserer Studie zeigt sich, dass das visuelle Ergebnis von der Methode der FK-Entfernung unabhängig ist. Beide Gruppen haben sehr gute Ergebnisse erreicht. Die Möglichkeit, Begleitverletzungen mit fortgeschrittenen Technologien in der vitreoretinalen Chirurgie zu versorgen, sowie die schnelle Verfügbarkeit von medizinischer Behandlung in Österreich spielen hier eine bedeutende Rolle.

Wenn man die niedrige Anzahl an PatientInnen mit positiver Schutzbrillenanamnese betrachtet, zeigt sich die Wichtigkeit der präventiven Medizin, wodurch einige der Verletzungen vermieden werden könnten.

## Abstract

### Background and Aims:

Intraocular metallic foreign bodies (FB) are frequent results of eye injuries. Removal of the foreign body can be carried out with an external magnet extraction – a technique with comparatively less effort related to resource and expertise. In the last decade, extraction with pars plana vitrectomy became the standard of intraocular foreign body removal. This technique requests resources and surgical expertise, which is not available every where and every time.

### Patients and methods:

In a retrospective study 67 penetrating injuries with intraocular foreign body were analysed. 36 patients were treated with pars plana vitrectomy and 31 with a diascleral magnet extraction. As statistical tools the Fisher exakter Test and the Mann-Whitney- U Test were used among others. There were 65 male patients and two female patients with an average age of 38,5 years. We documented the pre – and postoperative Snellen visual activity, the entryside, the time until the operation was performed, the mechanism of injury, and also pre – and postoperative complications, splitlampexamination. Our main purpose was to analyse the best corrected visual activity.

### Results:

The follow-up time ranged from one week to 141 months. In the VE-group 86,1% received their initial therapy in the first 24 hours, 74,2% in the EM-group. 5,6%<sub>VE</sub> and 9,7%<sub>EM</sub> suffered from an endophthalmitis. 22,2%<sub>VE</sub> and 29%<sub>EM</sub> of our patients experienced a detachment of the retina. Only 4,4% reported on wearing safety goggles. A final visual outcome (at least twelve months follow-up)  $\geq 0,5$  were documented by 58,6%<sub>VE</sub> and 64%<sub>EM</sub>. Statistical analyses between both groups showed no significant differences.

Prognostic factors for bad visual outcome ( $< 0,1$ ) were a retinal detachment and a secondary glaucoma in the EM-group, a vitreous haemorrhage postoperative and also a secondary glaucoma in the VE-group. A good initial visus activity ( $\geq 0,5$ ) was a significant prognostic factor for good visual outcome ( $\geq 0,5$ ).

### Significance:

Our study shows that the visual result is independent of the method of extraction of the foreign body. Both groups, vitrectomy and diasclerale magnet extraction, have achieved very

good results. The opportunity to treat additional tissue injuries with advanced technologies in vitreoretinal surgery and the rapid availability of medical treatment in Austria play a significant role.

Considering the low number of patients with positive history of safety goggles, the importance of preventive medicine has been shown. Some of the injuries could have been avoided.

## Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNGEN</b> .....	<b>II</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>X</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1 TERMINOLOGIE .....	2
1.1.1 <i>BETT - Birmingham Eye Trauma Terminology</i> .....	2
1.2 VERLETZUNG MIT INTRAOKULÄREN FREMDKÖRPERN – PATHOPHYSIOLOGIE.....	4
1.2.1 <i>Vitreoretinopathie</i> .....	4
1.2.2 <i>Endophthamitis:</i> .....	4
1.2.3 <i>Chemische Eigenschaften von metallischen Fremdkörpern</i> .....	5
1.2.4 <i>Weitere Verletzungen</i> .....	6
1.3 DIAGNOSTIK .....	8
1.3.1 <i>Magnetresonanztomographie</i> .....	8
1.3.2 <i>Ultraschall</i> .....	9
1.3.3 <i>Röntgen</i> .....	9
1.3.4 <i>Computertomographie</i> .....	9
1.4 VERLETZUNGSMECHANISMUS UND MANAGEMENTPLAN.....	10
1.4.1 <i>Verletzungsmechanismus</i> .....	10
1.4.2 <i>Managementplan:</i> .....	10
1.4.3 <i>Vitrektomie</i> .....	11
1.4.4 <i>Diaskleraler Exomagneten</i> .....	12
1.5 PROGNOSEFAKTOREN.....	13
1.6 ZIEL DER ARBEIT .....	15
<b>2 MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>16</b>
<b>3 ERGEBNISSE – RESULTATE</b> .....	<b>18</b>
3.1 ANZAHL DER OPERATIONEN .....	18
3.2 PATIENTENGUT UND KLINISCHER ÜBERBLICK.....	18
3.2.1 <i>VE – Gruppe</i> .....	18
3.2.2 <i>EM – Gruppe</i> .....	19
3.2.3 <i>Vergleich</i> .....	19
3.3 KLINISCHE PRÄSENTATION:.....	20
3.3.1 <i>VE – Gruppe</i> .....	20
3.3.2 <i>EM – Gruppe</i> .....	20
3.3.3 <i>Vergleich:</i> .....	21
3.4 POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN:.....	23
3.4.1 <i>VE – Gruppe</i> .....	23
3.4.2 <i>EM – Gruppe</i> .....	24
3.4.3 <i>Vergleich</i> .....	25
3.5 FINALES VISUELLES ERGEBNIS.....	26
3.5.1 <i>Endvisus nach mindesten drei Monaten Nachbeobachtungszeit</i> .....	26
3.5.2 <i>Endvisus nach mindestens zwölf Monaten Nachbeobachtungszeit</i> .....	29
3.6 PROGNOSEFAKTOREN.....	30
3.6.1 <i>Schlechtes visuelles Ergebnis</i> .....	30
3.6.2 <i>Gutes visuelles Ergebnis</i> .....	31

<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>31</b>
4.1	KLINISCHE ERSTPRÄSENTATION .....	32
4.1.1	<i>Alters und Geschlechtsverteilung.....</i>	<i>32</i>
4.1.2	<i>Verletzungsmechanismus .....</i>	<i>32</i>
4.1.3	<i>Eintrittswunde .....</i>	<i>33</i>
4.1.4	<i>Fremdkörpereigenschaften.....</i>	<i>34</i>
4.1.5	<i>Zeit bis zur Fremdkörperentfernung .....</i>	<i>35</i>
4.2	POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN.....	36
4.2.1	<i>Netzhaut .....</i>	<i>36</i>
4.2.2	<i>Endophthalmitis.....</i>	<i>37</i>
4.2.3	<i>Glaskörperblutung.....</i>	<i>38</i>
4.3	VISUELLES ERGEBNIS .....	38
4.4	PROGNOSEFAKTOREN.....	41
4.5	PRÄVENTION .....	42
4.6	LIMITATION .....	43
4.7	ZUSAMMENFASSUNG .....	43
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>45</b>

## Glossar und Abkürzungen

IOFK	intraokulärer Fremdkörper
FK	Fremdkörper
FB	foreign body
VE-Gruppe	Vitrektomie Gruppe
EM-Gruppe	diasklerale Exomagnet Gruppe
NH	Netzhaut
HH	Hornhaut

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ÜBERBLICK ÜBER DEN BETT .....	2
ABBILDUNG 2: ANZAHL DER JÄHRLICH DURCHGEFÜHRTEN OPERATIONEN .....	18
ABBILDUNG 3: VE-GRUPPE_ ANZAHL DER FOLGEOPERATIONEN .....	24
ABBILDUNG 4: EM-GRUPPE_ ANZAHL DER FOLGEOPERATIONEN .....	25
ABBILDUNG 5: VE-GRUPPE_ VISUS BEI AUFNAHME UND VISUS NACH MIND. 3 MONATEN.....	27
ABBILDUNG 6: EM-GRUPPE_ VISUS BEI AUFNAHME UND VISUS NACH MIND. 3 MONATEN.....	28
ABBILDUNG 7: ZEITSPANNE BIS ZUR FREMDKÖRPERENTFERNUNG IM VERGLEICH MIT GREVEN ET AL. (1)..	35
ABBILDUNG 8: VISUELLES ERGEBNIS BEI GREVEN ET AL. (1).....	39

# Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: PROGNOSEFAKTOREN .....	14
TABELLE 2: DEMOGRAPHISCHE VERTEILUNG.....	19
TABELLE 3: KLINISCHE PRÄSENTATION_2 .....	22
TABELLE 4: KLINISCHE PRÄSENTATION .....	22
TABELLE 5: POSTOPERATIVE PARAMETER .....	26
TABELLE 6: VISUSÄNDERUNG.....	28
TABELLE 7: VERGLEICH ZWISCHEN VISUS BEI AUFNAHME UND ENDEVISUS NACH MINDESTENS ZWÖLF MONATE .....	30
TABELLE 8: ENDOPTHALMITISRATE IN VERGLEICHBAREN STUDIEN.....	37
TABELLE 9: VISUELLES ERGEBNIS $\leq 0,5$ BEI VERGLEICHBAREN STUDIEN.....	40

# 1 Einleitung

Penetrierende Augenverletzungen stellen eine häufige Verletzung dar und sind, im Alter der Erwerbstätigen, die führende Ursache für monokulare Blindheit. Obwohl das Auge nur etwa 0,1% der gesamten Körperoberfläche ausmacht, ist seine Wichtigkeit für Individuen und die Gesellschaft überproportional höher: die meisten Informationen erreichen den Menschen über das Sehen. Menschen mit Augenverletzungen haben oft mit dem Verlust ihrer Karrieremöglichkeiten, Lebensstilveränderungen und auch permanenter körperlicher Entstellung zu kämpfen. (1-6)

Die Entfernung von intraokulären Fremdkörpern (IOFK) ist seit tausenden Jahren bekannt. Schon im Jahr 1624 wurde die erste erfolgreiche Entfernung eines magnetischen Fremdkörpers dokumentiert. Im Jahr 1789 entwickelte Hirschberg einen externen Magneten für die Extraktion von IOFK.

Obwohl sich in den letzten Jahrzehnten die Versorgung von penetrierenden Augenverletzungen deutlich verbessert hat, wie zum Beispiel durch fundamentale Fortschritte bei mikrochirurgischen und vitreoretinalen Techniken, bleiben offene Augenverletzungen ein herausforderndes Problem. (3,4,7,8)

In etwa der Hälfte aller Fälle von offenen Augenverletzungen sind IOFK zu finden. Vor allem Kinder und junge Erwachsene, besonders Männer, sind von diesen Verletzungen betroffen. (9)

Ein IOFK kann im Auge zu einer Entzündung führen, kann das Auge mechanisch verletzen, aber auch toxische Effekte auf intraokuläre Strukturen haben. Darum ist es von besonderer Wichtigkeit, den IOFK durch klinische Untersuchungen und moderne diagnostische Methoden, möglichst schnell aufzufinden. Ein passender Therapieplan ist zu erstellen und muss mit den PatientInnen besprochen werden. (10)

Um möglichst viel Information über Augenverletzungen zu gewinnen, wurde 1988 der United States Eye Injury Registry (USEIR) gegründet. Es werden Daten sowohl von großen medizinischen Zentren, als auch von niedergelassenen Ärzten in den USA, in einer Datenbank zusammengefasst. Eine identische Datenbank für Ärzte in der ganzen Welt stellt der World Eye Injury Registry dar.

Die Ziele dieser Datensammlungen sind Trends und Ursachen zu identifizieren und auf dessen Basis eine primäre, sekundäre und tertiäre Prävention zu entwickeln. Der USEIR hat gezeigt, dass alleine in den USA 500.000 Jahre Augenlicht jährlich durch Augenverletzungen verloren gehen. (3)

## 1.1 Terminologie

Eine einheitliche Terminologie ermöglicht die genaue Übertragung von Daten, erleichtert die optimale PatientInnenbehandlung und es kann weiters die Wirksamkeit von Medikamenten und chirurgischen Interventionen analysiert werden. Ohne eine standardisierte Terminologie ist es unmöglich, Outcome-Berechnungen, wie mit dem OTS (Ocular Trauma Score) durchzuführen, sowie eine eindeutige, unmissverständliche Kommunikation zwischen Ophthalmologen zu ermöglichen. (3)

### 1.1.1 BETT - Birmingham Eye Trauma Terminology

Die BETT verwendet eine klare Definition für alle Typen von Verletzungen. Um den Aufbau der BETT zu verstehen, muss man die Begriffe immer in Bezug auf den gesamten Augenball sehen. Viele ophthalmologische Organisationen haben BETT übernommen.

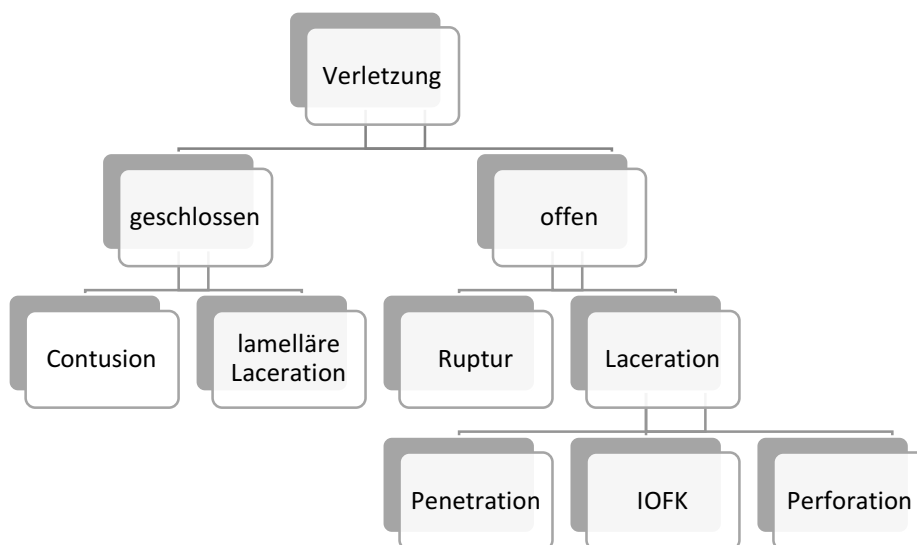


Abbildung 1: Überblick über den BETT

**Closed Globe – geschlossen:** keine vollständig durchdringende Wunde durch die Augenwand (Sklera und Cornea)

**Open Globe – offen:** vollständig durchtretende Wunde durch die Augenwand

**Contusion - Prellung:** keine (vollständig durchtretende) Wunde.

**Lamelläre Laceration:** teilweise durchtretende Wunde – gehört zu den geschlossenen Verletzungen.

**Ruptur:** vollständig durchtretende Wunde mit einem stumpfen Objekt. Weil der Augapfel mit einem uneindrückbaren Glaskörper gefüllt ist, führt ein Aufprall eines stumpfen Objektes zu einer momentanen Erhöhung des IOP. Am schwächsten Punkt gibt die Augenwand nach, welcher nicht immer der Aufprallpunkt sein muss. Es handelt sich um einen „inside-out“ Mechanismus, daher kommt es häufiger zum Prolaps von Augengewebe.

