

Aus der Augenklinik und Poliklinik  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. med. Siegfried Priglinger,  
FEBO



**Prognostische Faktoren und klinische Ergebnisse von  
Verletzungen mit Bulbuseröffnung**

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

vorgelegt von  
Helin Arda  
aus München  
2020

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Armin Wolf, FEBO

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Thomas Berninger

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:  
Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Phys. Markus Schaumberger

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 15.10.2020

# **Eidesstattliche Versicherung**

Helin Arda

Ich erkläre hiermit an Eides statt,  
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Prognostische Faktoren und klinische Ergebnisse von Verletzungen mit Bulbuseröffnung**

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 26.10.2020

Helin Arda

*Meinen Eltern  
und meiner Schwester*

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1 Definition der Augenverletzungen.....	8
1.2 Ärztliche Versorgung von Augenverletzungen .....	9
1.2.1 Bedeutung der ophthalmologischen Versorgung .....	9
1.2.2 Ophthalmologische Untersuchung und Primärversorgung .....	10
1.3 Zielsetzung.....	11
<b>2. Patienten und Methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Patientenkollektiv .....	11
2.2 Erhebung der Parameter.....	12
2.3 Berechnung des OTS .....	12
2.4 Statistische Auswertung.....	14
<b>3. Ergebnisse</b>	<b>15</b>
3.1 Demographische Daten.....	15
3.1.1 Alter und Geschlecht.....	15
3.1.2 Betroffenes Auge .....	17
3.1.3 Dauer des stationären Aufenthaltes.....	17
3.2 Traumakontext .....	18
3.2.1 Unfallort .....	18
3.2.2 Unfallmechanismus.....	18
3.2.3 Voroperationen am Auge .....	19
3.3 Traumacharakteristik .....	19
3.3.1 Diagnose nach BETT-Klassifikation .....	19
3.3.2 Fremdkörpermaterial.....	20
3.3.3 Lokalisation der Verletzung.....	21
3.3.4 Morphologische Befunde .....	22
3.4 Operative Versorgung.....	24
3.4.1 Zeitpunkt der Primärversorgung .....	24
3.4.2 Art und Anzahl der Operationen .....	26
3.4.3 Postoperative Komplikationen .....	27
3.5 Visus und intraokularer Druck.....	28
3.5.1 Visus bei Erstvorstellung .....	28
3.5.2 Visus bei letzter Vorstellung.....	28

Inhaltsverzeichnis	<u>6</u>
3.5.3 Vergleich: Visus bei Erst- und letzter Vorstellung .....	29
3.5.4 Intraokularer Druck bei Erstvorstellung.....	31
3.5.5 Intraokularer Druck bei letzter Vorstellung .....	31
3.5.6 Vergleich: Intraokularer Druck bei Erst- und letzter Vorstellung .....	32
3.6 OTS .....	32
3.7 Weitere Prognostische Faktoren .....	34
<b>4. Diskussion</b>	<b><u>35</u></b>
4.1 Demographie.....	35
4.2 Unfallort.....	35
4.3 Voroperationen am Auge.....	36
4.4 BETT-Klassifikation.....	36
4.5 Postoperative Komplikationen.....	37
4.6 Prognosefaktoren .....	37
<b>5. Zusammenfassung</b>	<b><u>39</u></b>
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	<b><u>42</u></b>
<b>7. Abbildungsverzeichnis</b>	<b><u>44</u></b>
<b>8. Abkürzungsverzeichnis</b>	<b><u>45</u></b>
<b>9. Danksagung</b>	<b><u>46</u></b>
<b>10. Lebenslauf</b>	<b><u>47</u></b>

## 1. Einleitung

Verletzungen mit Bulbuseröffnung zählen zu den häufigsten und schwersten Augenverletzungen traumatischen Ursprungs. Laut WHO handelt es sich unter den weltweit durchschnittlich 55 Millionen Augenverletzungen im Jahr bei 200.000 um offene Bulbusverletzungen, welche augenärztlich behandelt werden. Die Anzahl der Patienten, welche infolge eines Traumas einseitig erblinden oder stark sehbehindert werden, beläuft sich auf rund 19 Millionen [1].

Dies macht deutlich, wie bedeutend es ist, Risikofaktoren und Kriterien, welche prognostische Auswirkungen nach sich ziehen können, im Hinblick auf offene Bulbusverletzungen zu erforschen.

Trotz der zahlreichen Fortschritte in Bezug auf bildgebende Verfahren und Operationstechniken im Bereich der Ophthalmologie bleibt die Versorgung offener Bulbusverletzungen komplex. Da ebendiese Augenverletzungen weiterhin eine häufige Ursache für monokulare Sehvermögensbeeinträchtigung oder Blindheit ausmachen, ist es notwendig, im Falle eines derartigen Notfalls die Diagnose rasch zu stellen und eine augenärztliche Versorgung umgehend einzuleiten [1]. Ferner nehmen auch neben der akuten Intervention regelmäßige Kontrolluntersuchungen in den Folgejahren eine wichtige Stellung in der Versorgung ein, um die möglicherweise erst im Verlauf auftretenden schweren Komplikationen wie Netzhautablösung, PVR oder Sekundärglaukom rechtzeitig identifizieren und behandeln zu können.

Der Grundstein einer standardisierten Klassifikation von mechanischen Augenverletzungen wurde 1997 durch die Ocular Trauma Classification Group gelegt. Zunächst wurde das Birmingham Eye Trauma Terminology System entwickelt, um alle ophthalmologischen Verletzungstypen einheitlich definieren zu können [2]. Daraufhin wurde der Ocular Trauma Score als ein standardisierter Indikator mit einer prognostischen Aussagekraft hinsichtlich des Visusgewinns nach Verletzungen mit Bulbuseröffnung eingeführt [3].

Mit seinem Hauptsitz in Birmingham, Alabama USA, ist das United States Eye Injury Registry das weltweit größte offizielle Register für schwere Augenverletzungen. Darin werden Informationen zu Erstvorstellung, Folgevorstellungen, epidemiologische und klinische Daten bezüglich aller schweren Verletzungsarten zusammengetragen. Als schwere Augenverletzung sind in diesem Zusammenhang permanente und signifikante strukturelle oder funktionelle Veränderungen des Auges und seiner Adnexe definiert, welche infolge eines Traumas entstanden sind. Nicht nur offizielle Institutionen, sondern auch individuelle Ophthalmologen können hier ihre Daten standardisiert in das Register einpflegen. Zudem werden unter der Schirmherrschaft der International Society of Ocular Trauma Daten internationaler Register im World Eye Injury Registry zusammengetragen [4].

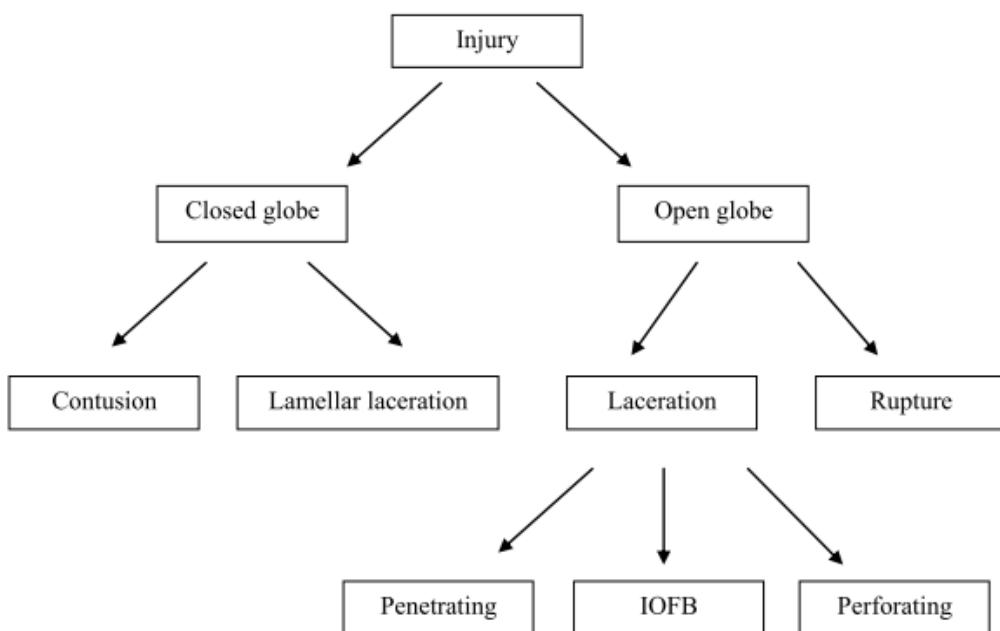
## 1.1 Definition der Augenverletzungen

Auslöser von Augenverletzungen sind im Allgemeinen exogene Faktoren. Dazu zählen in erster Linie mechanisch einwirkende Gewalt, aber auch chemische, elektrische, thermische oder Lichtnoxen. Die folgende Einteilung offener Bulbustraumata basiert auf dem international anerkannten System der BETT [4, 5].