**Laceration:** vollständig durchtretende Wunde, verursacht von einem scharfen Objekt. Die Wunde entsteht am Aufprallpunkt durch einen „outside-in“ Mechanismus.

**Penetrating Injury - Penetration:** Es handelt sich um eine Laceration - es gibt nur eine Eintrittswunde, keine Austrittswunde und kein IOFK; bestehen mehrere Wunden, müssen alle durch unterschiedliche Objekte aufgetreten sein.

**Intraocular foreign body injury - IOFK:** Es verbleiben Fremdkörper im Auge. Im Grunde handelt es sich um einen penetrierende Wunde, wird aber einzeln aufgelistet, da es andere klinische Auswirkungen hat.

**Perforating injury - Perforation:** Es findet sich eine Eintritts- und Austrittswunde. Beide sind durch das selbe Objekt entstanden. (3)

In unserer Studie befassen wir uns nur mit penetrierenden Wunden mit IOFK.

## **1.2 Verletzung mit Intraokulären Fremdkörpern – Pathophysiologie**

Die Ausbildung von Komplikationen hängt von der Eintrittswunde, dem Kanal, der Schärfe und Größe des Fremdkörpers, der Verzögerung bis zur Intervention und der einwirkenden Kraft ab. Zum Eintritt des FK in das Auge braucht es eine gewisse Menge an Energie. Umso kleiner die Eintrittswunde, desto weniger Energie ist bei der Perforation der Augenhaut verloren gegangen. Stumpfe FK richten meist einen größeren Schaden an, als spitze Objekte. (3,11,12)

### **1.2.1 Vitreoretinopathie**

Penetriert ein FK das Auge, so kann es zu unterschiedlichen Komplikationen kommen: Intraokuläre Blutung, Verletzungen der Uvea, Eröffnung der Linsenkapsel und andere Läsionen führen zu einer massiven Entzündungsreaktion. Entzündungen und Gewebszerstörungen sind Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung einer proliferativen Vitreoretinopathie (PVR), welche sekundär zu traktive Netzhautabhebungen führen kann. Vor allem die Größe des Fremdkörpers, das Vorhandensein einer Netzhaut(NH) Läsion und ein traumatischer Katarakt sind signifikante Risikoparameter. Je größer der FK, desto höher ist seine Energie und desto höher ist das Risiko die NH zu verletzen. (3,4,13)

### **1.2.2 Endophthalmitis:**

Wie die Literatur in einigen Studien zeigt, ist für die Entwicklung einer Endophthalmitis, vor allem die Zeitspanne bis zur Entfernung des IOFK, von entscheidender Bedeutung. Die Endophthalmitisrate bei penetrierenden Augenverletzungen mit IOFK liegt im Bereich von 0 – 13% oder sogar höher (in einer Arbeit war die Endophthalmitisrate sogar bei 17% (14)). Wird ein Fremdkörper innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Verletzung entfernt, ist die Endophthalmitisrate deutlich gesenkt. Hier findet man in der Literatur Werte um 3 – 6%. Eine verspätete Fremdkörperentfernung – über 24 Stunden – geht mit einer um das vierfache erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Endophthalmitis einher.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Entwicklung einer posttraumatischen infektiösen Endophthalmitis ist der Typ des Fremdkörpers. Wie sich in der Literatur zeigt, sind vor allem organische FK, wie zum Beispiel aus Holz, sofort zu entfernen, da sie gehäuft zu einer Endophthalmitis führen. Bei Jonas et al. sind es sogar 50% der organischen FK, die zu einer Endophthalmitis führten. Treten bei einem anorganischen FK Zeichen einer Endophthalmitis auf, so sollte auch dieser sofort entfernt werden. (4,8,12,15,16)

### **1.2.2.1 Antibiotischen Therapie**

Die Rolle der antibiotischen Therapie bei Augenverletzungen mit IOFK wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Es besteht die Möglichkeit intravenöse oder intravitreal Antibiotika zu verabreichen.

Obwohl intravenös verabreichte Antibiotika eine limitierte Augenpenetration aufweisen und ihre Effektivität nicht bewiesen ist (Endophthalmitis Rate: 6,8% mit und 7,2% ohne Antibiotika (17)), werden sie doch meist bei IOFK empfohlen und verwendet.

Intravitreale Antibiotika werden bei Verunreinigungen oder Kontamination des FK sowie Zeichen einer Endophthalmitis verwendet. (14,17)

### **1.2.3 Chemische Eigenschaften von metallischen Fremdkörpern**

Viele Substanzen wie Kunststoffe, Gold und Silber sowie Glas sind inert. Jedoch unterliegen Eisen und Kupfer der Dissoziation und können zu einer Siderose, beziehungsweise Chalcose führen. Der Umstand, dass metallische FK selten rein sind, erhöht damit die Toxizität. (9,10)

#### **1.2.3.1 Siderose bulbi:**

Als Siderose bezeichnet man eine Erkrankung, bei der es zu Ablagerung und Speicherung von Eisen (-salzen) kommt. Die FK Korrosion ist bedingt durch eine Interaktion zwischen dem dreiwertigen Eisen Ionen und den Proteinen, primär in den Epithelzellen des Auges. Es kommt zur Bildung von freien Radikalen, zum Aufbrechen von Lysosomen und zum Freiwerden von Enzymen, das einen Zelluntergang nach sich zieht. Durch Schädigung des

Trabekelwerks kann es zu einem Sekundärglaukom kommen. Weiters führt die Pigmentretinopathie zu einer Reduktion der Sehschärfe.

Die Bedrohung einer Siderose ist ein starkes Argument, alle frischen metallischen FK zu entfernen. (3,10,18)

### **1.2.3.2 Chalcosis**

Bei einer Verletzung mit einem kupferhaltigen FK kann es zu Kupferablagerungen im okulären Gewebe kommen. Zu den typischen Veränderungen gehören der Kayser-Fleischer-Ring, Veränderung der Irisfarbe und der Sonnenblumenkatarakt.

Die kupferhaltigen FK können zu einer massiven, einer Endophthalmitis-ähnlichen Entzündung führen. Es kommt in Folge zu einer corneoskleralen Einschmelzung, einem Hypopyon und zu Netzhautablösungen. Unbehandelt führt sie binnen Stunden zum Verlust des Visus. (3,10)

### **1.2.4 Weitere Verletzungen**

Zu Begleitverletzungen bei IOFK kann es einerseits sofort beim Aufprall und beim Durchstoßen der Augenwand, andererseits bei der Operation, iatrogen, kommen.

Der FK kann alle anatomischen Strukturen, die er beim Durchtritt passiert, verletzen. Es kann zu Schäden an der Hornhaut, der Sklera, der Linse, in Form einer traumatischen Katarakt, der Netzhaut, zu einer Glaskörperblutung sowie zu chemischen Schädigungen und Infektionen kommen.

Eine Vergrößerung der Sklerotomie, wie es bei Operationen üblich ist um den FK zu entfernen, kann mit Komplikationen wie Hypotonie, Glaskörperblutung, Inkarzeration der Netzhaut in der Wunde und postoperativ mit einer Ablösung der Netzhaut assoziiert sein. (19)

#### **1.2.4.1 Netzhautschäden**

Einer der gravierendsten Begleitverletzungen von IOFK sind Netzhautrisse und damit verbundene Netzhautabhebungen.

SINGH beschreibt, dass Netzhautabhebungen statistisch signifikant assoziiert sind mit einer skleralen Eintrittswunde, der Größe, sowie der Lokalisation des FK. (19)

Periphere Netzhautrisse, beziehungsweise Netzhautabhebungen werden mit einer Argon Laser Photokoagulation oder mit einer Kryopexie therapiert.

Für ein prophylaktisches „Sklerabuckling“ nach einer Operation zur FK-Entfernung, wie es in der Literatur kontrovers diskutiert wird, konnte keine statistische Signifikanz gefunden werden. (9,14,19)

## **1.2.4.2 Katarakt**

Die gesamte Erklärung des Themas wäre hier zu ausführlich, deswegen beschränke ich mich in dieser Arbeit nur auf die Katarakt durch Verletzungen oder Operation sowie die chemisch bedingte Katarakt.

### ***1.2.4.2.1 Cataract traumatica***

Bei penetrierenden oder perforierenden Verletzungen kann es zum Durchstoßen der Linsenkapsel kommen. In Folge dessen tritt Kammerwasser ein und das Linseneiweiß quillt. Die Trübung der Linse erfolgt in diesem Fall sehr schnell. Eine Operation sollte aufgrund der möglichen Augendruckhöhung durchgeführt werden.

Bei metallischen FK, beziehungsweise bei Eisensplittern, kann es aufgrund der Siderose zu einer braunen Linsentrübung (Cataract siderotica) kommen, eine Sonnenblumenkatarakt ist eine typische Komplikation bei der Chalcosis.

### ***1.2.4.2.2 Katarakt nach intraokulären Operationen***

Nach einer Vitrektomie, vor allem, wenn zur inneren Tamponade Silikonöl oder Gas verwendet wurde, kann es zu einer allmählichen Trübung der Linse kommen. (20)

### **1.2.4.3 Glaskörperblutung**

Der Glaskörper besitzt selbst keine Blutgefäße, doch kann es bei perforierenden Verletzungen sowie bei Glaskörperabhebungen, Netzhautrissen oder bei Gefäßproliferation bei diabetischer Retinopathie und Zentralvenenverschluss zu einem Verletzen der Gefäße kommen. Im Weiteren kommt es dann zum Einbluten in den Glaskörper. Der Patient/ die Patientin bemerkte eine plötzlich auftretende dunkle Trübung. Bei stärkerer Einblutung kann es zur plötzlichen Erblindung kommen. (21)

## **1.3 Diagnostik**

Basierend auf einer detaillierten Anamnese, einer Untersuchung mit der Spaltlampe, einer direkter und indirekten Ophthalmoskopie und einigen diagnostischen Tests, sollte der Ophthalmologe bestimmen können, ob ein FK vorhanden ist oder nicht. Neben dem Auffinden eines FK, ist es wichtig, sich auch die Frage nach Begleitverletzungen, wie Glaskörperblutung, Netzhautabhebungen oder Endophthalmitis zu stellen.

Bei allen offenen Augenverletzungen sollte an einen FK gedacht werden und auch bei negativen Untersuchungen nicht sofort ausgeschlossen werden. (3)

Eine ophthalmologische Untersuchung, welche die Bewertung des Visus, der Hornhaut und Sklera, der Vorderkammer, des Glaskörpers und eine Untersuchung der Netzhaut beinhaltet, muss nach okulären Traumen, sowie vor und nach jeder chirurgischen Intervention, durchgeführt werden.

Zu den zusätzlichen diagnostischen Tests zählen der Ultraschall, das Röntgen sowie das CT. Auch das MRT hat seine Wichtigkeit.

### **1.3.1 Magnetresonanztomographie**

„Die MRT ist bei einem intraokulären metallischen FK kontraindiziert“. (10)

In der Literatur ist man sich nicht einig, ob es aber immer zu magnetischen Interaktionen kommt. Einige beschreiben, dass Bewegungen von FK selten vorkommen, andere

beschreiben, dass sogar bei augenfernen Untersuchungen, wie Lumbal-MRT, Bewegungen dokumentiert wurden. Ein MRT wird somit bei Verdacht auf einen metallischen FK vermieden. Bei organischen FK hingegen ist sie die beste Untersuchungsmethode und sogar dem CT überlegen. (9,12)

### **1.3.2 Ultraschall**

Der Ultraschall ist ein schnell verfügbares, diagnostisches Mittel für den Ophthalmologen. Er besitzt die Fähigkeit nicht röntgendichte FK, wie Glas und Plastik gut darzustellen. Auch magnetische FK können gut dargestellt werden, jedoch muss der Ultraschall mit Vorsicht verwendet werden. Es kann oftmals, vor allem bei sehr kleinen FK und FK aus Holz, zu falsch negativen Resultaten kommen. Auch falsch positive Ergebnisse sind bei hoch reflektierenden Grenzflächen, wie es bei Luftbläschen der Fall ist, möglich. (14)

Für die Detektion von Begleitverletzungen, wie Cataract traumatica, Glaskörperblutung, und Glaskörper-/Netzhautabhebungen ist der Ultraschall gut geeignet, jedoch hat er bei genauen Lagebestimmung des FK, besonders, wenn sich der FK im hinteren Augenbereich befindet, seine Schwächen. (12,22)

### **1.3.3 Röntgen**

Das konventionelle Röntgen hilft bei der Visualisierung von röntgendichten FK, wie Metallteile oder Waffenprojekte, wird aber mehr und mehr durch das CT ersetzt.

### **1.3.4 Computertomographie**

Das CT gilt als Goldstandard der bildgebenden Verfahren für PatientInnen mit dem Verdacht auf einen IOFK; es kann die Lokalisation des FK präzise aufzeigen und ist hilfreich für die Detektion von Begleitverletzungen wie Glaskörperblutung oder knöcherne Orbitawandverletzungen. Auch für die Größenmessung und die Wahl des chirurgischen Zuganges zur Extraktion des Fremdkörpers ist das CT von Bedeutung. (12,23)

## **1.4 Verletzungsmechanismus und Managementplan**

### **1.4.1 Verletzungsmechanismus**

Für IOFK ist der häufigste Verletzungsmechanismus das Hämmern auf Metall. Vor allem Hammer–Meißel–Verletzungen spielen hier eine bedeutende Rolle. MESTER und KUHN nennen Hämmern als Verletzungsmechanismus, mit Verweis auf mehrere Literaturstellen, mit bis zu 80% aller Fälle. Weitere häufige Ursachen für IOFK sind Verkehrsunfälle, Schussprojekte sowie Explosionen. (1,12,14,15,17,19)

Wie in der Literatur zu finden ist, spielt der Verletzungsmechanismus als Prognosefaktor eine wichtige Rolle für das visuelle Ergebnis. PatientInnen, die sich beim Hämmern auf Metall verletzt, hatten einen besseren finalen Visus, als jene mit anderen Verletzungsmechanismus. GREVEN beschreibt, dass es beim Hämmern auf Metall zu relativ kleinen FK und damit verbunden, zu weniger okulären Begleitverletzungen kommt, als bei anderen Mechanismen, wie Explosionen oder Feuerwaffen. (1)

### **1.4.2 Managementplan:**

IOFK stellen eine komplexe chirurgische Herausforderung dar. Einerseits soll der FK erfolgreich entfernt werden, während man andererseits versuchen muss, die Augenarchitektur wieder herzustellen, um die Sehkraft zu erhalten. (1)

Bevor man einen passenden Managementplan erstellt, muss man sich die Frage stellen, wie akut eine Intervention nötig ist. Indirekte Hinweise auf die Schwere der Verletzung - Länge der Eintrittswunde, der Verletzungshergang, die kinetische Energie und Eigenschaften des Fremdkörpers und assoziierte intraokuläre Gewebsverletzungen - können helfen, diese Entscheidung zu treffen. Auch die Erfahrung des Chirurgen/der Chirurgin und das vorhandene operative Ressourcen sind von Bedeutung. In der Literatur wird der Erfahrung des Chirurgen/der Chirurgin mehr Auswirkung auf das finale Operationsergebnis zugesprochen, als dem Faktor Zeit. (3,4)

In dem letzten Jahrzehnt hat sich die mikrochirurgische Entfernung mittels pars plana Vitrektomie zur Entfernung intraokulärer FK als Standard etabliert. Diese Technik verlangt

entsprechende apparative Ressourcen und chirurgische Expertise, die nicht überall und zu jeder Zeit vorgehalten werden können.

Trotz der Weiterentwicklungen im Bereich von vitreoretinalen und mikrochirurgischen Techniken bleibt das Management von penetrierenden Augenverletzungen mit FK eine Herausforderung. (8)

### **1.4.3 Vitrektomie**

Als Vitrektomie bezeichnet man das chirurgische Entfernen des Glaskörpers. Erst seit wenigen Jahrzehnten gibt es geeignete Instrumente, die den gallertartigen Glaskörper über kleine Öffnungen (Sklerotomien) schneiden und damit entfernen können. Diese mikrochirurgische Operation befindet sich seit Jahren in der Weiterentwicklung.

Bei der heute üblichen pars plana Vitrektomie werden die Operations- und Beleuchtungsinstrumente über Sklerotomie-Ports 3,5 - 4 mm hinter dem Limbus durch die pars plana des Ziliarkörpers eingeführt. Über einen dritten Zugang wird eine physiologische Salzlösung infundiert. Der Glaskörper wird geschnitten und abgesaugt während gleichzeitig die Flüssigkeit infundiert wird, um den Augendruck aufrecht zu halten. Es besteht die Möglichkeit bei besonderen Indikationen Perfluordecalin als Infusionsflüssigkeit zu verwenden. Perfluordecalin ist schwerer als Wasser und kann deshalb beim liegenden PatientInnen während der Operation die Netzhaut entfalten. Diese Flüssigkeit muss nach der Operation aber durch Wasser, Gas oder Silikonöl ausgetauscht werden. Gas beziehungsweise Silikonöl wird verwendet um die Netzhaut, in Form einer inneren Tamponade, auf dessen nährnde Unterlage zu drücken.

Über einen der Ports können nun auch weitere Instrumente wie Pinzetten, Scheren, Endomagneten zur Fremdkörperentfernung oder ein Endolaser zur Photokoagulation der Netzhaut eingeführt werden. (21)

In Studien werden Vorteile der Vitrektomie wie folgt beschrieben:

- Es besteht die Möglichkeit, Trübungen und Begleitverletzungen, wie Glaskörperblutungen, Netzhautrisse, Netzhautabhebungen oder eine Katarakt

mitzubehandeln, sowie den FK direkt zu visualisieren, um ihn mittels Pinzette oder Endomagneten zu entfernen. (1)

- Fremdkörperentfernung mittels Vitrektomie unter der Verwendung von Pinzetten oder intraokulären Magneten liefert dem Operateur eine größere Kontrolle und reduziert die Wahrscheinlichkeit für iatrogene Komplikationen wie Netzhautabhebungen.

In einigen vorigen Studien hat es jedoch keinen Unterschied im Visuellen Ergebnis zwischen Fremdkörperentfernung mittels EEM und Vitrektomie gegeben. KUHN und MORRIS sehen hier einen Selektionsfehler, da schwere Augenverletzungen oft mit einer Vitrektomie behandelt wurden. Sie konnten in einer Fall-Kontroll-Studie zeigen, dass die Vitrektomie signifikant bessere anatomische und funktionale Ergebnisse lieferte. (24)

Als alternative Methode beschreibt SINGH eine 23-gauge Vitrektomie mit der Entfernung des Fremdkörpers über den Limbus. Seine Arbeit zeigt ausgezeichnete Ergebnisse, jedoch für nur sehr selektive Fälle. Sein Team verwendete die limbale Route zur Entfernung des Fremdkörpers und konnte somit auf die Vergrößerung eines Sklerotomie-Ports und damit verbundenen Risiken verzichten. Dies war möglich, weil die behandelten Fälle alle simultan einen Katarakt entwickelt hatten und zuvor eine Lensektomie durchgeführt wurde. (19)

#### **1.4.4 Diaskleraler Exomagneten**

Ein IOFK kann auch mittels externer Magnetextraktion entfernt werden - eine Technik mit vergleichsweise geringen Aufwand bezüglich Ressourcen und Expertise. Magnetische Entfernung von Fremdkörpern ist eine Technik, die seit mehreren 100 Jahren verwendet wird.

Obwohl viele Typen von metallischen FK unter der Verwendung eines extraokulären Magneten entfernt werden können, gibt es heutzutage einige Voraussetzungen um Begleitverletzungen möglichst zu verhindern: ein metallischer FK muss logischerweise magnetisch sein, er sollte gut visualisierbar sein, die Linse klar, der Glaskörper frei beziehungsweise kaum getrübt durch Blutungen.

Ein externer Magnet ist sperrig. Seine magnetische Kraft reicht über eine große Weite und kann den FK mit einer hohen Geschwindigkeit aus dem Augapfel ziehen. Wenn der Magnet falsch ausgerichtet ist oder der FK falsch lokalisiert wurde, nimmt der FK einen anderen Weg und kann intraokulär schwere Schäden anrichten. Magnetische Extraktion mit externen Magneten beinhaltet daher einige Risiken, die in den Managementplan mit einbezogen werden müssen. (15)

Der Vorteil dieser Methode liegt im geringen Aufwand bezüglich Ressourcen und Expertise. Zusätzlich verletzt es den Glaskörper weniger, als eine komplette Vitrektomie. (1)

## **1.5 Prognosefaktoren**

Die Prognose und das Visuelle Ergebnis von offen Augenverletzung mit IOFK ist heutzutage besser denn je; die meisten Augen erreichen einen guten Visus. Diese Verbesserung ist einerseits auf technische Fortschritte, wie mikrochirurgische Fremdkörperentfernung mittels intraokulären Magneten, andererseits auf die bessere Visualisierung mittels CT oder MRT, sowie auf eine schnellere Versorgung zurückzuführen. (3,14)

Der wichtigste Faktor für ein schlechtes visuelles Ergebnis ist nicht etwa eine Netzhautabhebung oder die Zeit bis zur Operation; es ist der initiale Gewebsschaden, der bei der Verletzung entstanden ist. (3)

In der Literatur ist eine große Anzahl an Prognosefaktoren für den Endvisus zu finden. Die Tabelle 1 soll hier einen Überblick über prognostisch günstige beziehungsweise ungünstige Faktoren liefern.

<b>Variable</b>	<b>Prognostisch günstig</b>	<b>ungünstig</b>
Verletzungsmechanismus(1,15)	Hammer auf Metall	Schusswaffen, Explosionen
Größe des FK(4,5,14,24)	klein	Groß; >5mm
Initialer Visus (1,4- 6,8,9,14,24,25)	≥6/12;	Schlechter initialer Visus
Material des FK(4)	metallisch	organisch
Lokalisation des FK(5,6,8,25)	Anterior, in der Sklera, Cornea	posterior
Lokalisation der Wunde(25)	Corneal	Skleral, corneoskleral
Wundlänge(25)	<3mm	>3mm
Zeit bis zur Operation(8,9)	<48h; <24h (CHAUDHRY)	>48h (CHAUDHRY)
Endophthalmitis(14,25)	Nein	Ja
Linsenverletzung(4,6)	Nein	Ja
Netzhautverletzung/- abhebung(1,4,15,24,25)	Nein	Ja
Glaskörperblutung(1)	Nein	Ja
Makula-Narbe(15)	Nein	Ja
Afferenter Pupillardefekt (APD)(1,9,14)	Nein	Ja
Uveal Prolaps(6)	Nein	Ja
Intervention	Vitrektomie; (8,24)	
	EEM und Pinzette bei Vitrektomie gleich (9)	
Anzahl der Interventionen(14)	≤2 Folge-Ops	
	Prophylaktisches Sclera- buckling(14,19)	
Spätere Komplikationen		Netzhautabhebung und sekundär Katarakt (14)
Schutzbrille(1,6,14)	Ja	Nein

*Tabelle 1: Prognosefaktoren*

Es zeigt sich, dass eine Prognose des finalen visuellen Ergebnisses nach penetrierenden Verletzungen mit FK aufgrund der vielen, beeinflussenden Faktoren, ein schwieriges Unterfangen ist.

KUHN versuchte für die Vorhersage des finalen visuellen Ergebnisses in Augenverletzung ein standardisiertes System zu entwickeln. Der OTS (Ocular Trauma Score) basiert auf der Terminologie des BETT.

Der OTS vergibt je nach initialem Visus Punkte von 60 (kein Lichtempfinden) bis 100 (besser als Lesevisus  $\geq 0,5$ ); je nach Art der Verletzung sowie Begleitverletzungen (Endophthalmitis; Netzhautabhebung; APD) werden Punkte abgezogen. In einer Tabelle können die Punkt dann mit den Wahrscheinlichkeiten für das visuelle Ergebnis abgeglichen werden.

Weil wir in unserer Studie nur mit penetrierenden Augenverletzungen mit FK, ohne Netzhautabhebung und Endophthalmitis bei Erstuntersuchung arbeiteten, erscheint uns die Berechnung des OTS für diese Arbeit nicht sinnvoll. (3)

## **1.6 Ziel der Arbeit**

Intraokuläre, metallische Fremdkörper stellen eine häufige Verletzungsfolge am Auge dar. Eine Entfernung kann mittels externer Magnetextraktion erfolgen - eine Technik mit vergleichsweise geringem Aufwand bezüglich Ressourcen und Expertise. In den letzten 20 Jahren hat sich die mikrochirurgische Entfernung mittels pars plana Vitrektomie zunehmend zur Entfernung intraokulärer Fremdkörper als Standard etabliert. Diese Technik verlangt entsprechende apparative Ressourcen und chirurgische Expertise, die nicht überall und zu jeder Zeit vorgehalten werden können.

Ziel dieser Arbeit ist nun diese beiden Operationstechniken zu vergleichen und mittels dem finalen visuellen Ergebnis zu beurteilen. Weiters wird versucht, mögliche Risiko- und Prognosefaktoren mit statistischen Verfahren zu identifizieren.

## 2 Material und Methoden

In dieser retrospektiven Studie analysieren wir penetrierende Augenverletzungen mit metallischen Fremdkörpern im hinteren Augenabschnitt, welche von 1994 bis 2014 an der Universitätsklinik für Augenheilkunde mit Vitrektomie oder diaskleraler Magnetextraktion behandelt wurden.

Die Einschlusskriterien waren metallomagnetische intraokuläre Fremdkörper im hinteren Augenabschnitt, welche an der Universitätsklinik für Augenheilkunde Graz ihre Erstbehandlung erhielten. Ausgeschlossen wurden Augen, die den FK nicht im hinteren Augensegment hatten, die bei der Erstuntersuchung eine Endophthalmitis zeigten, sowie jene die schon von Beginn an eine zwingende Indikation für eine pars plana Vitrektomie (zB. eine massive Netzhautabhebung die nicht mittels externer Laserkoagulation behandelt werden konnte) hatten.

67 PatientInnen im Alter von 4-80 Jahren (Mittelwert 38,5) entsprachen diesen Einschlusskriterien. Aufteilung in den Gruppen: 36 in der VE – Gruppe und 31 in der EM – Gruppe. Der Beobachtungszeitraum betrug 1 Woche bis 141 Monate, wobei PatientInnen mit einer Nachbeobachtungszeit von weniger als drei Monate für die Auswertung des Visus ausgeschlossen wurden, jedoch für andere Auswertungen in den Gruppen blieben.

Die Augenuntersuchung zu Beginn beinhaltet den besten korrigierten Snellen-Visus, Goldmann-Applantations-Tonometrie zur Bestimmung des intraokulären Druck, Spaltlampen-Biomikroskopie sowie eine indirekte oder direkte Ophthalmoskopie. Die Spaltlampen Untersuchung wird durchgeführt um korneale Verletzungen, Veränderungen in der Vorderkammer sowie Linsenverletzungen zu finden; die indirekte oder direkte Ophthalmoskopie, um den Glaskörper und die Netzhaut zu beurteilen und den FK zu lokalisieren. Ist letzteres nicht möglich, werden zusätzlich diagnostische Methoden (CT, Ultraschall) verwendet, um den FK darzustellen.

Diese Studie vergleicht nun die Ergebnisse der Fremdkörperentfernung mittels externer Magnetextraktion mit der mikrochirurgischen Entfernung mittels pars plana Vitrektomie.

Die Patientdaten wurden nach folgenden Kriterien analysiert:

- Alter bei der Operation
- Geschlecht
- Lokalisation der Eintrittswunde
- Zeit zwischen der Verletzung und der Operation
- Verletzungsursache
- Anzahl der Fremdkörper
- Größe des Fremdkörpers (Die Größe des Fremdkörpers wurde diagnostisch mittels CT vermessen beziehungsweise postoperativ bestimmt) Es erfolgte eine Kategorisierung in  $<2\text{mm}$ ;  $2-4,9\text{mm}$ ;  $5-9,9\text{mm}$  und in  $\geq 10\text{mm}$
- Visus bei Aufnahme, bei Entlassung, Kontrollvisus nach etwa 6 Monaten und der Endvisus. Wir haben zwei Auswertungen zum Endvisus durchgeführt: einmal nach mindestens 3 Monaten (N=61) und einmal nach mindestens 12 Monaten (N=54). Jene PatientInnen bei denen wir keine Nachbeobachtungszeit von mindesten drei beziehungsweise zwölf Monaten hatten, mussten wir für die Berechnung des Visus ausschließen; für andere Berechnungen bleiben sie jedoch in den Daten.  
Der Visus wurde als bestkorrigierter Snellen-Visus dokumentiert und zusätzlich in LogMar für weitere Auswertungen umgerechnet. Es erfolgte eine Kategorisierung des Snellen-Visus in  $\geq 0,5$ ;  $<0,5 - \geq 0,1$ ; sowie in  $<0,1$
- Nachbeobachtungszeit
- Netzhautabhebung, Anzahl Operationen wegen Netzhautabhebungen
- Glaskörperblutung
- Augendruck
- Endophthalmitis
- Anzahl der Folgeoperationen

Die statistischen Auswertungen wurde Großteils von Frau Dipl. -Ing. Dr. Riedl Regina vom Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Dokumentation der Medizinischen Universität Graz durchgeführt.