Grundsätzlich wird bei den mechanischen Bulbusverletzungen zwischen geschlossener und eröffneter Bulbuswand unterschieden. Unter die Definition einer geschlossenen Bulbusverletzung fällt zum einen die Contusio bulbi, bei welcher es sich um eine stumpfe Augapfelprellung mit intakter Bulbuswand handelt, und zum anderen die lamellierende, also die Bulbuswand nicht penetrierende Verletzung.

Eine traumatische Eröffnung der Bulbuswand in seiner gesamten Tiefe wird laut der BETT als offene Bulbusverletzung klassifiziert. Definitionsgemäß sind von dieser Verletzung die Sklera und /oder Kornea betroffen, wobei auch zusätzlich weitere Strukturen des Auges mit beteiligt sein können. Kommt es somit infolge einer stumpfen Verletzung zur Eröffnung der gesamten Bulbuswand, handelt es sich um eine Ruptur [4].

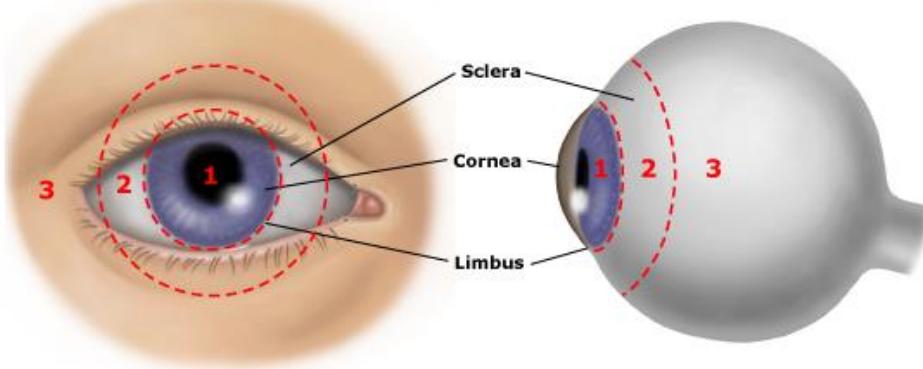
Eine Verletzung durch einen spitzen Gegenstand wird als Lazeration bezeichnet. Die Lazeration kann wiederum auf drei Arten zustande kommen. Bei lediglich einer Eintrittswunde spricht man von Penetration, bei einer Ein- und Austrittswunde von Perforation und beim Verbleiben des Fremdkörpers im Auge von einem intraokularen Fremdkörper [4, 5].



**Abb. 1: Einteilung der Bulbusverletzungen nach der Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT) [4]**

Zusätzlich werden offene Bulbusverletzungen nach der Lokalisation des posterioren tiefen Wundrandes in drei Zonen eingeteilt: Zone I umfasst die Verletzung von Kornea und Limbus, Zone II beschreibt den Bereich bis  $\leq 5$  mm posterior des Limbus und Zone III beschreibt den Bereich  $> 5$  mm posterior des Limbus [6].

### Eye Injury Zones



**Zone 1** Injury to cornea or limbus

**Zone 2** Injury to anterior 5mm of sclera

**Zone 3** Full thickness injury more than 5mm posterior to limbus

Abb. 2: Einteilung der Lokalisation von Bulbusverletzungen in Zone I – III

## 1.2 Ärztliche Versorgung von Augenverletzungen

### 1.2.1 Bedeutung der ophthalmologischen Versorgung

Aufgrund ihrer potentiell schwerwiegenden Langzeitfolgen, welche die Lebensqualität des Betroffenen stark einschränken können, ist es von großer Bedeutung, offene Bulbusverletzungen adäquat zu versorgen. Aus den zahlreichen bisherigen Studien geht hervor, dass die klinischen Ergebnisse offener Bulbusverletzungen nicht allein durch die Art der Versorgung, sondern vielmehr durch die prognostischen Faktoren bestimmt werden. Diese Faktoren werden bereits im Rahmen der Erstuntersuchung erhoben und spielen bei der Entscheidung bezüglich der Art der notfallmäßigen Intervention eine wichtige Rolle.

In den vergangenen Jahren wurden ältere operative Methoden stets durch moderne OP-Techniken ersetzt. Diese minimalinvasiven Techniken fügen dem verletzten Auge ein geringeres intraoperatives Trauma hinzu. Insbesondere die Small-Gauge-Vitrektomie und die Mikroinzisionskataraktchirurgie sind aufgrund ihres häufigen Einsatzes im Zusammenhang mit der Versorgung offener Bulbusverletzungen bedeutsam. Eine

wesentliche Folge dieser reduzierten operativen Invasivität ist eine weniger stark ausgeprägte postoperative Inflammation. Diese beeinflusst den ohnehin protrahierten Heilungsprozess im Rahmen der traumatologischen Nachsorge in geringerem Maße. In diesem Kontext wurde mittels zahlreicher Tiermodelle gezeigt, dass die Sekretion proinflammatorischer Zytokine wie TGF- $\beta$  vor allem in der frühen Phase einer Netzhautschädigung für nachfolgende Verletzungsmechanismen verantwortlich ist [7, 8]. Aus diesem Grund sind moderne minimalinvasive Operationen elementar für die Versorgung von Augenverletzungen.

### **1.2.2 Ophthalmologische Untersuchung und Primärversorgung**

Im Folgenden wird die primäre Untersuchung und Versorgung nach Eintreffen eines ophthalmotraumatologischen Patienten in der Notaufnahme der LMU Augenklinik im Zeitraum der Jahre 2008 bis 2013 dargestellt. Zunächst erfolgte eine allgemeine Anamneseerhebung mit darauffolgender Visusüberprüfung, augenärztlicher Untersuchung des vorderen sowie hinteren Augenabschnittes an der Spaltlampe und IOD-Messung. Gegebenenfalls wurden auch spezielle diagnostische Mittel wie eine Ultraschalluntersuchung oder CT-Aufnahme der Orbita eingesetzt. Eine Tetanusimpfung wurde, falls notwendig, aufgefrischt. Zudem wurde die Verabreichung von topischen Steroiden (Prednisolon) und von Antibiotika in topischer (Moxifloxacin) sowie intravenöser Form (Imipenem oder Cefotaxim) eingeleitet.

Alle Patienten wurden von einem erfahrenen Ophthalmochirurgen operiert. Die primäre Bulbusrekonstruktion wurde möglichst innerhalb einer Zeitspanne von 24 Stunden seit dem Zeitpunkt, als das Trauma erfolgt war, durchgeführt. In Ausnahmefällen wie medizinischer Kontraindikation oder verspäteter Vorstellung erfolgte die primäre Bulbusrekonstruktion auch zu einem späteren Zeitpunkt. Die Primärversorgung war hauptsächlich auf die Exploration der Wunde, die Entfernung von prolabiertelem Gewebe oder der natürlichen Linse bei ausgeprägter Kapselverletzung, die Reduktion oder Exzision prolabierte Uvea, die Exzision von prolabiertelem Glaskörper, die Entfernung von IOFK und den Wundverschluss beschränkt. Falls eine Vitrektomie erforderlich war, wurde sie mittels 23 Gauge-ppV soweit möglich durchgeführt.

Nach der operativen Versorgung wurden alle Patienten stationär aufgenommen und behandelt. In der Regel wurde die Gabe von topischen Steroiden und intravenösen und topischen Antibiotika für mindestens 48 Stunden bis zur Entlassung fortgeführt. Nach der Entlassung erhielten alle Patienten eine orale Antibiotikatherapie (Cefuroxim) für mindestens eine Woche. Ambulante Kontrolluntersuchungen fanden üblicherweise nach einer Woche, einem Monat und bei Bedarf in kürzeren Intervallen oder auch zu späteren Zeitpunkten statt.

In den meisten Fällen fand die definitive Versorgung abhängig von den intraoperativen Befunden im Rahmen des ersten Eingriffs und der Kontrolluntersuchungen erst zum Zeitpunkt eines weiteren Eingriffs statt. Dazu zählten unter anderem Lensektomie, Vitrektomie, Netzhautanlage, Drainage einer Aderhautblutung und IOL-Implantation.