Für die statistischen Berechnungen wurde SPSS (Version 23) verwendet. Als statistische Tests wurde der Fisher's exact test und der Mann-White-U Test verwendet um einerseits die beiden Gruppenmerkmale untereinander abzugleichen, andererseits um eine Assoziation zwischen dem finalen visuellen Ergebnis und den Nebenzielgrößen zu zeigen.

## 3 Ergebnisse – Resultate

### 3.1 Anzahl der Operationen

Hier zeigt sich die Anzahl der durchgeführten Operationen, aufgeteilt auf die beiden Operationstechniken, in den Jahren unseres Beobachtungszeitraums.

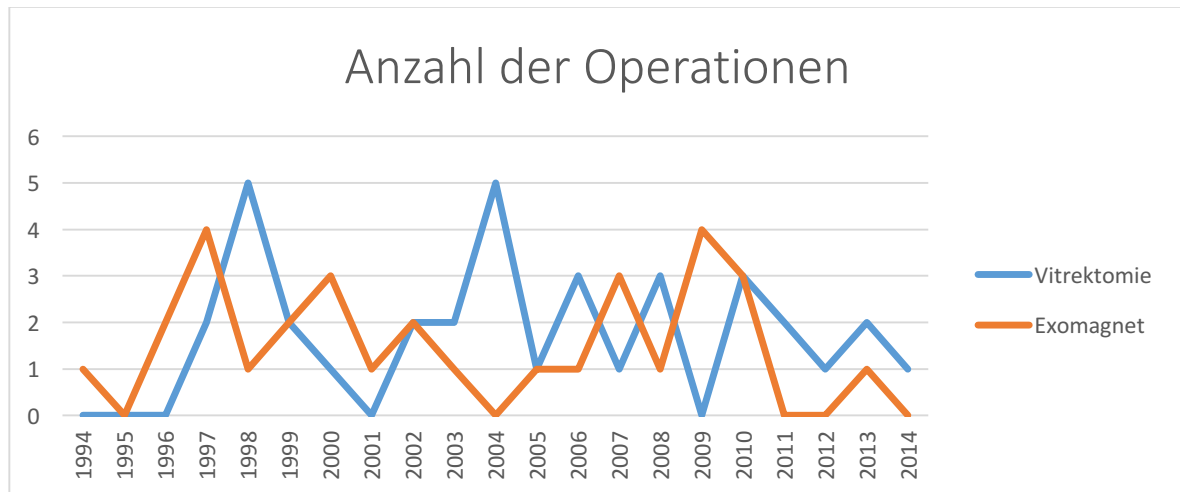


Abbildung 2: Anzahl der jährlich durchgeführten Operationen

### 3.2 Patientengut und klinischer Überblick

Nach Bearbeitung aller Daten zu penetrierenden Augenverletzungen in den Jahren 1994 bis 2014 wurden 67 PatientInnen mit intraokulären metallischen FK identifiziert, die eine chirurgische Entfernung mittels pars plana Vitrektomie oder diaskleralem Exomagnet erhielten. Bei 36 PatientInnen wurde eine Vitrektomie als Erstoperation zur Entfernung des FK durchgeführt, bei 31 wurde ein Exomagnet verwendet.

#### 3.2.1 VE – Gruppe

Das mittlere Alter lag bei 39,9 Jahren (von 4,4 bis 66,1) mit einer hohen Dominanz zum männlichen Geschlecht (97,2%, n = 35). Lediglich eine Frau war in dieser Gruppe zu finden. In 35 Augen war nur ein FK zu finden, in einem wurde auch ein zweiter gefunden. 64,5% der Verletzungen waren Arbeitsunfälle (n=20) im Vergleich zu 35,5%, die im privaten Bereich passiert sind (n=11). Drei PatientInnen gaben an eine Schutzbrille getragen zu haben

(12%). Als Verletzungsmechanismus wurde in 27 Fällen (75%) Hammer-auf-Metall beschrieben, davon waren zwölf Hammer–Meißel–Verletzungen.

### 3.2.2 EM – Gruppe

Das mittlere Alter lag hier bei 36,9 Jahren (von 7,7 bis 80,7). Auch hier hatten wir eine hohe Dominanz zum männlichen Geschlecht (96.8%, n = 30). In 30 Augen war nur ein FK zu finden, bei einem Auge wurden drei FK gefunden. 40% der Verletzungen waren Arbeitsunfälle (n=12) im Vergleich zu 60%, die im privaten Bereich passiert sind (n=18). Keiner der PatientInnen gab an eine Schutzbrille getragen zu haben. Als Verletzungsmechanismus wurde in 22 Fällen (71%) Hammer–auf–Metall beschrieben, davon waren 14 Hammer–Meißel–Verletzungen.

### 3.2.3 Vergleich

Die demographische Verteilung in den einzelnen Gruppen ist sehr ähnlich. Tabelle 2 dient zur Veranschaulichung.

Demographische Verteilung		Gruppe			
		Vitrektomie N=36 (53.7%)		Diaskleral N=31 (46.3%)	
		Anzahl	Prozentueller Anteil	Anzahl	Prozentueller Anteil
Geschlecht	m	35	97.2%	30	96.8%
	w	1	2.8%	1	3.2%
FK-Anzahl	1.0	35	97.2%	30	96.8%
	2.0	1	2.8%	0	0.0%
	3.0	0	0.0%	1	3.2%
Seite	RA	20	55.6%	15	48.4%
	LA	16	44.4%	16	51.6%
Freizeit/Arbeit	F	20	64.5%	12	40.0%
	A	11	35.5%	18	60.0%
Schutzbrille	ja	3	12.0%	0	0.0%
Verletzungsmechanismus	Hammer auf Metall	15	41,7%	8	25,8%
	Hammer auf Meißel	12	33,3%	14	45,2%
	sonstige	9	25,0%	9	29,0%

*Tabelle 2: Demographische Verteilung*

### **3.3 Klinische Präsentation:**

Die klinische Erstuntersuchung enthält den bestkorrigierten Snellen-Visus, die Goldmann-Applantations-Tonometrie, Spaltlampen-Biomikroskopie sowie eine indirekte Ophthalmoskopie.

#### **3.3.1 VE – Gruppe**

Bei 77,8% der PatientInnen konnte die Eintrittsstelle in der Hornhaut ausgemacht werden; bei acht PatientInnen (22,2%) lag die Eintrittsstelle skleral.

Die Vorderkammer war in elf Augen frei (30,6%); zehn PatientInnen (27,8%) zeigten ein Hyphäma und 15 (41,7%) hatten Entzündungszellen beziehungsweise Fibrin in der Vorderkammer. Keiner der PatientInnen hatte eine aufgehobene Vorderkammer, beziehungsweise ein Hypopyon.

Die Linse war bei zehn PatientInnen (30,3%) klar, bei fünf gequollen (15,2%), bei vier PatientInnen (12,1%) perforiert und bei 13 (39,4%) bestand eine Katarakt. Einer der PatientInnen hatte bei der initialen Untersuchung eine Kunstlinse. In 23 Augen (69,7%) war eine Glaskörperblutung vor der Operation zu sehen.

Beim initialen Visus zeigte sich ein weites Spektrum. Zwölf PatientInnen (33,3%) hatten einen Visus  $\geq 0,5$  – im Vergleich dazu hatten 44,4% (n=16) der PatientInnen einen Visus  $< 0,1$ . Davon hatten acht PatientInnen einen Visus von 0,1 bis Fingerzählen, fünf PatientInnen konnten Handbewegung erkennen und drei wurden mit Lichtempfinden dokumentiert.

Die Dauer bis zur Operation lag bei 31 (86,1%) PatientInnen unter 24 Stunden, lediglich fünf (13,9%) erhielten ihre operative Versorgung erst nach 48 Stunden oder mehr.

Sechs PatientInnen (18,8%) hatten einen FK kleiner als 2mm, 19 FK (59,4%) hatten eine Größe von 2 bis 4,9mm; lediglich ein FK war größer als 10 mm.

Der Augendruck vor der Vitrektomie reichte von 1 bis maximal 45mmHg (Mittelwert 13,1).

#### **3.3.2 EM – Gruppe**

In der EM – Gruppe war bei 21 PatientInnen (67,7%) die Eintrittsstelle in der Hornhaut zu finden, bei acht PatientInnen (25,8%) lag sie skleral und bei zwei PatientInnen (6,5%) war die Eintrittswunde corneoskleral.

Die Vorderkammer war bei elf Augen (35,5%) frei, bei neun PatientInnen (29%) war ein Hyphäma zu finden, bei acht (25,8%) waren Entzündungszellen und/oder Fibrin in der Vorderkammer. Zwei PatientInnen hatten ein Hypopyon und bei einem war die Vorderkammer aufgehoben.

Die Linse war bei 14 PatientInnen (46,7%) klar, bei fünf (16,7%) gequollen, bei einem (3,3%) perforiert und bei zehn PatientInnen (33,3%) hatte sich eine Katarakt gebildet. Eine präoperative Glaskörperblutung war bei 16 PatientInnen (66,7%) zu sehen.

Der Visus bei Aufnahme war sehr ausgeglichen verteilt. Elf PatientInnen (35,5%) hatten einen Visus  $\geq 0,5$ , zehn PatientInnen (32,3%) einen Visus  $< 0,1$  und bei zehn PatientInnen (32,3%) lag er zwischen 0,5 und 0,1. Von den zehn PatientInnen unter 0,1 hatten fünf einen Visus von 0,1 bis Fingerzählen, drei konnten Handbewegungen erkennen und zwei PatientInnen reagierten nur noch auf Lichtempfinden.

Die Zeit bis zur Operation lag bei 23 PatientInnen (74,2%) unter 24 Stunden, lediglich fünf PatientInnen (16,1%) erhielten ihre operative Versorgung erst nach 48 Stunden oder mehr.

Die Größe des FK reichte von 1mm bis 1,7cm mit fünf PatientInnen (19,2%), die einen FK kleiner als 2mm hatten, 17 FK (65,4%) hatten eine Größe von 2 bis 4,9mm; lediglich zwei FK (7,7%) waren größer als 10 mm.

Der Augendruck vor der Intervention reichte von 1 bis maximal 50mmHg (Mittelwert 16,8).

### **3.3.3 Vergleich:**

Mittels „Fishers exakter test“ (\*p-Wert 0,05) beziehungsweise mittels „Mann-Whitney U test“ (\*\*p-Wert 0,05) wurden die beiden Gruppen bezüglich der klinischen Präsentation verglichen. Es konnte in keinem der ausgewerteten Parameter ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden. Tabelle 3 und 4 geben hier einen Überblick:

Klinische Präsentation		Gruppe				p-Wert*
		Vitrektomie N=36 (53.7%)		Diaskleral N=31 (46.3%)		
		Anzahl	Prozentueller Anteil	Anzahl	Prozentueller Anteil	
Dauer bis OP	<24h	31	86.1%	23	74.2%	0.185
	24-48h	0	0.0%	3	9.7%	
	>48h	5	13.9%	5	16.1%	
Eintrittsstelle	HH	28	77.8%	21	67.7%	0.313
	Sklera	8	22.2%	8	25.8%	
	HH+Sklera	0	0.0%	2	6.5%	
Größe	<2mm	6	18.8%	5	19.2%	0.654
	2-4,9mm	19	59.4%	17	65.4%	
	5-9,9mm	6	18.8%	2	7.7%	
	≥10mm	1	3.1%	2	7.7%	
Linse	klar	10	30.3%	14	46.7%	0.481
	Katarakt	13	39.4%	10	33.3%	
	gequollen	5	15.2%	5	16.7%	
	perforiert	4	12.1%	1	3.3%	
	Kunstlinse	1	3.0%	0	0.0%	
Glaskörperblutung vor OP	nein	10	30.3%	8	33.3%	1
	ja	23	69.7%	16	66.7%	
Visus Aufnahme	≥ 0.5	12	33.3%	11	35.5%	0.526
	< 0.5 - ≥ 0.1	8	22.2%	10	32.3%	
	< 0.1	16	44.4%	10	32.3%	
Irisperforation	nein	14	40.0%	11	40.7%	
	ja	21	60.0%	16	59.3%	
VK	frei	11	30.6%	11	35.5%	
	Hyphäma	10	27.8%	9	29.0%	
	Entzündungszellen u./o. Fibrin	15	41.7%	8	25.8%	
	Hypopyon	0	0.0%	2	6.5%	
	aufgehoben	0	0.0%	1	3.2%	

Tabelle 4: Klinische Präsentation

Klinische Präsentation_2		Gruppe						p-Wert**
		Anzahl	Mittelwert	Standard Abweichung	Median	Minimum	Maximum	
Augendruck vor Op	Vitrektomie	21	13.1	10.2	13.0	1.0	45.0	0.234
	Diaskleral	18	16.8	11.8	15.5	1.0	50.0	

Tabelle 3: Klinische Präsentation\_2

### **3.4 Postoperative Komplikationen:**

Im Rahmen des postoperativen Verlaufs und der Folgeuntersuchung wurden Reoperationen, Komplikationen und besondere Vorkommnisse dokumentiert und analysiert.

#### **3.4.1 VE – Gruppe**

In 29 Augen (82,9%) wurde mindestens eine Folgeoperation dokumentiert. Lediglich sechs PatientInnen hatten keine Folgeoperation nach der primären FK – Entfernung mittels Vitrektomie. Die Anzahl der Folgeoperationen reichte von einer bis zu fünf, wobei 16 PatientInnen (45,7%) nur eine, sechs PatientInnen (17,1%) zwei und sieben PatientInnen (20%) mehr als 2 Folgeoperationen benötigten. Eine genaue Auflistung, wie viele PatientInnen welche Folgeoperationen erhielten, ist in Abbildung 2 zu sehen.

In acht Augen (22,2%) kam es postoperativ zu einer Ablösung der NH. Fünf dieser PatientInnen erreichten einen besseren Visus  $\geq 0,1$  (62,5%); vier davon konnten sogar  $\geq 0,7$  erreichen.

Eine Endophthalmitis wurde bei zwei PatientInnen (5,6%) diagnostiziert. Sie wurden beide mittels intravitrealer Antibiotikainjektion behandelt. Einer davon konnte einen Endvisus von 0,8 erreichen, der andere gerade noch Fingerzählen.

24 PatientInnen (66,7%) erhielten bei der Erstoperation zusätzlich eine Lensektomie; bei vier PatientInnen (11,1%) wurde eine Phakoemulsifikation zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt.