### **1.3 Zielsetzung**

Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, in Hinsicht auf prognostische Faktoren und klinische Therapieergebnisse von offenen Bulbusverletzungen eine quantitative und qualitative Analyse durchzuführen. Zuletzt sollen anhand der Ergebnisse Rückschlüsse im Hinblick auf mögliche Prognoseindikatoren und die optimale Versorgung von bulbuseröffnenden Verletzungen sowohl primär im Notfall als auch sekundär im Verlauf gezogen werden.

Dabei liegt das besondere Augenmerk zum einen auf der Frage, ob der OTS unter den aktuellen Umständen weiterhin Gültigkeit besitzt und zum anderen, ob jüngste OP-Techniken die Prognose offener Bulbusverletzungen wesentlich verbessern können. Ferner soll untersucht werden, ob sich das Spektrum der okulären Traumatologie im Zuge der Zeit verändert hat. Zu diesem Zweck wurden die in dieser Studie erhobenen Daten mit den Ergebnissen des WEIR und USEIR verglichen.

## **2. Patienten und Methoden**

### **2.1 Patientenkollektiv**

Es wurden in einer retrospektiven Studie alle Patienten erfasst, welche im Zeitraum von Juni 2008 bis Oktober 2013 in der Augenklinik des Klinikums der Universität München mit einer bulbuseröffnenden Verletzung erstmals vorstellig gewesen waren und eine primäre Wundversorgung erhalten hatten. Die retrospektive Erhebung der Daten erfolgte im Zeitraum April bis Juni 2016.

Eine Altersbeschränkung wurde nicht festgesetzt. Aus den OP-Büchern dieses Zeitraumes wurden 262 Patienten ermittelt, welchen darin eine der folgenden Diagnosen zugeschrieben war: „perforierende Verletzung“, „penetrierende Verletzung“, „Bulbusruptur“, „penetrierende Verletzung mit intraokularem Fremdkörper“ sowie „Contusio bulbi“. Patienten mit einer externen Erstversorgung und anschließender Behandlung an der Augenklinik wurden aus der Studie ausgeschlossen. Ebenso galt dies für diejenigen der oben genannten Diagnosen, welche sich nach Einsicht der gesamten Bezugsquellen hinsichtlich der Ophthalmotermiologie als inkorrekt bezeichnet herausstellten. Letztendlich verblieben nach Anwendung aller zuvor genannten Ausschlusskriterien 222 Patienten, welche in die Studie aufgenommen werden konnten.

Um eine bessere Aussagekraft über die Korrelation des OTS mit dem Endvisus zu erhalten, wurde zusätzlich eine Subgruppenanalyse durchgeführt. Hierzu wurden von den 222 Patienten all diejenigen eingeschlossen, welche eine Nachbeobachtungszeit von mindestens sechs Monaten hatten. Die gesamte Anzahl der Subgruppe belief sich auf 71 Fälle.

## 2.2 Erhebung der Parameter

Als Bezugsquelle wurden primär die jeweiligen Papierakten, welche den Notaufnahmefund, die OP-Berichte, die postoperativen stationären Befunde und die Befunde der Kontrolluntersuchungen beinhalten, herangezogen. Falls schriftliche Akten nicht auffindbar waren, konnten notwendige Informationen auch aus elektronisch abgespeicherten OP-Berichten und Entlassbriefen erhoben und in die Datenbank eingepflegt werden. Alle dokumentierten Daten zu den jeweiligen Patienten wurden mindestens bis zum Entlassungstermin oder bei fortgesetzter Behandlung bzw. bei Kontrolluntersuchungen bis zum letzten Nachsorgertermin erhoben.

Für die Erstellung einer SPSS-Datenbank wurden alle Patientenakten anonymisiert und standardisiert. Insgesamt wurden rund 700 Parameter codiert. Folgende zentrale Parameter wurden allen Patientenakten, sofern vorhanden, entnommen: Geschlecht, Alter, Unfallhergang in Bezug auf Ort und Material, vorbekannte Augenerkrankungen, Voroperationen am Auge, Verletzungsgröße und -tiefe, verletzte Strukturen, Verletzungsart (stumpf oder spitz) und Art der Primärversorgung. Des Weiteren wurde der gesamte ophthalmologische Befund bei Erstvorstellung und letzter Untersuchung einschließlich Visus und intraokularem Druck in die Datenbank aufgenommen. Zeitliche Intervalle, wie der Zeitraum zwischen Unfallereignis und Erstvorstellung, die Dauer des stationären Aufenthaltes oder die Dauer des Follow-Up, genauso wie die Anzahl an notwendigen Reoperationen wurden ebenso erfasst. Die Klassifizierung der Verletzungen mit Bulbuseröffnung mithilfe des BETTS und die Berechnung des OTS erfolgten in allen Fällen zum Zeitpunkt der retrospektiven Datenerfassung.

## 2.3 Berechnung des OTS

Im Rahmen des USEIR wurde der OTS unter Hinzuziehung von mehr als 2500 Fällen entwickelt. In dessen Berechnung fließen alle im Hinblick auf die Prognose wichtigen Kriterien einer offenen Bulbusverletzung ein. Insgesamt beinhaltet der OTS ein funktionelles (Initialvisus) sowie fünf anatomische Kriterien (Bulbusruptur, Endophthalmitis, perforierende Verletzung, Netzhautablösung, APD). Somit ist der Score unmittelbar am Ende der Erstuntersuchung oder gegebenenfalls zum Endpunkt der Erstversorgung berechenbar und ermöglicht eine relativ verlässliche prognostische Aussage [4].

Variable	Rohpunkte
Initialvisus	
NLP	60
LP / HM	70
1/200 – 19/200	80
20/200 – 20/50	90
$\geq 20/40$	100
Bulbusruptur	-23
Endophthalmitis	-17
Perforierende Verletzung	-14
Netzhautablösung	-11
APD	-10

**Tab. 1: Berechnung des Ocular Trauma Score (OTS) [4]**

OTS Kategorie	OTS Rohpunkte
1	0 – 44
2	45 – 65
3	66 – 80
4	81 – 90
5	91 – 100

**Tab. 2: Berechnung des Ocular Trauma Score (OTS) [4]**

## 2.4 Statistische Auswertung

Die Datenerfassung, graphische Darstellung und Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programm SPSS 25 für Windows 10 (IBM Corp., USA). Zum besseren Vergleich der Statistik wurde der Visus in die logarithmierte Form (logMAR-Wert) umgerechnet.

Dezimal		logMAR
1,25		- 0,1
1,0		0,0
0,8		0,1
0,63		0,2
0,5		0,3
0,4		0,4
...		...
0,1		1,0
0,08		1,1
0,06		1,2
0,05		1,3
...		...
0,02		1,7
0,01	FZ	2,0
0,001	HBW	3,0

Tab. 3: Visusumrechnungstabelle für logMAR-Werte [9]

Die deskriptive Statistik wurde mittels absoluter und relativer Häufigkeiten sowie Mittelwert, Median und Standardabweichung dargestellt. Kategoriale Daten wurden mithilfe des Chi-Quadrat-Tests verglichen. Mittelwertunterschiede von unabhängigen normverteilten Stichproben wurden mit dem Zweistichproben-t-Test untersucht. Der Kruskal-Wallis-Test, Mann-Whitney-U-Test und Wilcoxon-Test wurden für nicht-parametrische Daten verwendet. Varianzanalysen wurden mittels einfaktorieller ANOVA durchgeführt. Mit Regressionsanalysen wurde die Korrelation von prognostischen Faktoren und klinischem Ergebnis überprüft. Alle p-Werte < 0,05 wurden als signifikant erachtet.

### 3. Ergebnisse

In dieser Studie wurden Daten von 222 Verletzungen mit Bulbuseröffnung von insgesamt 222 Patienten, die sich zwischen Juni 2008 und Oktober 2013 erstmals an der LMU Augenklinik München vorgestellt hatten, analysiert. Die mittlere Nachbeobachtungszeit der Patienten betrug 8,4 Monate ( $251,5 \pm 410,3$  SD Tage). Alle Patienten wurden mindestens zwei Tage stationär behandelt. Somit ergab sich eine minimale Nachbeobachtungszeit von zwei Tagen und eine maximale Nachbeobachtungszeit von rund sieben Jahren (2527 Tage bzw. 84,2 Monate).

#### 3.1 Demographische Daten

##### 3.1.1 Alter und Geschlecht

Das Durchschnittsalter unseres Patientenkollektivs betrug  $42 \text{ Jahre} \pm 23,99$  SD mit einer Spannweite von 2 bis 99 Jahren. Es handelt sich hierbei überwiegend um männliche Patienten (80,2%; 178/222).

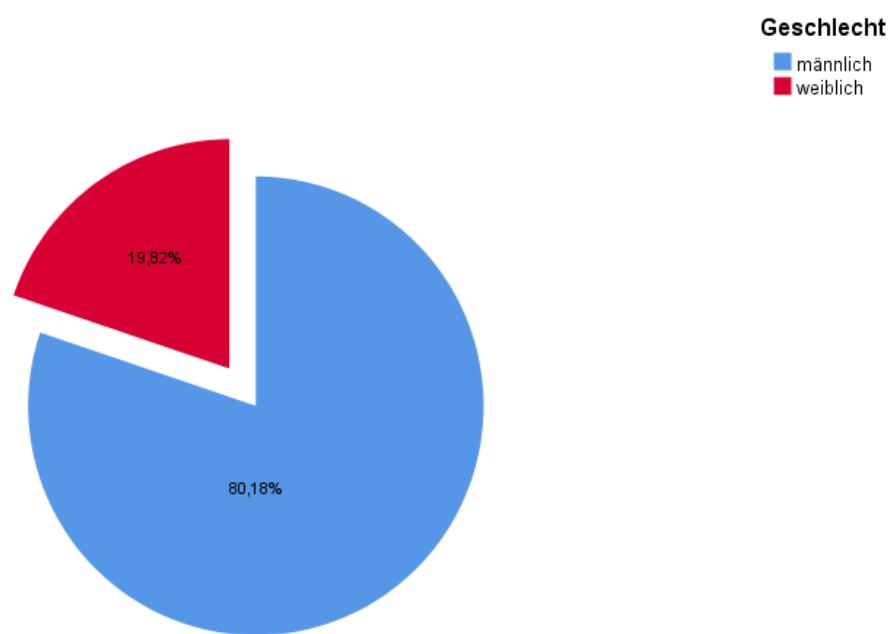
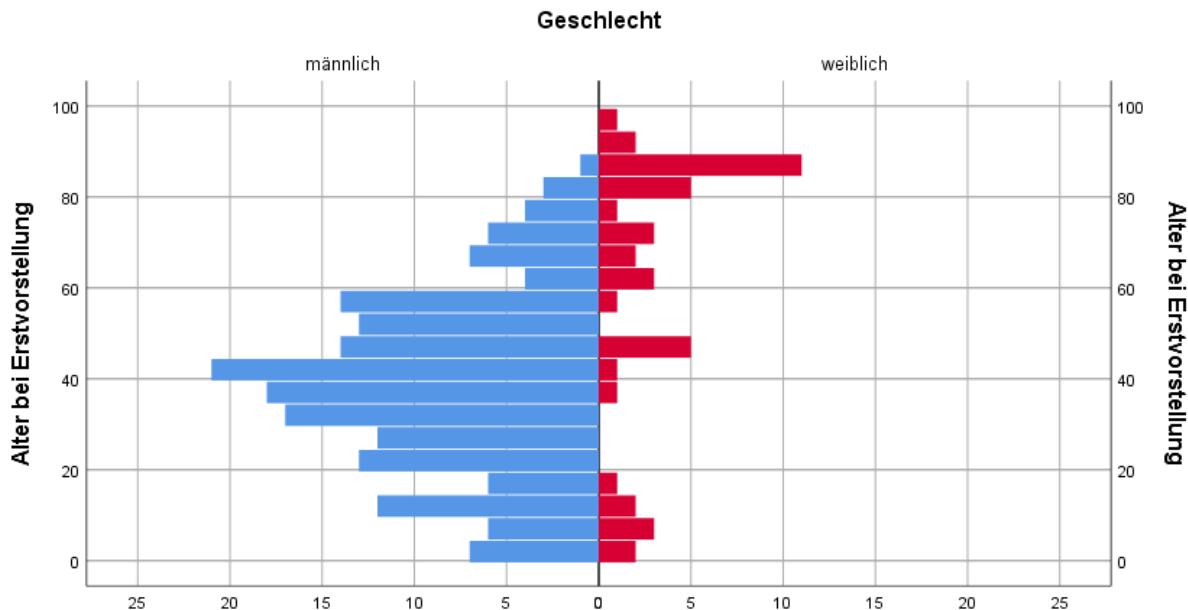


Abb. 3: Geschlechterverteilung der offenen Bulbusverletzungen

Die männlichen Patienten waren durchschnittlich  $38,7 \pm 19,9$  SD Jahre alt, wohingegen die weiblichen Patienten im Durchschnitt  $61,7 \pm 29,9$  SD Jahre alt waren. Somit zeigte sich beim geschlechterabhängigen Vergleich der Mittelwerte ein hoch signifikanter Unterschied ( $p < 0,001$  MWU).



**Abb. 4: Geschlechterabhängige Alterspyramide der offenen Bulbusverletzungen**

Ein weiterer signifikanter Unterschied konnte bei der Betrachtung des Durchschnittsalters der jeweiligen Gruppen innerhalb der BETT-Klassifikation ermittelt werden. Demnach waren Patienten mit einer Bulbusruptur signifikant älter als Patienten der restlichen drei Gruppen ( $p < 0,001$  KW). Das Durchschnittsalter von Patienten mit Bulbusruptur betrug  $71,6 \pm 19,2$  SD Jahre. Demgegenüber standen  $38,2 \pm 23,5$  SD Jahre für eine penetrierende Verletzung,  $39,9 \pm 16,2$  SD Jahre für IOFK und 23 Jahre für eine perforierende Verletzung.

		Penetrierende Verletzung	Perforierende Verletzung	IOFK	Ruptur	Männlich	Weiblich	Gesamt
Alter	MW $\pm$ SD	$38,3 \pm 23,5$	23	$39,9 \pm 16,2$	$71,6 \pm 19,2$	38,7 $\pm$ 19,9	$61,7 \pm 29,9$	$42,0 \pm 23,99$
Alter	Min.-Max.	2 - 99	23	10-75	8 - 93	2 - 89	3 - 99	2 - 99

**Tab. 4: Durchschnittsalter nach BETT-Einteilung und Geschlecht**

Das durchschnittliche Alter der Patienten, die sich zu Hause verletzt hatten, lag bei  $50,66 \pm 29,4$  SD Jahren. Somit waren diese Patienten im Schnitt 11 Jahre älter als die restlichen Patienten. In denjenigen Fällen, welche sich eine offene Bulbusverletzung infolge eines Sturzes hinzugezogen hatten, lag sogar ein Durchschnittsalter von  $75,9 \pm 18,4$  SD Jahren. Davon waren mit 70% die weiblichen Patienten deutlich häufiger betroffen als die männlichen.

### 3.1.2 Betroffenes Auge

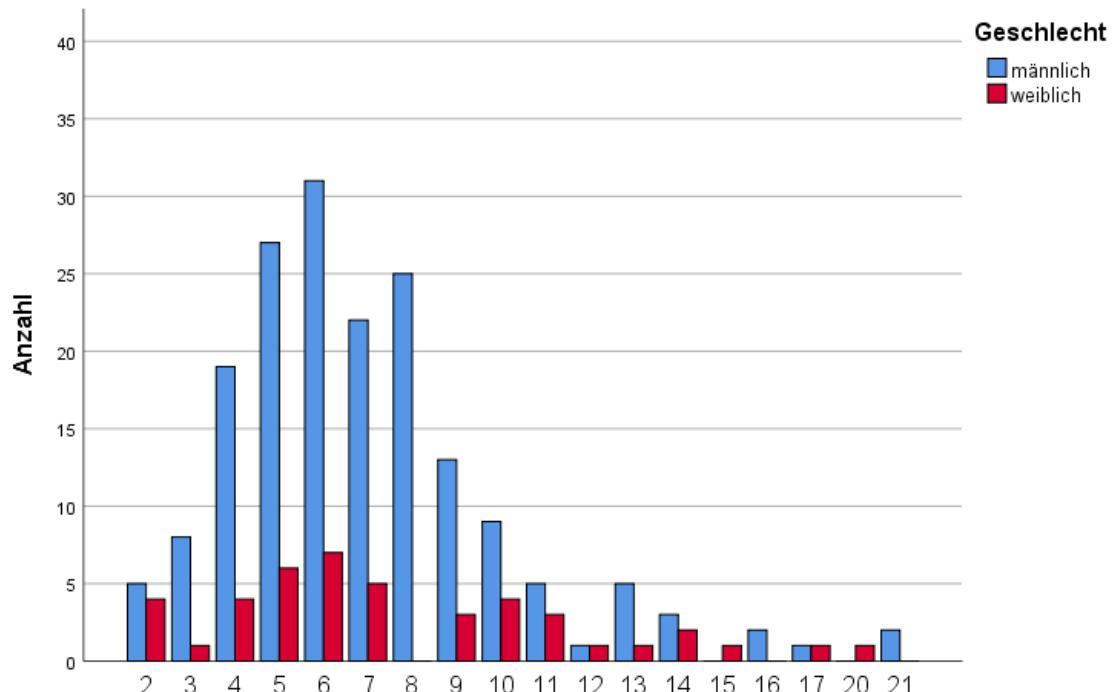
Das linke Auge war mit 55% häufiger verletzt als das rechte Auge mit 45%. Eine statistische Signifikanz hinsichtlich der Seitenverteilung konnte jedoch nicht bewiesen werden ( $p = 0,14$  CHI).