Eine Glaskörperblutung postinterventionell war bei 15 Augen (44,1%) zu finden. Bei fünf (14,3%) PatientInnen wurde postoperativ ein Sekundärglaukom diagnostiziert.

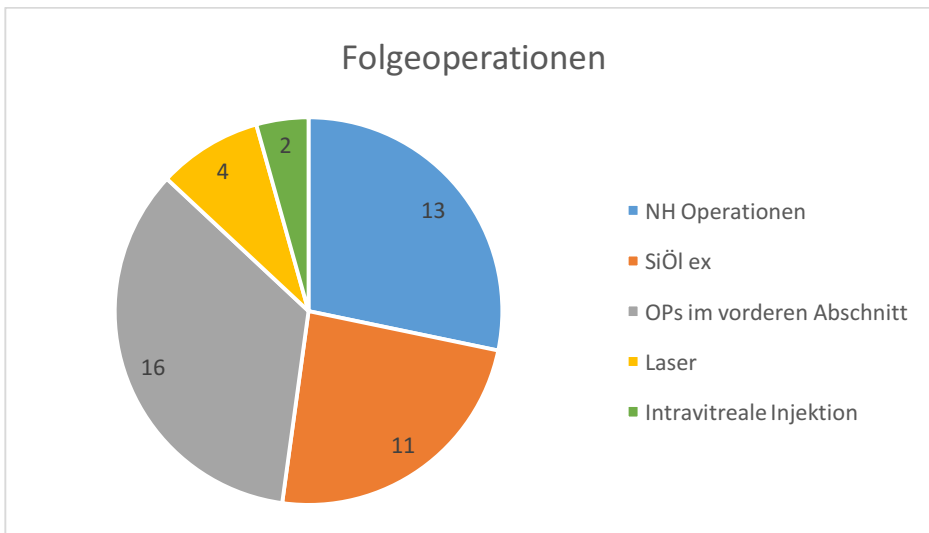


Abbildung 3: VE-Gruppe\_Anzahl der Folgeoperationen

### 3.4.2 EM – Gruppe

In dieser Gruppe benötigten 18 PatientInnen (58,1%) eine Folgeoperation. Die Anzahl der Folgeoperationen reichte von einer bis sieben, wobei vier Augen (12,9%) nur eine, sechs Augen (19,4%) zwei und acht Augen (25,8%) über zwei Folgeoperationen benötigten. Eine genaue Auflistung, wie viele PatientInnen, welche Folgeoperationen erhielten, ist in Abbildung 3 zu sehen.

Bei neun PatientInnen (29,0%) löste sich postoperativ die Netzhaut ab, drei erreichten einen Endvisus  $\geq 0,1$ . Von den restlichen sechs PatientInnen konnten zwei noch Fingerzählen, zwei noch Handbewegungen sehen und zwei noch auf Licht reagieren.

Eine Endophthalmitis wurde bei drei Augen (9,7%) diagnostiziert. Zwei davon wurden mit einer intravitrealen Antibiotikatherapie versorgt. Diese beiden konnten einen besseren Endvisus  $\geq 0,1$  erreichen (0,63 und 0,2); der eine Patient/die eine Patientin, der keine intravitrealen Antibiotika erhielt hatte als Endvisus Fingerzählen.

Lediglich zwei PatientInnen (6,5%) erhielten bei der Erstoperation zusätzlich eine Phakoemulsifikation; zwölf (38,7%) hingegen benötigten jene Operation zu einem späteren Zeitpunkt.

Postinterventionell kam es zusätzlich bei 18 Augen (75%) zu einer Glaskörperblutung. Bei vier PatientInnen (13,3%) war postoperativ ein Sekundärglaukom festzustellen.

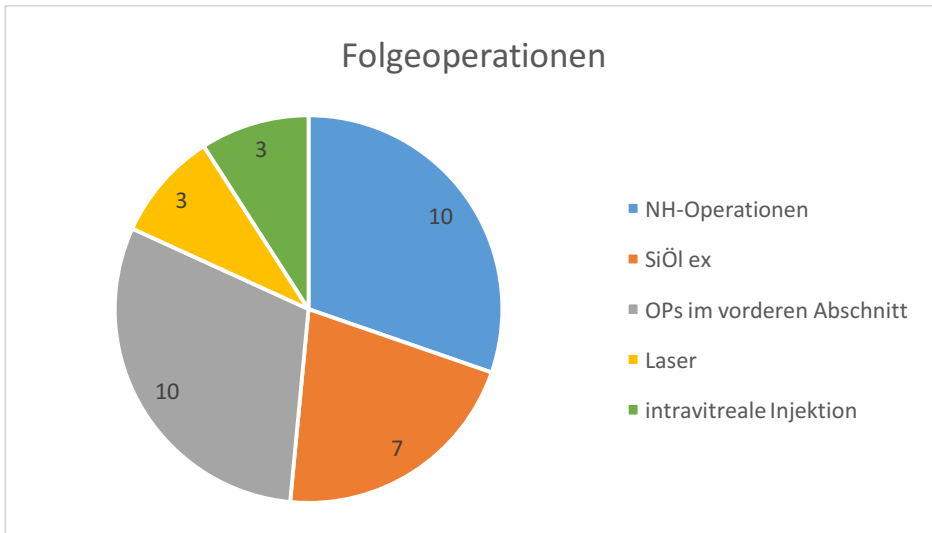


Abbildung 4: EM-Gruppe\_Anzahl der Folgeoperationen

### 3.4.3 Vergleich

Die Ergebnisse der beiden Gruppen wurden mittels „Fisher exakter Test“ (p-Wert <0,05) ausgewertet.

In der VE – Gruppe erhielten mehr PatientInnen eine oder mehrere Folgeoperationen (p=0.032).

Postoperative Glaskörperblutungen traten statistisch signifikant gehäuft bei der EM – Gruppe auf (p=0.031).

In Bezug auf die Endophthalmitis – Rate sowie der Anzahl an PatientInnen mit Netzhautabhebungen oder auch der Anzahl an Sekundärglaukomen konnte kein Unterschied in den beiden Gruppen gefunden werden.

Postoperative Parameter		Gruppe				p-Wert*
		Vitrektomie N=36 (53.7%)		Diaskleral N=31 (46.3%)		
		Anzahl	Prozentueller Anteil	Anzahl	Prozentueller Anteil	
FolgeOPs	nein	6	17.1%	13	41.9%	0.032
	ja	29	82.9%	18	58.1%	
Anzahl der FolgeOPs	0	6	17.1%	13	41.9%	-
	1	16	45.7%	4	12.9%	
	2	6	17.1%	6	19.4%	
	>2	7	20.0%	8	25.8%	
NH-Ablösung	nein	28	77.8%	22	71.0%	0.581
	ja	8	22.2%	9	29.0%	
Endophthalmitis	nein	34	94.4%	28	90.3%	0.656
	ja	2	5.6%	3	9.7%	
Phako bei Erst-OP	nein	12	33.3%	29	93.5%	<0.001
	ja	24	66.7%	2	6.5%	
Phako Später	nein	32	88.9%	19	61.3%	0.011
	ja	4	11.1%	12	38.7%	
Glaskörperblutung nach OP	nein	19	55.9%	6	25.0%	0.031
	ja	15	44.1%	18	75.0%	
Sekundärglaukom	nein	30	85,7%	26	86,7%	-
	ja	5	14,3%	4	13,3%	

Tabelle 5: Postoperative Parameter

### 3.5 Finales visuelles Ergebnis

Aufgrund der sehr heterogenen Nachbeobachtungszeit (reicht von einer Woche bis über 11 Jahre) haben wir zwei getrennte Auswertungen durchgeführt: die eine nach mindestens 3 Monaten und die eine nach mindestens zwölf Monaten.

Für die Auswertung nach drei Monate waren es schlussendlich 61 Personen mit 34 in der VE-Gruppe und 27 in der EM-Gruppe; für die Auswertung nach zwölf Monaten blieben dann 54 Personen mit 29 in der VE- und 25 in der EM-Gruppe.

#### 3.5.1 Endvisus nach mindesten drei Monaten Nachbeobachtungszeit

Aufgrund fehlender Verlaufsdaten mussten wir hier sechs PatientInnen ausschließen. Von diesen sechs PatientInnen waren vier aus der EM-Gruppe und zwei aus der VE-Gruppe. Bei

diesen reichte der Visus bei der letzten Untersuchung von 0,12 bis 1,0, wobei vier PatientInnen einen Visus  $\geq 0,5$  erreichten. Die Nachbeobachtungszeit betrug in dieser Berechnung mindestens drei bis 93 Monate (Mittelwert: 19,84) in der VE-Gruppe, in der EM-Gruppe waren es mindestens drei bis 135 Monate (Mittelwert: 36,22).

### 3.5.1.1 VE-Gruppe

Bei Aufnahme präsentierten sich zwölf PatientInnen (35,3%) mit einem Visus  $\geq 0,5$  und weitere acht mit einem Visus  $\geq 0,1$  (insgesamt 58,8%), 41,2 % (N=14) hatten einen Visus schlechter als 0,1.

Im Vergleich dazu zeigten nach drei Monaten lediglich 5 PatientInnen (14,7%) einen Visus  $< 0,1$ . Im Vergleich zwischen Visus bei Aufnahme und Visus nach mindesten drei Monaten Nachbeobachtungszeit konnten elf Personen (32,4%) ihr Visuskategorie verbessern, bei 21 blieb der Visus stabil, nur bei 2 PatientInnen hatte sich die Visuskategorie verschlechtert. (5,9%).

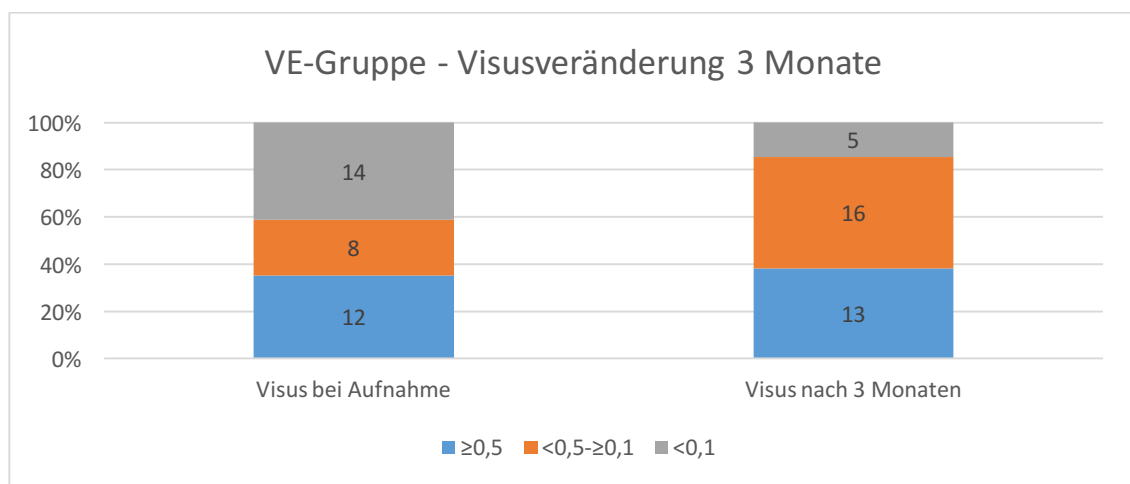


Abbildung 5: VE-Gruppe\_Visus bei Aufnahme und Visus nach mind. 3 Monaten

### 3.5.1.2 EM-Gruppe

Hier konnten bei der Aufnahme jeweils neun PatientInnen (33,3%) in die drei Kategorien ( $\geq 0,5$ ;  $< 0,5 - \geq 0,1$ ; und  $< 0,1$ ) zugeordnet werden.

Nach drei Monaten hatte sich bei zwölf Personen (44,4%) die Visuskategorie verbessert; bei 48,1% (n=13) blieb der Visus stabil, wiederum bei zwei wurde eine Verschlechterung der

Visuskategorie dokumentiert. Schlussendlich erreichten nach drei Monaten 16 PatientInnen (59,3%) eine sehr guten Visus ( $\geq 0,5$ ), weitere sieben (insgesamt 85,2%) einen akzeptablen Visus  $\geq 0,1$ .

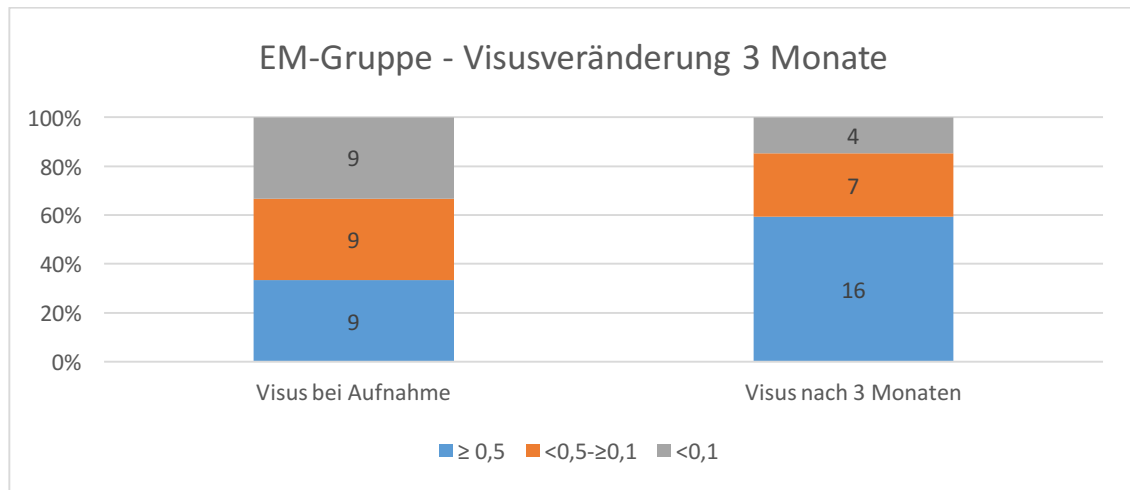


Abbildung 6: EM-Gruppe\_Visus bei Aufnahme und Visus nach mind. 3 Monaten

### 3.5.1.3 Vergleich

Vergleicht man die beiden Gruppen im Bezug auf den Visus bei Aufnahme, zeigen sich die beiden Gruppen sehr ähnlich. Es konnte hier keine statistischen Unterschiede gefunden werden.

Die EM-Gruppe war mit 66,6% der PatientInnen mit einem Visus  $\geq 0,1$  leicht besser; in der VE-Gruppe waren es 58,8%.

Nach drei Monaten zeigte sich, dass die EM-Gruppe etwas bessere Ergebnisse lieferte als die VE-Gruppe, eine statistische Signifikanz (Fishers exacter Test –  $p=0,189$ ) konnte hier aber auch nicht gefunden werden.