	Lazeration, n	Ruptur, n	Gesamt, n (%)
RA	85	15	100 (45)
LA	106	16	122 (55)
Gesamt	191	31	222

**Tab. 5:** Seitenverteilung der offenen Bulbusverletzungen

### 3.1.3 Dauer des stationären Aufenthaltes

Im Rahmen der Primärversorgung waren die Patienten durchschnittlich 7,19 Tage  $\pm$  3,41 SD in stationärer Behandlung (Min. 2 Tage, Max. 21 Tage).



**Abb. 5:** Dauer des primären stationären Aufenthaltes

## 3.2 Traumakontext

### 3.2.1 Unfallort

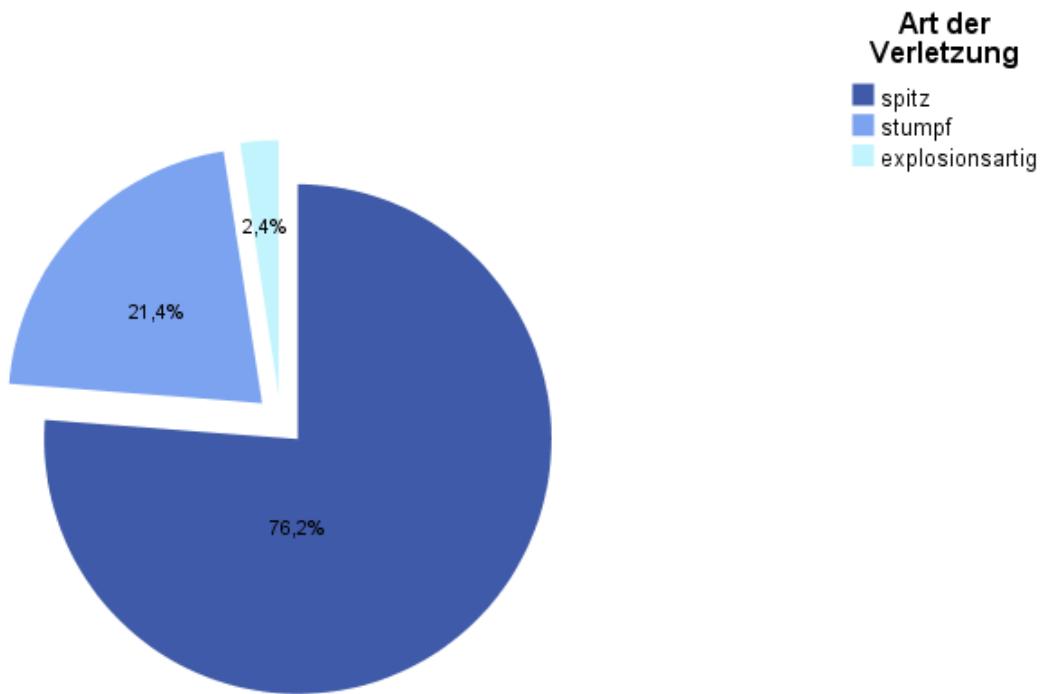
Als häufigste Unfallorte stellten sich der Arbeitsplatz (38,3%; 85/222) und das Zuhause (25,2%; 56/222) heraus. Männer verletzten sich eher in der Arbeitsstätte, insbesondere bei handwerklicher Tätigkeit mangels Schutzbrille. Dahingegen zogen sich die tendenziell älteren Frauen die Verletzungen im häuslichen Umfeld, meist infolge von Stürzen, zu. Das Verhältnis von Arbeitsunfällen zu häuslichen Unfällen lag bei den männlichen Fällen bei 81 : 35 und bei den weiblichen Fällen bei 4 : 21. Demzufolge stellte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Unfallort heraus ( $p < 0,001 \text{ CHI}$ ). Mehrheitlich ereigneten sich Stürze im häuslichen Umfeld (70,8%), gefolgt von Krankenhäusern und Rehabilitationskliniken (16,7%).

	Penetrierende Verletzung	Perforierende Verletzung	IOFK	Ruptur	Gesamt
Unfallort, n (%)					
Arbeitsplatz	44 (33.6)	1 (100.0)	39 (66.1)	2 (6.5)	85 (38.3)
Zuhause	29 (22.1)	-	8 (13.6)	18 (58.1)	56 (25.2)
Straße	10 (7.6)	-	2 (3.4)	1 (3.2)	13 (5.9)
Natur	6 (4.6)	-	1 (1.7)	1 (3.2)	8 (3.6)
Krankenhaus /Reha	1 (0.8)	-	-	3 (9.7)	4 (1.9)
Schlägerei /Überfall	3 (2.3)	-	1 (1.7)	-	4 (1.9)
Schule /KiTa	3 (2.3)	-	-	-	3 (1.4)
Restaurant	3 (2.3)	-	-	-	3 (1.4)
Verkehrsunfall	1 (0.8)	-	-	1 (3.2)	2 (0.9)
Sport	1 (0.8)	-	-	-	1 (0.5)
Keine Angaben	30 (22.9)	-	8 (13.6)	5 (16.1)	43 (19.4)

Tab. 6: Unfallorte der offenen Bulbusverletzungen

### 3.2.2 Unfallmechanismus

Bei 206 von 222 Fällen waren Angaben zum Unfallmechanismus dokumentiert worden. Mehr als zwei Drittel der Verletzungen wurden durch spitze Gegenstände verursacht (70,3%; n = 156). Die bulbuseröffnende Verletzung konnte in 30 Fällen ursächlich auf einen Sturz zurückgeführt werden (13,5%). Im häuslichen Umfeld machten Stürze nach Fremdkörperverletzungen mit Metall (35,8%) den zweithäufigsten Unfallmechanismus aus (32,1%). Ein Polytrauma lag einzig bei einem 47-jährigen männlichen Patienten vor (0,5%). Dieser erlitt eine Bulbusruptur im Rahmen eines Verkehrsunfalls.



**Abb. 6. Unfallmechanismen der offenen Bulbusverletzungen**

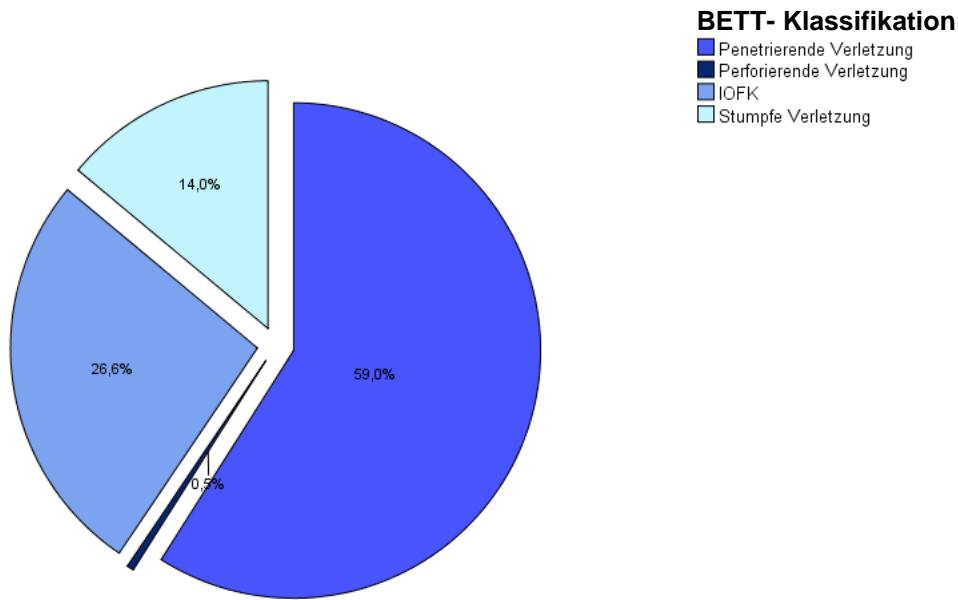
### 3.2.3 Voroperationen am Auge

Zum Zeitpunkt des Traumas waren 51,6% der Patienten mit Bulbusruptur bereits am Auge voroperiert worden (16/31). Zu diesen Operationen zählten: Katarakt-Operationen an 14 Augen (87,5%), drainierende Glaukom-Operationen an zwei Augen (12,5%), Trabekulektomie an einem Auge (6,3%) und perforierende Keratoplastik an einem Auge (6,3%). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Voroperationen am Auge und der Tatsache, dass die Verletzung eines voroperierten Auges eine Bulbusruptur begünstigt, konnte statistisch bewiesen werden ( $p < 0,001 \text{ CHI}$ ).

## 3.3 Traumacharakteristik

### 3.3.1 Diagnose nach BETT-Klassifikation

Gemäß der Definition nach BETT lag in mehr als der Hälfte der Fälle eine penetrierende Verletzung vor (59,0%; n = 131). IOFK machten mehr als ein Viertel aus (26,6%; n = 59). Eine stumpfe Verletzung im Sinne einer Bulbusruptur lag in 14,0% der Patienten in unserer Studie vor (n = 31), während nur ein Patient eine perforierende Verletzung erlitt (0,5%). Somit ergab sich zwischen den Kategorien Lazeration und Ruptur eine Relation von 191 : 31 (86,0% vs. 14,0%). In Hinblick auf das Geschlecht stellte sich heraus, dass Männer häufiger durch eine Lazeration (93,3%) verletzt wurden als Frauen (56,8%). Dieser Unterschied war mit  $p < 0,001$  statistisch signifikant ( $\text{CHI}$ ).

**Abb. 7: Verteilung der offenen Bulbusverletzungen nach der BETT**

### 3.3.2 Fremdkörpermaterial

Das häufigste Fremdkörpermaterial war Metall (51,5%; n = 86), gefolgt von organischem Material (16,8%; n = 28), wie beispielsweise Äste oder Stöcke, Glas (15,0%; n = 25), Stein bzw. Keramik (7,2%; n = 12), Plastik (6,6%; n = 11) und Feuerwerkskörpern (2,9%; n = 5).

Verletzungen am Arbeitsplatz wurden hauptsächlich durch Fremdkörper aus Metall ausgelöst (67,1%). Ebenso lagen in unserer Studie den Verletzungen im häuslichen Umfeld in erster Linie Metall-Fremdkörper zugrunde (35,8%).

Unfallursache, n (%)	Penetrierende Verletzung	Perforierende Verletzung	IOFK	Ruptur	Gesamt
Fremdkörpermaterial					
Metall	41 (31.3)	1 (100.0)	43 (72.9)	1 (3.2)	86 (38.7)
Organisch	23 (17.6)	-	2 (3.4)	3 (9.7)	28 (12.6)
Glas	21 (16.0)	-	4 (6.8)	-	25 (11.3)
Stein / Keramik	7 (5.3)	-	5 (8.5)	-	12 (5.4)
Plastik	10 (7.6)	-	-	1 (3.2)	11 (5.0)
Feuerwerkskörper	4 (3.1)	-	1 (1.7)	-	5 (2.3)
Polytrauma	-	-	-	1 (3.2)	1 (0.5)
Sturz	5 (3.8)	-	-	25 (80.6)	30 (13.5)
Keine Angaben	20 (15.3)	-	4 (6.8)	-	24 (10.8)

**Tab. 7: Unfallursachen der offenen Bulbusverletzungen**

### 3.3.3 Lokalisation der Verletzung

In 220 Fällen konnte die posteriore Ausdehnung der Wunde und somit deren anatomische Lokalisation (Kornea, Sklera, Kornea und Sklera) aus den Untersuchungsbögen erhoben werden. Der folgenden Abbildung ist deren prozentuale Verteilung zu entnehmen:

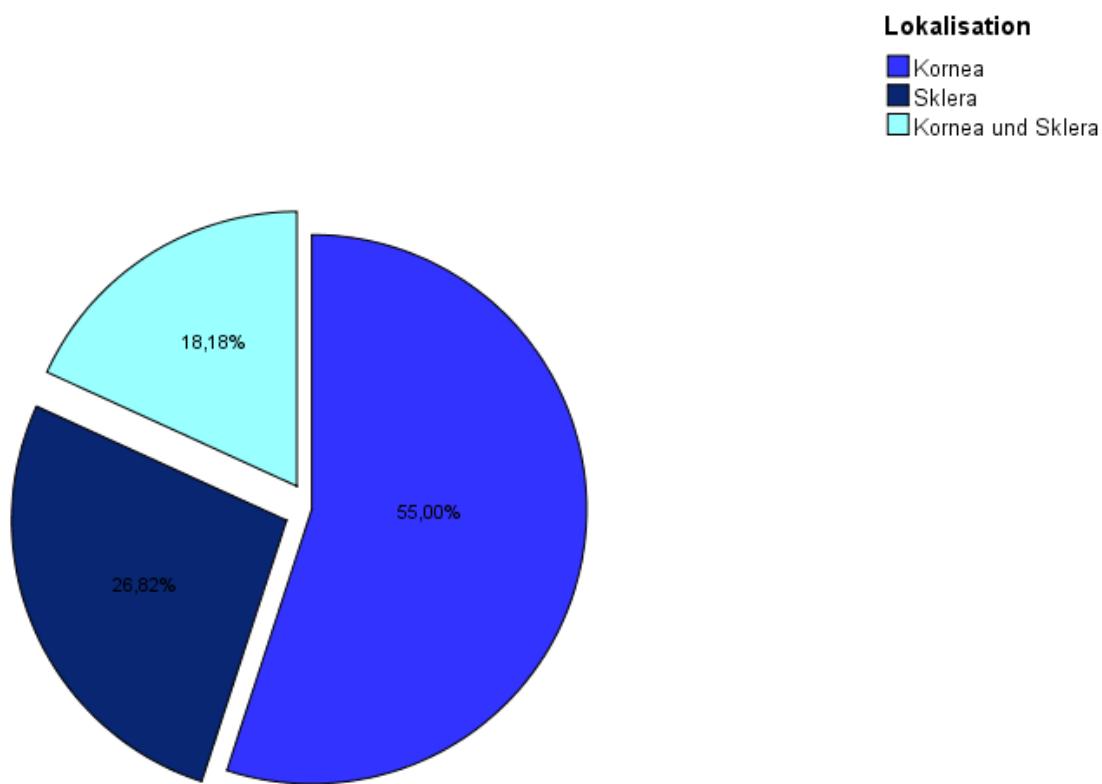


Abb. 8: Lokalisation der offenen Bulbusverletzungen

### 3.3.4 Morphologische Befunde

Die Länge der Wunde war in 42 Fällen dokumentiert. Davon hatten 59,5% eine Länge von weniger als 8mm.

	Lazeration, n	Ruptur, n	Gesamt, n (%)
0 – 4mm	19	-	19 (8,6)
5 – 8mm	6	-	6 (2,7)
9 – 12mm	7	1	8 (3,6)
>12mm	7	2	9 (4,1)
Keine Angaben	152	28	180 (81,1)
Gesamt	191	31	222 (100,0)

**Tab. 8: Wundausdehnung der offenen Bulbusverletzungen in Millimeter**

In 55% war die posteriore Ausdehnung der Wunde auf die Kornea begrenzt (121/220). Mit 58,6% fanden sich am häufigsten Verletzungen im Bereich der Zone I; Zone II (25,7%) kam an zweiter und Zone III (15,7%) an dritter Stelle ( $n = 210$ ).

	Lazeration, n	Ruptur, n	Gesamt, n (%)
Zone I	115	8	123 (55,4)
Zone II	47	7	54 (24,3)
Zone III	22	11	33 (14,9)
Keine Angaben	7	5	12 (5,4)
Gesamt	191	31	222 (100,0)

**Tab. 9: Lokalisationen der offenen Bulbusverletzungen**

Der vordere Augenabschnitt alleine war in 146 Augen und der hintere Augenabschnitt alleine in 64 Augen betroffen (n = 210). In den Befundbögen der Erstuntersuchung war als häufigster Befund hinsichtlich der Beteiligung von intraokularem Gewebe (z.B. Uvea, Linse, Glaskörper, Netzhaut) ein Uveaprolaps dokumentiert (38,3%).