In beiden Gruppen konnten etwa gleich viele PatientInnen ihre Visuskategorie verbessern beziehungsweise verschlechtern. Tabelle 6 gibt hier noch einen Überblick.

Visusänderung		Gruppe			
		Vitrektomie (n=34)		Diaskleral (n=27)	
		Anzahl	Prozentueller Anteil	Anzahl	Prozentueller Anteil
Visus Änderung nach drei Monaten	Visuskategorie verbessert	11	32.4%	12	44.4%
	Visuskategorie stabil	21	61.8%	13	48.1%
	Visuskategorie verschlechtert	2	5.9%	2	7.4%

Tabelle 6: Visusänderung

### **3.5.2 Endvisus nach mindestens zwölf Monaten Nachbeobachtungszeit**

Für diese Berechnung mussten wir weitere sieben PatientInnen zusätzlich zu den oberen ausschließen, da der Nachbeobachtungszeitraum nicht mindestens ein Jahr betrug. Fünf PatientInnen waren hier aus der VE-Gruppe und nur zwei aus der EM-Gruppe.

Die Nachbeobachtungszeit reichte in der VE-Gruppe von 13 – 141 Monaten (Mittelwert 62,71); in der EM-Gruppe waren es mindestens 15 bis maximal 135 Monate (Mittelwert 72,04)

#### **3.5.2.1 VE-Gruppe**

Bei Aufnahme präsentierten sich elf PatientInnen (37,9%) mit einem Visus  $\geq 0,5$  und weitere acht mit einem Visus  $\geq 0,1$  (insgesamt 65,5%), 34,5 % (n=10) hatten einen Visus schlechter als 0,1.

Im Vergleich dazu erreichten nach zwölf Monaten 75,9% (n=22) einen guten Visus ( $\geq 0,1$ ). 17 (58,6%) davon präsentierten sich bei ihrer letzten Verlaufskontrolle sogar mit einem Visus  $\geq 0,5$ . In dieser Zeitspanne konnte von allen 29 PatientInnen in dieser Gruppe bei sieben (24,1%) eine Verbesserung der Visuskategorie erzielt werden, bei 22 blieb der Visus stabil, keiner der PatientInnen verschlechterte seine Visuskategorie.

#### **3.5.2.2 EM-Gruppe**

In dieser Gruppe zeigten sich bei Aufnahme acht Personen mit einem Visus  $\geq 0,5$  (32%), neun (36%) mit einem Visus  $<0,5 - \geq 0,1$  und weitere acht mit einem Visus  $< 0,1$ . Im Verlauf der Nachbehandlung über mindestens zwölf Monate wurden lediglich drei Augen (12%) einer schlechteren Visuskategorie zugeordnet, zwölf PatientInnen (48%) konnten ihre Visuskategorie verbessern. Somit erreichten bei der letzten Kontrolluntersuchung 80% (n=20) einen guten Visus  $\geq 0,1$ , davon 16 (64%) sogar einen sehr guten Visus  $\geq 0,5$ . Nur 5 Augen verblieben mit einem Visus  $< 0,1$ .

### 3.5.2.3 Vergleich

Es zeigen sich kaum Unterschiede in den beiden Gruppen. Nach mindestens zwölf Monaten Nachbeobachtungszeit erreichten 75,9%(VE) und 80%(EM) einen akzeptablen Visus  $\geq 0,1$ . Auch bei den statistischen Berechnungen konnte kein Unterschied gefunden werden. (Fishers exacter Test –  $p=0,837$  bei Visus Aufnahme/  $p=0,928$  bei Endvisus)

		Gruppe				p-Wert*
		Vitrektomie n=29 (54%)		Diaskleral n=25 (46%)		
		Anzahl	Prozentueller Anteil	Anzahl	Prozentueller Anteil	
Visus A. Kategorien	$\geq 0.5$	11	37.9%	8	32.0%	0.837
	$< 0.5 - \geq 0.1$	8	27.6%	9	36.0%	
	$< 0.1$	10	34.5%	8	32.0%	
Endvisus Kategorien	$\geq 0.5$	17	58.6%	16	64.0%	0.928
	$< 0.5 - \geq 0.1$	5	17.2%	4	16.0%	
	$< 0.1$	7	24.1%	5	20.0%	

*Tabelle 7: Vergleich zwischen Visus bei Aufnahme und Endvisus nach mindestens zwölf Monate*

## 3.6 Prognosefaktoren

Wir haben versucht einen statistischen Zusammenhang zwischen einem guten Endvisus ( $\geq 0,5$ ) beziehungsweise einem schlechten visuellen Ergebnis ( $< 0,1$ ) und den Nebenzielgrößen herauszufinden.

### 3.6.1 Schlechtes visuelles Ergebnis

Bei den präoperativ gemessenen Parametern konnten wir keinen statistischen Zusammenhang mit einem schlechten Endvisus finden. Wir konnten jedoch eine Tendenz ( $p_1=0,067$  und  $p_2=0,065$ ) feststellen, dass eine sklerale<sub>1</sub> Eintrittsstelle und große FK<sub>2</sub> ( $\geq 5\text{mm}$ ) in der EM-Gruppe einen schlechteren Visus bedingen.

Bei den postoperativen Parametern konnte festgestellt werden, dass eine Netzhautablösung und dann damit verbundene Netzhautoperation zu einem schlechteren Ergebnis in der EM-Gruppe führt. ( $p=0,001$  und  $0,002$ ). Für die VE-Gruppe konnte hier keine Signifikanz gezeigt werden, jedoch ließ sich bei den Netzhautoperationen eine Trend finden ( $p=0,07$ ).

Für die VE-Gruppe zeigte sich noch, dass eine Glaskörperblutung als Folge der Operation zu einem schlechteren Ergebnis führt ( $p=0,033$ ).

Die Entstehung eines Sekundärglaukoms führt in beiden Gruppen zu einem signifikant schlechteren Visuellen Ergebnis ( $p_{VE}=0,034$  und  $p_{EM}=0,016$ )

### **3.6.2 Gutes visuelles Ergebnis**

Hier konnte in beiden Gruppen gezeigt werden, dass ein initial guter Visus auch einen guten Endvisus bedingt ( $p_{VE}=0,031$  und  $p_{EM}=0,039$ ). Die weiteren präoperativ gemessenen Parameter zeigen allesamt keinen statistischen Zusammenhang.

Bei den postoperativen Parametern konnte wiederum festgestellt werden, dass in der EM-Gruppe keine Netzhautablösung und damit verbunden keine Netzhautoperation auch einen guten Visus bedingt ( $p=0,01$ ).

## **4 Diskussion**

In 18 bis 41% aller offenen Augenverletzungen kommen IOFK vor. Trotz Fortschritte in den chirurgischen Techniken und Instrumenten bleibt die Verletzung mit IOFK im posterioren Augensegment ein signifikanter Grund für einen Visusverlust. Insbesondere im Alter der Erwerbstätigen ist das okuläre Trauma der Hauptgrund für Blindheit und okuläre Morbidität. Verletzungen mit IOFK passieren meist unter Umständen, die durch das Tragen einer Schutzbrille verhindert werden hätten können. (1,5,6,25,26)

In unserer retrospektiven Studie haben wir uns mit den Möglichkeiten der Entfernung von magnetischen FK beschäftigt und versucht einen möglichen Unterschied im visuellen Ergebnis zwischen der Vitrektomie und dem diaskleralen Exomagnet aufzuzeigen.

Um die Vergleichbarkeit der Gruppen zu gewährleisten, haben wir alle Augen, die initial aufgrund von Begleitverletzung und Gewebsschädigung eine Vitrektomie zwingend benötigten, ausgeschlossen.

## **4.1 Klinische Erstpräsentation**

### **4.1.1 Alters und Geschlechtsverteilung**

GREVEN ET AL. konnten in ihrer retrospektiven Studie folgendes Patientengut rekrutieren: 59 PatientInnen im Durchschnittsalter von 34 Jahren, von denen 98% männlich waren. (1)

In der Studie von ZHANG ET AL. reichte das Alter der PatientInnen von 1 bis 78 Jahren (Durchschnitt  $31,39 \pm 12,74$  Jahre). 93,10% der PatientInnen waren männlich. (25)

SOHEILIAN ET AL. beschreiben in ihrer Arbeit, dass vor allem junge Erwachsene zu solchen Verletzungen neigen. Es zeigte sich eine Altersspanne von 8 bis 77 Jahre, mit einem Durchschnitt von  $27,6 \pm 12,3$  Jahren. Alle Patienten in seiner Studie waren Männer (100%). (9)

Das Patientengut in der Studie von LAM ET AL. präsentiert sich mit einem mittleren Alter von  $36,1 \pm 10,7$  Jahren. Es handelt sich ausschließlich um Männer (100%). (15)

DE SOUZA ET AL. hatten in ihrer Studie nur männliche Patienten in einem mittleren Alter von 38 Jahren. (14)

EHLERS ET AL. beschreiben ihr Patientenkollektiv als überwiegend männlich (94%) mit einem Altersdurchschnitt von 33 Jahren.

In unserer Arbeit können ähnliche demographische Verteilungen beobachtet werden. Es handelt sich um überwiegend Männer im mittleren Alter. In der VE-Gruppe waren es 97,2%, in Durchschnittsalter von 39,9 Jahren; in der EM-Gruppe waren 96,8% der Verletzten Männer in einem Durchschnittsalter von 36,9 Jahren.

### **4.1.2 Verletzungsmechanismus**

GREVEN ET AL. zeigen, dass Hämmern auf Metall als Verletzungsmechanismus einen positiven Effekt ( $p < 0,05$ ) auf das finale visuelle Ergebnis hat. In ihrer Arbeit verletzten sich 59% beim Hämmern auf Metall, 14% durch eine Schussverletzung, 5 % durch eine Explosion, weitere 5% mit einem Fadenschneider und 17% durch andere Mechanismen. (1)

LAM ET AL. beschreiben in den meisten Fällen (65,4%) den Verletzungsmechanismus als „Metall-auf-Metall“ (15). Er konnte zeigen, dass PatientInnen mit diesem Mechanismus eine bessere Prognose hatten, konnte aber keine statistische Signifikanz finden.

In 88% der Fälle passierten in der Studie von DE SOUZA ET AL. die Verletzungen als Resultat eines „Metall-auf-Metall“ Unfalls.(14)

In unserer Studie konnte ein vergleichbares Ergebnis gefunden werden: In 75%<sub>VE</sub> und 71%<sub>EM</sub> der Fälle konnten wir „Metall-auf-Metall“ als Verletzungsmechanismus feststellen. In manchen Literaturen – zum Beispiel LAM ET AL. (15) oder auch GREVEN ET AL. (1) – wurde dem Verletzungsmechanismus eine Beeinflussung des visuellen Ergebnisses zugeschrieben. Wir konnten in diesem Bezug keinen Zusammenhang finden, was daran liegen könnte, dass Verletzungsmechanismen, wie Explosionen oder Schussverletzungen, die meist mehr Energie beinhalten und mehr Schaden anrichten, bei unseren PatientInnen relativ selten genannt wurden.

### **4.1.3 Eintrittswunde**

In unserer Studie war die Eintrittswunde gehäuft über die Hornhaut, in nur 22%<sub>VE</sub> beziehungsweise 26%<sub>EM</sub> konnte die Eintrittswunde in der Sklera gefunden werden. Diese Zahlen lassen sich auch mit anderen Arbeiten gut vergleichen. SOHEILIAN ET AL. beschreiben bei 63% der Eintrittsstellen die Hornhaut, bei 31% die Sklera und bei 8% sowohl die Hornhaut als auch die Sklera. (9) Auch in der Arbeit von LAM ET AL. zeigt sich mit 61,5% die Eintrittswunde gehäuft in der Hornhaut.

ZHANG ET AL. schreiben in ihrer Arbeit, dass die Energie der FK, die durch die Hornhaut eintreten, teilweise oder komplett durch das Gewebe des vorderen Augenabschnittes absorbiert wird. Dadurch richten dies FK meist weniger Netzhautverletzungen im hinteren Augensegment an. Sie beschreiben eine Eintrittswunde in der Hornhaut als prognostisch günstig. (25)

In Bezug auf das visuelle Ergebnis lies sich in der EM-Gruppe ein Trend ( $p=0,067$ ) erkennen, dass eine sklerale Eintrittswunde mit einem schlechten Visus ( $<0,1$ ) einhergeht.

Von fünf Augen, die ein schlechtes visuelles Ergebnis in der EM Gruppe hatten, hatten drei eine sklerale Eintrittswunde. Alle drei hatten einen Visus von HBW oder schlechter und alle drei hatten im Verlauf auch eine oder mehrere Netzhautabhebungen. In der VE-Gruppe konnten wir das nicht beobachten. Keiner der PatientInnen mit einer skleralen Eintrittswunde hatte einen Endvisus von 0,1 oder schlechter. Aus unseren Daten ergibt sich, dass eine sklerale Eintrittswunde ein Riskiofaktor für eine Netzhautabhebung ist und daher eher eine Vitrektomie beziehungsweise eine vermehrte Nachkontrolle bezüglich Netzhautläsionen benötigt.

#### **4.1.4 Fremdkörpereigenschaften**

In manchen Arbeiten wird beschrieben, dass etwa 90% aller IOFK metallisch sind und von diesen etwa 55-80% magnetisch. (9) In unserer Studie haben wir uns nur mit magnetische IOFK beschäftigt, damit fällt der Anteil der organischen FK weg.

SOHEILIAN ET AL. haben alle FK die größer als 5mm waren, aus ihrer Studie ausgeschlossen. Sie hatten dann 49% aller FK die  $\leq 2$ mm und 51% waren  $> 2$ mm bis 5mm.

Wir konnten in unserer Arbeit einen Trend sehen, dass große FK ( $\geq 5$ mm) in der EM-Gruppe mit einem Visus  $< 0,1$  korrelieren ( $p=0,06$ ). Von drei dieser FK hatten zwei im Verlauf mehrere Netzhautabhebungen. Der Endvisus war mit Lichtempfinden beschrieben.

Uns erscheint logisch, dass ein größerer FK beim Entfernen mit einem Exomagnetent deutlich mehr Schaden an der Netzhaut beziehungsweise am intraokulären Gewebe anrichten kann. Die statistische Signifikanz war wahrscheinlich aufgrund der niedrigen Fallzahl von drei FK  $\geq 5$ mm nicht gegeben.

In der VE-Gruppe konnte hier kein Zusammenhang gefunden werden. Von fünf FK  $\geq 5$ mm erreichten drei einen guten Visus ( $\geq 0,5$ ) und zwei einen schlechten ( $< 0,1$ ). Das gleiche Ergebnis erreichten FK, die  $< 2$ mm waren.