Intraokular verletzte Struktur	N	%
VAA	146	65,8
Kornea	121	
Sklera	59	
Korneoskleral	40	
Hyphäma	67	
Uvea	90	
Uveaprolaps	85	
Irisinkarzeration	35	
Iridodialyse	10	
Linse	63	
Kapselverletzung	18	
Linsenprolaps	4	
Linsenluxation	9	
Linse geschwollen	23	
HAA	64	28,8
Glaskörper	55	
GK-Prolaps	33	
GK-Inkarzeration	4	
GK-Blutung	17	
Netzhaut	19	
NH-Prolaps	10	
NH-Ablösung	4	
NH-Riss	5	
Aderhaut	16	
AH-Prolaps	5	
AH-Blutung	9	
AH-Abhebung	2	
Keine Angaben	12	5,4

Tab. 10: Intraokular verletzte Strukturen

IOFK waren vorwiegend im hinteren Augenabschnitt (56,6%), wohingegen nur 30,2% im vorderen Augenabschnitt lokalisiert waren. Zudem konnten auch in fünf Fällen mehrere Fremdkörper in verschiedenen Strukturen des Auges gleichzeitig gefunden werden (9,4%). In zwei Augen war der Fremdkörper sogar intraorbital lokalisiert (3,8%; n = 53).

Die Art und Häufigkeit von Begleitverletzungen kann der folgenden Tabelle entnommen werden. Bei dem Fall mit einer Radiusfraktur als Begleitverletzung handelte es sich ursächlich um einen häuslichen Sturz einer 86-jährigen Patientin.

Begleitverletzung	n	%
SHT	3	1,4
Radiusfraktur	1	0,5
Orbita	10	4,5
Orbitabodenfraktur	6	2,7
Orbitadachfraktur	2	0,9
Orbitawandfraktur	3	1,4
Sinus-Maxillaris-Fraktur	2	0,9
Adnexe	58	26,1
OL-Verletzung	22	9,9
UL-Verletzung	16	7,2
OL-Hämatom	14	6,3
UL-Hämatom	5	2,3
Monokelhämatom	11	5,0
Tränendrüsenprolaps	1	0,5
Rectus-Muskeln	5	2,3

Tab. 11: Begleitverletzungen von offenen Bulbusverletzungen

## 3.4 Operative Versorgung

### 3.4.1 Zeitpunkt der Primärversorgung

Mit 82,8% stellte sich der Großteil der Patienten (164/198) noch am Unfalltag in der Notaufnahme der LMU Augenklinik vor.

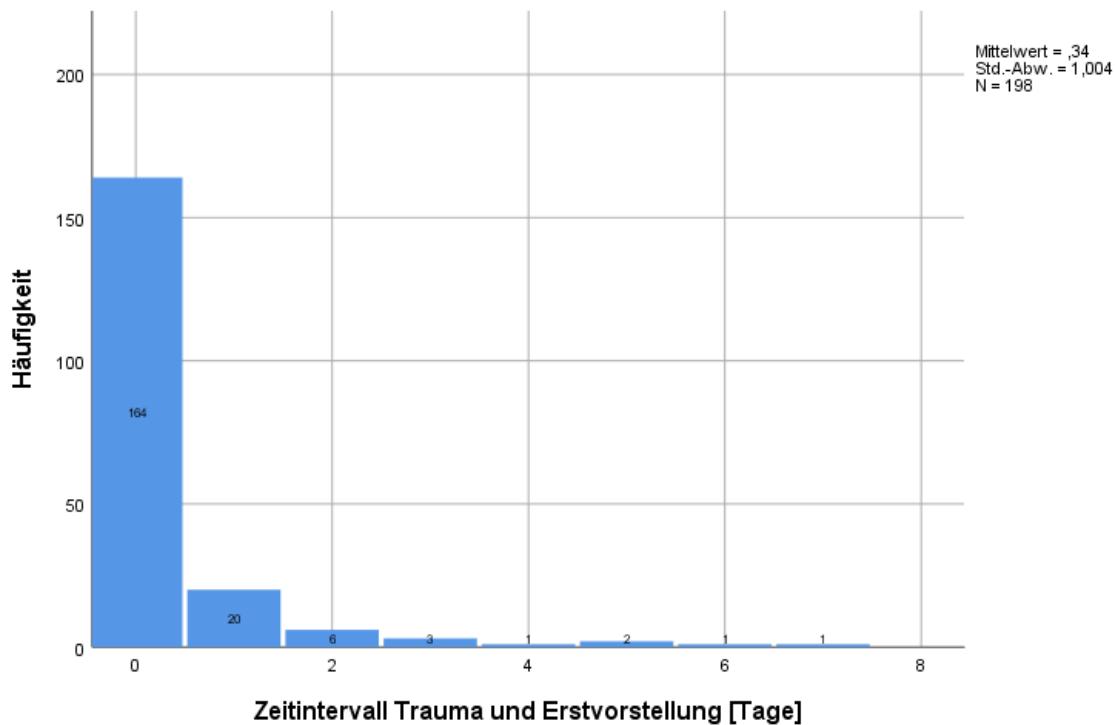


Abb. 9: Zeitintervall zwischen Traumazeitpunkt und Erstvorstellung

Die chirurgische Primärversorgung der offenen Bulbusverletzung erfolgte bei 96,8% (215/222) der Patienten am Tag der Erstvorstellung bzw. am darauffolgenden Tag, jedoch innerhalb von acht Stunden nach Vorstellung.