#### 4.1.5 Zeit bis zur Fremdkörperentfernung

Aus anderen Studien haben wir gesehen, dass es nicht überall möglich ist eine schnelle Versorgung offenen Augenverletzungen mit IOFK zu gewährleisten und eine entsprechende Therapie möglichst zeitnah einzuleiten.(25)

GREVEN ET AL. haben die Zeitspanne zwischen dem Trauma und der FK-Entfernung gleiche eingeteilt wie wir. Daher konnten die Daten gegeneinander gut verglichen werden. (1) Abbildung 5 gibt hier einen Überblick. Es zeigen sich sehr ähnliche Ergebnisse, lediglich in den ersten 24 Stunden erhielten in unsere Studie mehr PatientInnen ihr definitive Versorgung.

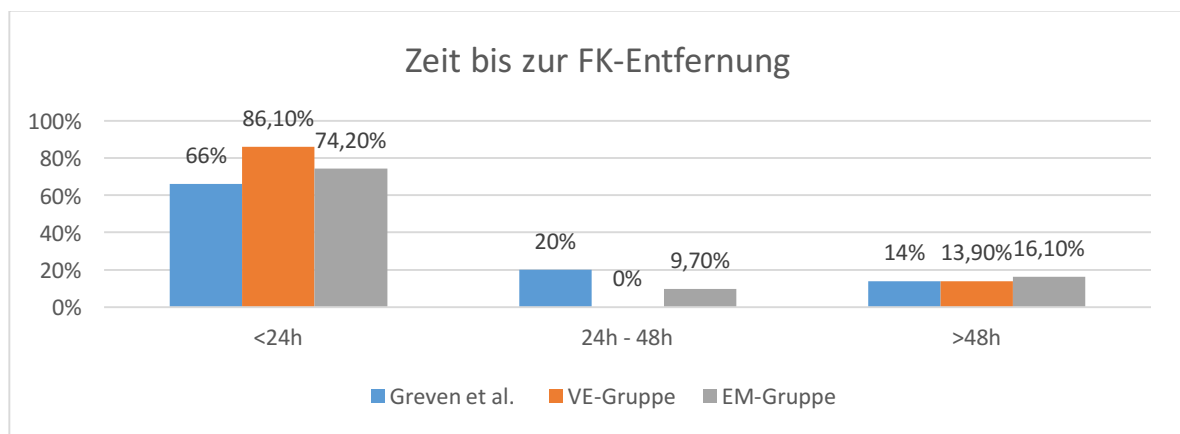


Abbildung 7: Zeitspanne bis zur Fremdkörperentfernung im Vergleich mit GREVEN ET AL. (1)

ZHANG ET AL. haben keine Assoziation zwischen einer verzögerten FK-Entfernung und intraokulären Infektionen gefunden. Sie kommen somit zu dem Schluss: in der klinischen Praxis kann die Entfernung des FK bis zu zwei Wochen verzögert werden kann, solange keine Zeichen einer Infektion auftreten. (25)

CHAUDHRY ET AL. hingegen beschreiben, dass eine verzögerte Entfernung des IOFK ( $\geq 48$  Stunden) ein Prädiktor für ein schlechtes visuelles Ergebnis ist. Mit dem Delay stieg die Endophthalmitis - Rate und damit verschlechterte sich das visuelle Ergebnis.(8)

In Österreich haben PatientInnen die Möglichkeit, dank eines relativ gut strukturierten und gut ausgebauten medizinischen Systems, relativ schnell, bestmöglich versorgt zu werden. Genau diese gute medizinische Versorgung hat auch unsere Studie wiedergespiegelt.

86,1%<sub>VE</sub> und 83,9%<sub>EM</sub> aller unsere PatientInnen haben eine primäre operative Versorgung samt FK-Extraktion innerhalb von 48h erhalten.

## **4.2 Postoperative Komplikationen**

### **4.2.1 Netzhaut**

In der Studie von SOHEILIAN ET AL. fanden sich zum Zeitpunkt der Operation in 42% der Augen Netzhautrisse. Für uns interessant ist die Anzahl an Netzhautrissen und -abhebungen in den postoperativen Wochen. 10% wiesen Netzhautrisse auf und 7% hatten in den ersten beiden postoperativen Wochen eine Netzhautabhebung. SOHEILIAN beschreibt den Grund für iatrogen erzeugte Netzhautrisse bei der Vitrektomie mit dem Ein- und Ausbringen der Instrumente durch die Sklerotomieöffnungen. (9)

LAM ET AL. hat in seiner Arbeit ein signifikant schlechteres Ergebnis gefunden, wenn PatientInnen eine Netzhautabhebung hatten. Alle fünf Augen (19,2%) mit einer Netzhautabhebung hatten einen schlechten Endvisus ( $\leq$ Fingerzählen). Zwei Augen mussten entfernt werden. Die Arbeit stammt aus dem Jahr 1999. Seit jener Zeit wurden viele Fortschritte in der mikrochirurgischen Versorgung von Netzhautabhebungen gemacht, sodass nun wahrscheinlich bessere Ergebnisse erzielt werden könnten.(15)

EHLERS ET AL. fanden Netzhautabhebungen als die häufigste Komplikation, mit einer Rate von 20%. Frühere Arbeiten sollen von einer Rate von 14 bis 26% berichtet haben.(6)

DE SOUZA ET AL. beschreiben die Rate einer Netzhautabhebung mit 41%.(14)

In unserer Arbeit war die Anzahl an Netzhautabhebungen vergleichbar (22,2%<sub>VE</sub> und 29%<sub>EM</sub>). Es ist jedoch schwer unsere Daten mit jenen in der Literatur zu vergleichen. SOHEILIAN ET AL. bezieht sich zum Beispiel nur auf die ersten zwei postoperativen Wochen, DE SOUZA ET AL. wertete prä -, intra-, und postoperative Netzhautabhebungen zusammen aus und kommt damit auf eine deutlich höhere Rate. EHLERS ET AL. haben in ihrer Arbeit sowohl FK im hinteren, als auch im vorderen Augensegment eingeschlossen und somit ein besseres Ergebnis als wir erreicht.

Unsere Studie bezieht sich auf rein postoperative Netzhautabhebungen beziehungsweise auf welche, die im Verlauf der Nachbeobachtungszeit aufgetreten sind. In der EM-Gruppe zeigt sich, dass jene PatientInnen statistisch signifikant mit einem schlechteren Endvisus zu rechnen haben. Eine Netzhautabhebung ist in dieser Gruppe also ein negativer Prognosefaktor für das visuelle Ergebnis.

#### 4.2.2 Endophthalmitis

MESTER, KUHN ET AL. schreiben, dass eine FK-Entfernung alleine den Visus nicht verbessert und auch die Endophthalmitisrate nur dann sinkt, wenn das „kultivierte Medium“ (meist der Vitreous) mitentfernt wird. (17)

LAM ET AL. hat in seiner Studie eine sehr niedrige Inzidenz der Endophthalmitis (3,8%) gefunden. Eine schnelle definitive Behandlung (<48h) beschreibt er als Hauptgrund für dieses gute Ergebnis. (15)

In der Studie von DE SOUZA ET AL. ist die Endophthalmitisrate mit 17% höher, als in den meisten anderen Studien. Sie erklären diesen hohen Wert mit einer verspäteten Präsentation von vier PatientInnen in ihrer vitreoretinalen Ambulanz und somit einer Stichprobenverzerrung.

Literatur	Endophthalmitisrate	Anzahl an Augen mit IOFK
SOHEILIAN ET AL.(9)	10%	71
LAM ET AL. (15)	3,8%	26
DE SOUZA ET AL.(14)	17%	41
ZHANG ET AL. (25)	16,8	1421
EHLERS ET AL.(6)	4%	96

*Tabelle 8: Endophthalmitisrate in vergleichbaren Studien*

Mit 5,6%<sub>VE</sub> und 9,7%<sub>EM</sub> liegen unsere Ergebnisse verglichen mit jenen, die wir in der Literatur gefunden haben, im Mittel. Das Ergebnis der VE-Gruppe liegt sogar im unteren Bereich, was vermutlich daran liegt, dass die PatientInnen aus der VE-Gruppe zu 86,1% in den ersten 24 Stunden nach dem Unfall die definitive Behandlung erhielten.

Von jenen PatientInnen, die an Endophthalmitis erkranken, erreichten drei einen Visus  $\geq 0,2$ ; die beiden anderen PatientInnen hatten auf dem Auge nur noch Fingerzählen. Wir konnten keine statistische Signifikanz finden, dass eine Endophthalmitis mit einem schlechteren visuellen Ergebnis einhergeht. Das schnelle Erkennen von Entzündungszeichen und das prompte Therapieren mit intravenösen und intravitrealen Antibiotika stehen im Vordergrund.

### **4.2.3 Glaskörperblutung**

LAM ET AL. beschreibt, dass bei 84,6% aller Augen und damit bei einer deutlichen Mehrheit eine Glaskörperblutung zu finden war.(15)

In unserer Studie konnte bei 69,7%<sub>VE</sub> und 66,7%<sub>EM</sub> der PatientInnen eine Glaskörperblutung präoperativ und bei 44,1%<sub>VE</sub> und 75%<sub>EM</sub> postoperativ festgestellt werden. Wir konnten mit unserer Studie somit zeigen, dass bei der EM-Gruppe eine Glaskörperblutung postinterventionell häufiger auftritt als in der VE-Gruppe. Interessanterweise war eine Glaskörperblutung postoperativ in der VE-Gruppe ein signifikanter Prognosefaktor für ein schlechtes visuelles Ergebnis, jedoch nicht in der EM-Gruppe.

In der Literatur wird beschrieben, dass bei größeren Begleitverletzungen beziehungsweise, wenn die Einsicht auf den FK aufgrund einer massiven Glaskörperblutung nicht gegeben ist, eine Vitrektomie zwingend indiziert ist. (17) Bei unseren Fällen zeigt sich jedoch, dass trotz einer vorhandenen Glaskörperblutung auch die EM-Gruppe gleich gute Ergebnisse zeigt. Heutzutage kann ein IOFK mittels diagnostischen Maßnahmen sehr genau lokalisiert werden und eine Entfernung mittels diaskleralem Exomagneteten kann trotz Trübung des Glaskörpers durchgeführt werden.

## **4.3 Visuelles Ergebnis**

SOHEILIAN ET AL. beschreiben den präoperativen Visus bei 49%  $< 20/200$  (0,1) und bei 51%  $\geq 0,1$ . Postoperativ waren es 69%, die ein besseres visuelles Ergebnis  $\geq 0,1$  vorweisen konnten. (9)

GREVEN ET AL. konnte in seiner Studie aus dem Jahr 2000 sehr gut Ergebnisse feststellen. In 71% seiner Fälle konnte ein Visus  $\geq 0,5$  erreicht werden, in sogar 83%  $\geq 0,1$ . (1)

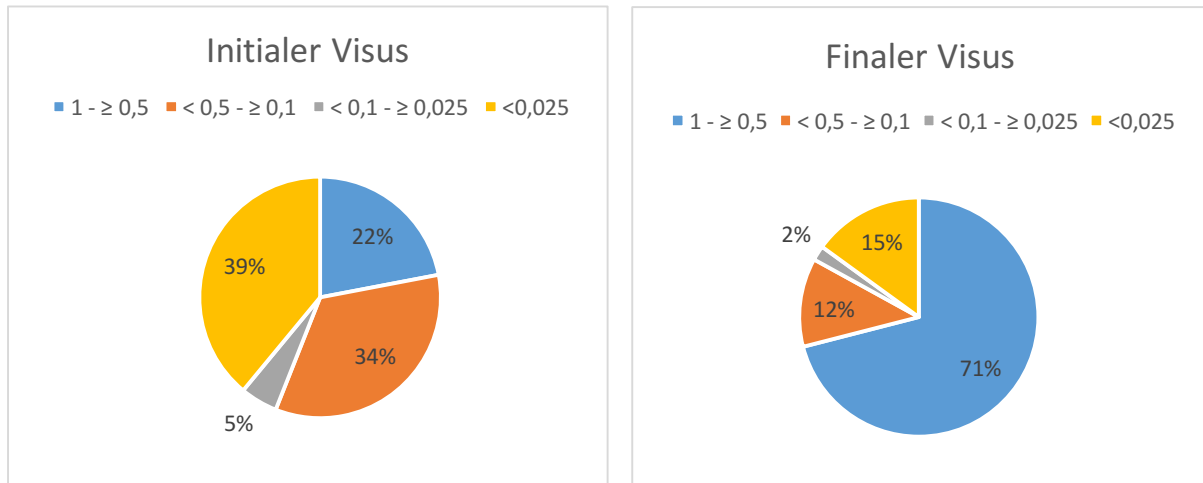


Abbildung 8: Visuelles Ergebnis bei GREVEN ET AL. (1)

LAM ET AL. beschreiben ihr Ergebnis als exzellent: 46,2% erreichten einen Visus  $\geq 0,5$  und 73,1% einen Visus  $\geq 0,25$ . Alle in seiner Arbeit dokumentierten IOFK wurden mittels Vitrektomie entfernt. (15)

ZHANG ET AL. haben in ihrer Studie mit 12,38% der PatientInnen mit keinem Lichtempfinden und nur 17,1% mit einem Visus  $\geq 0,5$  ein schlechtes Ergebnis erzielt. Sie erklärten sich diese Zahlen mit der Tatsache, dass 16,75% eine sekundäre Katarakt entwickelten und die Versorgung in kleinen peripheren Krankenhäusern in China deutlich schlechter sei. Einige PatientInnen verweigerten auch eine Therapie aus ökonomischen Gründen. (25)

In der Studie von DE SOUZA ET AL. konnten bereits 1999 im Management von IOFK sehr gute Ergebnisse erzielt werden: 51% erreichten einen Visus  $\geq 0,5$ ; sogar 80% einen Visus  $\geq 0,1$ . Zu seiner vorigen Studie von 1971-81 konnten deutlich bessere Ergebnisse beobachtet werden. Die Gründe dafür definieren sie aus einer Mischung von besserer Lokalisationsmöglichkeit im posterioren Augensegment mittels CT und verbesserter vitreoretinaler Chirurgie sowie der Verwendung eines intraokulären Magneten. (14)

Literatur	Prozentzahl an PatientInnen mit Visus $\geq 0,5$
LAM ET AL. (15)	46,2%
DE SOUZA ET AL. (14)	51%
GREVEN ET AL. (1)	71%
ZHANG ET AL. (25)	17,1%
EHLERS ET AL. (6)	26% (Visus $\geq 20/50$ )

*Tabelle 9: Visuelles Ergebnis  $\leq 0,5$  bei vergleichbaren Studien*

Bei 58,6%<sub>VE</sub> und 64%<sub>EM</sub> der PatientInnen mit einem finalen Visus  $\geq 0,5$  haben wir, verglichen mit den anderen Studien, exzellente Ergebnisse. Dies lässt sich einerseits auf die österreichweite gute Verfügbarkeit von medizinischer Versorgung, andererseits auf die modernisierten und fortgeschrittenen Therapiemöglichkeiten zurückführen. Begleitverletzungen, wie Netzhautabhebungen, können heutzutage deutlich effektiver mittels vitreoretinaler Chirurgie behandelt werden. Auch Verbesserungen in der Visualisierung und Lokalisation des Fremdkörpers mittels CT spielen hier eine Rolle.

Bei unseren Daten zeigt sich keine Korrelation zwischen dem visuellen Ergebnis und der Methode der Fremdkörperentfernung. Auch SOHEILIAN ET AL. (9) sind 2004 in ihrer Arbeit auf die gleiche Erkenntnis gekommen.

Beide Extraktionsverfahren haben ihre Vor- und Nachteile. Während die Vitrektomie entsprechende apparative Ressourcen und chirurgische Expertise benötigt, die nicht überall und zu jeder Zeit verfügbar ist, ist der diasklerale Exomagnet eine Technik mit vergleichsweise geringem Aufwand bezüglich Ressourcen und Expertise. Externe Magneten sind aber meist sperrig, haben eine starke magnetische Kraft und können den IOFK mit einer hohen Geschwindigkeit entfernen. Wenn der Vorgang misslingt, kann der FK die Augenwand an einer anderen Stelle durchdringen und intraokuläre Strukturen beschädigen.  
(15)

Mit unseren Daten lässt sich sagen, dass manche, vergleichbare leichtere offene Augenverletzungen mit IOFK, wo der FK vergleichbar klein ( $<5\text{mm}$ ) ist, sich die Eintrittsstelle in der Hornhaut befindet und keine oder nur wenig Glaskörperblutung zu finden ist, die Entfernung sowohl mit einem externen Magneten als auch mit einer

Vitrektomie durchgeführt werden kann – im visuellen Ergebnis unterscheiden sich beide Vorgänge nicht.

#### **4.4 Prognosefaktoren**

LAM ET AL. konnten in ihrer Studie zeigen, dass Augen mit einer Netzhautabhebung als Begleitverletzung ein signifikant schlechteres visuelles Ergebnis erreichten. (15)

In der Studie von SOHEILIAN ET AL. zeigen sich als positive Prognosefaktoren für den Endvisus: das kürzeste Intervall zwischen Trauma und FK-Entfernung, initialer Visus von  $\geq 0,1$  und das Fehlen eines afferenten Pupillendefekt. (9)

Bei ZHANG ET AL. zeigt sich, dass ein schlechter Visus bei Präsentation, IOFK im hinteren Augensegment, eine Wunde die größer ist, als der FK in seinem längsten Durchmesser und das Vorhandensein einer Endophthalmitis ein schlechtes visuelles Ergebnis voraussagen. Ein guter initialer Visus war ein protektiver Faktor für den finalen Visus.(25)

GREVEN ET AL. finden in ihrer Arbeit als Prognosefaktoren für ein gutes visuelles Ergebnis ( $p < 0,05$ ): einen guten initialen Visus und Hämmern auf Metall als Verletzungsmechanismus. Prognostisch ungünstig hingegen sind: schlechter initialer Visus, das Vorhandensein eines RAPD sowie eine Glaskörperblutung. (1)

DE SOUZA ET AL. haben folgende Variablen gefunden, die signifikant mit dem finalen Visus korrelieren: der initiale Visus, das Vorhandensein einer Netzhautabhebung, die Präsenz einer Endophthalmitis, Vorhandensein eines RAPD und das Volumen des FK ( $p < 0,05$ ). (14)

Für die EM-Gruppe konnten wir eine deutliche Tendenz finden, dass eine sklerale Eintrittsstelle, sowie ein  $FK \geq 5\text{mm}$  Risikofaktoren für ein schlechtes visuelles Ergebnis sind. Eine statistische Signifikanz konnten wir nicht erreichen. Diese Daten sind mit Ergebnissen anderer Auswertungen vergleichbar. Einerseits neigt ein großer FK dazu, einen größeren Schaden anzurichten (14), andererseits ist vor allem beim Entfernen eines großen FK mittels Exomagnetens die Gefahr von Gewebsschädigungen, wie Netzhautrissen, deutlich

erhöht. Eine sklerale Eintrittsstelle könnte mit einem erhöhten Risiko einer Netzhautverletzung einhergehen.

Als statistisch signifikanten Prognosefaktor ( $p=0,001_{EM}$ ) für ein schlechtes visuelles Ergebnis konnten wir eine Netzhautabhebung sowie damit verbunden Operationen an der Netzhaut finden.

Das Entstehen eines Sekundärglaukoms war ein weiterer negativer Prognosefaktor ( $p=0,016_{EM}$  und  $0,034_{VE}$ ) den wir in unseren Analysen finden konnten. Dies wurde in den meisten Literaturen nicht als prognostisch ungünstig genannt, da es meist gar nicht in die Berechnungen miteinbezogen wurde.

In der VE-Gruppe konnten wir als Prognosefaktor für ein schlechtes visuelles Ergebnis zusätzlich noch die postoperative Glaskörperblutung finden ( $p=0,033$ ).

Als prognostisch günstig für einen guten Endvisus ( $\geq 0,5$ ) zeigte sich in beiden Gruppen einen initialen Visus  $\geq 0,5$ . Wie auch schon in einigen Literaturenstellen gezeigt, ist dies wohl der wichtigste Faktor, um schlussendlich ein gutes visuelles Ergebnis zu erreichen.

Es wurde eine große Anzahl an Faktoren gefunden, welche helfen den Endvisus vorherzusagen. Die meisten dieser Variablen werden bereits durch das initiale Trauma bestimmt und sind unabhängig von der Intervention des Ophthalmologen. Eine Visusprognose kann daher meist bereits bei Erstkontakt, unter Berücksichtigung der Anamnese zum Verletzungshergang und der Begleitverletzungen, gestellt werden. (6,16,25)

## **4.5 Prävention**

Nur wenige unserer PatientInnen (4,4%) haben beim Unfall angegeben eine Schutzbrille getragen zu haben. Dieses Ergebnis deckt sich mit einigen vorhergegangenen Studien. Bei DE SOUZA ET AL. (14) war es kein Einziger/keine Einzige, bei GREVEN ET AL. (1) waren es lediglich zwei PatientInnen (3,4%) und bei ZHANG ET AL. (25) wurde bei 0,77% eine positive Schutzbrillenanamnese beschrieben. Diese Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit der präventiven Medizin. Verletzungen mit IOFK passieren meist unter Umständen, die durch das Tragen einer Schutzbrille verhindert werden hätten können.

## **4.6 Limitation**

Es gibt viele verschiedene Faktoren, welche die Ergebnisse beeinflussen, sodass ein direkter Vergleich von Studien in Bezug auf Endophthalmitisrate, Enuclation und das finale visuelle Ergebnis, oft schwierig ist. Zu den Faktoren gehören unter anderem die verschiedenen FK-Typen, die verschiedenen Verletzungsmechanismen, die Zeit bis ein Ophthalmologe aufgesucht wird sowie die Entfernung bis zur nächsten Augenklinik. Diese Heterogenität der Gruppe und die unterschiedliche Präsentation der PatientInnen erschwert es, die Ergebnisse mit anderen Studien zu vergleichen. (4)

Mit unserer Fallzahl von 67 ist unsere Studie noch relativ klein. Die genauen Ausschlusskriterien um die beiden Gruppe gleichzustellen, sowie das Beschränken auf die Universitätsklinik Graz machten eine größere Fallzahl nicht möglich – eine größere Anzahl an Fällen würde mit einer höheren statistischen Power einhergehen.

## **4.7 Zusammenfassung**

Im Kontrast zu anderen vorigen Studien und Publikationen konnten wir zeigen, dass zwischen der Entfernung eines IOFK mittels Vitrektomie und diaskleralem Exomagneten kein Unterschied besteht. Das anatomische und funktionelle Ergebnis nach einer IOFK Extraktion war also unabhängig von der Methode.

Es gibt Augenverletzungen, bei welchen die Durchführung einer Vitrektomie aufgrund der massiven Gewebsschädigung unumgänglich ist. Jedoch für offene Augenverletzungen mit IOFK, ohne größere Begleitverletzungen, ist und bleibt der diasklerale Exomagnet eine kostengünstige und bezüglich Expertise leichter durchführbare Alternative.

Beide Gruppen haben, verglichen mit anderen Studien, sehr gute Ergebnisse erreicht. Die Möglichkeit, Begleitverletzungen mit fortgeschrittenen Technologien in der vitreoretinalen Chirurgie zu versorgen, sowie die schnelle Verfügbarkeit von medizinischer Behandlung in Österreich spielen hier eine bedeutende Rolle.

Wie schon GREVEN ET AL. schrieben, spielt, obwohl die Vitrektomie die vorherrschende Methode im Management von posterioren IOFK bleiben wird, diese „ältere“ Technik doch in einigen selektiven Fällen eine bedeutende Rolle. (1)

Im Bezug auf die Prognosefaktoren für ein gutes beziehungsweise schlechtes visuelles Ergebnis geht unsere Studie mit den Daten anderer einher. Ein initial guter Visus hat auch

die beste Prognose, eine Netzhautabhebung im Verlauf zeigt sich hingegen als prognostisch ungünstig und ein schlechter Visus ( $<0,1$ ) ist statistisch wahrscheinlicher.

## 5 Literaturverzeichnis

- (1) Greven CM, Engelbrecht NE, Slusher MM, Nagy SS. Intraocular foreign bodies: management, prognostic factors, and visual outcomes. *Ophthalmology* 2000 Mar;107(3):608-612.
- (2) Negrel AD, Thylefors B. The global impact of eye injuries. *Ophthalmic Epidemiol* 1998 Sep;5(3):143-169.
- (3) Kuhn F, Pieramici DJ. *Ocular Trauma - Principles and Practice*. New York: Thieme New York; 2002.
- (4) Jonas JB, Knorr HL, Budde WM. Prognostic factors in ocular injuries caused by intraocular or retrobulbar foreign bodies. *Ophthalmology* 2000 May;107(5):823-828.
- (5) Woodcock MG, Scott RA, Huntbach J, Kirkby GR. Mass and shape as factors in intraocular foreign body injuries. *Ophthalmology* 2006 Dec;113(12):2262-2269.
- (6) Ehlers JP, Kunimoto DY, Ittoop S, Maguire JI, Ho AC, Regillo CD. Metallic intraocular foreign bodies: characteristics, interventions, and prognostic factors for visual outcome and globe survival. *Am J Ophthalmol* 2008 Sep;146(3):427-433.
- (7) Straub W. The ophthalmology of Fabricius Hildanus in the 17th century. *Doc Ophthalmol* 1990 Feb;74(1-2):21-29.
- (8) Chaudhry IA, Shamsi FA, Al-Harhi E, Al-Theeb A, Elzaridi E, Riley FC. Incidence and visual outcome of endophthalmitis associated with intraocular foreign bodies. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008 Feb;246(2):181-186.
- (9) Soheilian M, Abolhasani A, Ahmadi H, Azarmina M, Dehgan MH, Mashavekhi A, et al. Management of magnetic intravitreal foreign bodies in 71 eyes. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2004 Sep-Oct;35(5):372-378.
- (10) Kanski JJ. Kap. 23 Trauma. *Clinical Ophthalmology. A systemic approach*. 6. Auflage ed. München; Jena: Elsevier; 2008. p. 871-893.
- (11) Potts AM, Distler JA. Shape factor in the penetration of intraocular foreign bodies. *Am J Ophthalmol* 1985 Jul 15;100(1):183-187.
- (12) Pokhraj PS, Jigar JP, Mehta C, Narottam AP. Intraocular metallic foreign body: role of computed tomography. *J Clin Diagn Res* 2014 Dec;8(12):RD01-3.
- (13) Cardillo JA, Stout JT, LaBree L, Azen SP, Omphroy L, Cui JZ, et al. Post-traumatic proliferative vitreoretinopathy. The epidemiologic profile, onset, risk factors, and visual outcome. *Ophthalmology* 1997 Jul;104(7):1166-1173.
- (14) De Souza S, Howcroft MJ. Management of posterior segment intraocular foreign bodies: 14 years' experience. *Can J Ophthalmol* 1999 Feb;34(1):23-29.
- (15) Lam SR, Devenyi RG, Berger AR, Dunn W. Visual outcome following penetrating globe injuries with retained intraocular foreign bodies. *Can J Ophthalmol* 1999 Dec;34(7):389-393.
- (16) Fulcher TP, McNab AA, Sullivan TJ. Clinical features and management of intraorbital foreign bodies. *Ophthalmology* 2002 Mar;109(3):494-500.
- (17) Mester V, Kuhn F. Intraocular foreign bodies. *Ophthalmol Clin North Am* 2002 Jun;15(2):235-242.

- (18) Tawara A. Transformation and cytotoxicity of iron in siderosis bulbi. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986 Feb;27(2):226-236.
- (19) Singh R, Bhalekar S, Dogra MR, Gupta A. 23-Gauge Vitrectomy with Intraocular Foreign Body Removal Via the Limbus: an Alternative Approach for Select Cases. *Indian J Ophthalmol* 2014 Jun;62(6):707-710.
- (20) Grehn F. Linse. *Augenheilkunde*. 31. Auflage ed. Berlin Heidelberg: Springer Medizin; 2012. p. 149-171.
- (21) Grehn F. Glaskörper, Vitrektomie. *Augenheilkunde*. 31. Auflage ed. Berlin Heidelberg: Springer Medizin; 2012. p. 273-285.
- (22) Adesanya OO, Dawkins DM. Intraorbital wooden foreign body (IOFB): mimicking air on CT. *Emerg Radiol* 2007 Apr;14(1):45-49.
- (23) Lin TC, Liao TC, Yuan WH, Lee FL, Chen SJ. Management and clinical outcomes of intraocular foreign bodies with the aid of orbital computed tomography. *J Chin Med Assoc* 2014 Aug;77(8):433-436.
- (24) Kuhn F, Morris R. Posterior segment intraocular foreign bodies: management in the vitrectomy era. *Ophthalmology* 2000 May;107(5):821-822.
- (25) Zhang Y, Zhang M, Jiang C, Qiu HY. Intraocular foreign bodies in china: clinical characteristics, prognostic factors, and visual outcomes in 1,421 eyes. *Am J Ophthalmol* 2011 Jul;152(1):66-73.e1.
- (26) Mitra RA, Mieler WF. Controversies in the management of open-globe injuries involving the posterior segment. *Surv Ophthalmol* 1999 Nov-Dec;44(3):215-225.