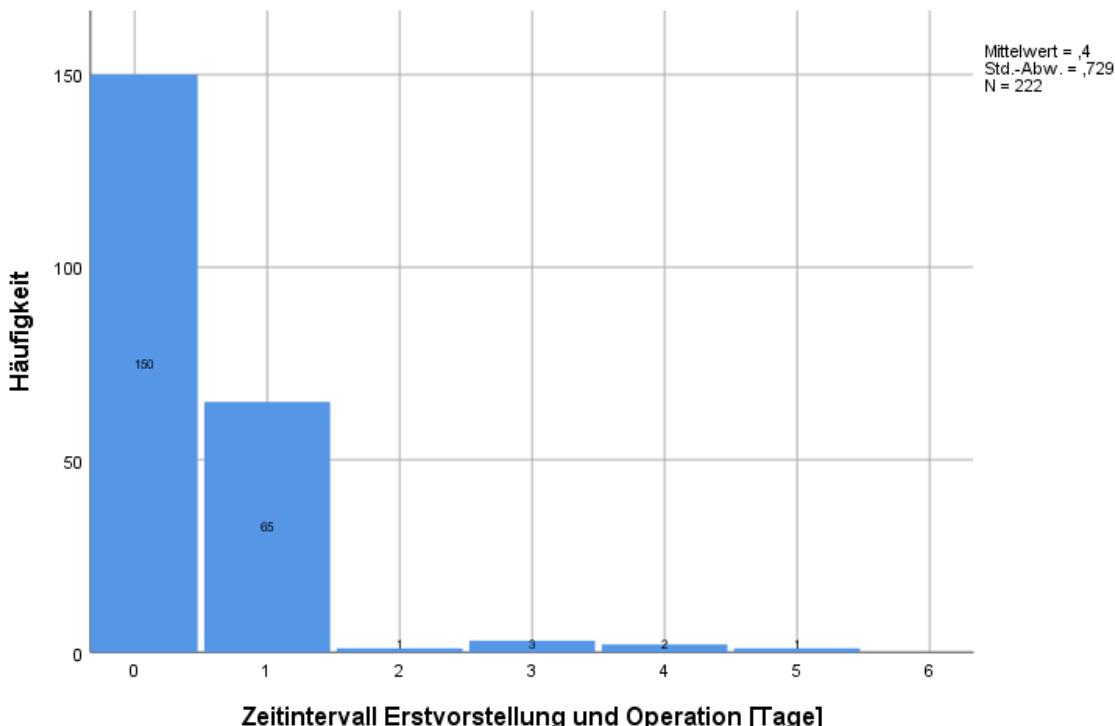


Abb. 10: Zeitintervall zwischen Erstvorstellung und Zeitpunkt der Operation

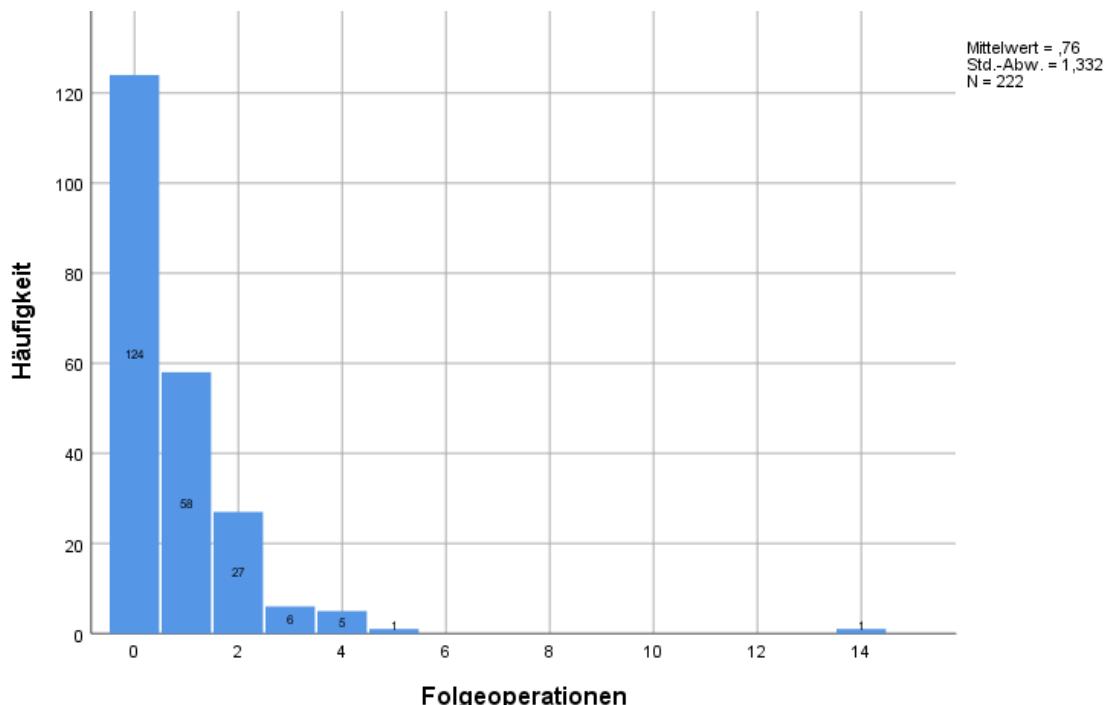
### 3.4.2 Art und Anzahl der Operationen

Das arithmetische Mittel der Anzahl an Operationen pro Patient, einschließlich der chirurgischen Primärversorgung, betrug  $1,76 \pm 1,332$  SD. Als Primärversorgung wurde mit 58,6% am häufigsten ein Wundverschluss in Kombination mit einer Operation des vorderen Augenabschnittes durchgeführt.

Primärversorgung	n	%
Wundverschluss alleine	48	21,6
Wundverschluss + VAA	130	58,6
Wundverschluss + HAA	11	5,0
Wundverschluss + VAA und HAA	21	9,5
Bulbusrekonstruktion	1	0,5
Eviszeration	1	0,5
Keine Angaben	10	4,5

**Tab. 12:Art der Primärversorgung von offenen Bulbusverletzungen**

In den meisten Fällen fand im Rahmen der gesamten Traumaversorgung lediglich eine Operation statt (55,9%; n = 124). Bei 98 Augen fielen während des Nachbeobachtungszeitraumes auch noch weitere Operationen an. Auf den einzelnen Patienten bezogen lag hier das arithmetische Mittel von Reoperationen bei  $0,76 \pm 1,332$  SD (Min. 0, Max. 14).



**Abb. 11: Anzahl an Folgeoperationen**

Im Mittelwertvergleich des Alters von den Patienten mit einer einzigen Operation und denjenigen Patienten, welche mehrere Operationen benötigt hatten, konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (42,52 Jahre vs. 44,23 Jahre;  $p = 0,446 \text{ MWU}$ ).

Für die folgenden Angaben wurden alle chirurgischen Eingriffe einschließlich der Primärversorgung und Reoperationen zusammengefasst betrachtet: Neben Wundverschluss und Bulbusrekonstruktion war bei insgesamt 67 Augen eine ppV erforderlich (30,2%). Dabei wurde in 22 Fällen zu einem gewissen Zeitpunkt eine ppV mit Silikonölfüllung durchgeführt (9,9%). Eine Lensektomie erfolgte in 79 Augen (35,6%). In lediglich einem Fall wurde im Rahmen der Primärversorgung eine Eviszeration durchgeführt. Ein weiterer Patient musste sich während des Nachbeobachtungszeitraumes einer Enukleation unterziehen.

OP-Methode	n	%
ppV	67	30,2
Lensektomie	79	35,6
Glaukomoperation	2	0,9
PKP	2	0,9
Eviszeration	1	0,5
Enukleation	1	0,5

Tab. 13: Zusätzliche chirurgische Eingriffe

### 3.4.3 Postoperative Komplikationen

Eine traumatische Katarakt war die häufigste postoperative Komplikation (38,7%). Im Schnitt stellte sich dieser Befund zwei Tage nach Erstvorstellung dar. Weitere häufige Komplikationen waren: Aderhautamotio nach drei Tagen (20,3%), Glaskörperblutung nach fünf Tagen (18%) und Netzhautablösung nach 19 Tagen (14,4%). In 24,2% aller Patienten mit Netzhautablösung trat eine erneute Netzhautablösung ein (8/33). Zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung lag die Netzhaut in drei Fällen nicht korrekt an. Eine postoperative PVR konnte in 5% der Augen beobachtet werden. Zehn Patienten entwickelten eine Phthisis bulbi (4,5%).

Eine Endophthalmitis trat in sechs Fällen unserer Studie als Komplikation ein (2,7%). Durchschnittlich entwickelte sich eine Endophthalmitis innerhalb von 20 Tagen nach der Erstvorstellung (Min. 2 Tage, Max. 52 Tage). Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung lag ein IOFK in der Hälfte der Endophthalmitis-Fälle vor (50%). Bei einem dieser sechs Patienten stellte sich heraus, dass der Endophthalmitis eine Pilzinfektion zugrunde lag.

Es handelte sich bei der Mehrheit der involvierten Fremdkörper um Metall ( $n = 4$ ) und nur in einem Fall um organisches Material. Bezüglich des Fremdkörpermaterials des sechsten Patienten lag keine Dokumentation vor.

Komplikation	N	%	Eintritt nach [Tage]
Traumatische Katarakt	86	38,7	2
Aderhautamotio	45	20,3	3
Glaskörperblutung	40	18,0	5
Aphakie	33	14,9	6
Netzhautablösung	32	14,4	19
PVR	11	5,0	56
Phthisis bulbi	10	4,5	224
Endophthalmitis	6	2,7	13
IOD-Entgleisung	3	1,4	37

**Tab. 14: Art der postoperativen Komplikationen**

### 3.5 Visus und intraokularer Druck

#### 3.5.1 Visus bei Erstvorstellung

Eine Befunddokumentation hinsichtlich des Visus bei Erstvorstellung war in 208 von 222 Fällen vorhanden. Der logMAR-Mittelwert unseres gesamten Patientenkollektivs zum Zeitpunkt der Erstvorstellung war  $1,29 \pm 1,11$  SD. Die Subgruppen Lazeration vs. Bulbusruptur hatten einen logMAR-Mittelwert von 1,25 vs. 1,97. HBW, Lux oder NL hatten 39,2% der Patienten mit Lazeration (71/181) und 85,2% der Patienten mit Bulbusruptur (23/27).

#### 3.5.2 Visus bei letzter Vorstellung

Eine Befunddokumentation bezüglich des Visus bei letzter Vorstellung war in 209 von 222 Fällen vorhanden. Der logMAR-Mittelwert unseres gesamten Patientenkollektivs zum Zeitpunkt der letzten Vorstellung war  $0,73 \pm 0,89$  SD. Die Subgruppen Lazeration vs. Bulbusruptur hatten einen logMAR-Mittelwert von 0,65 vs. 1,65. HBW, Lux oder NL hatten 18,6% der Patienten mit Lazeration (34/183) und 65,4% der Patienten mit Bulbusruptur (17/26).

### 3.5.3 Vergleich: Visus bei Erst- und letzter Vorstellung

Der durchschnittliche logMAR-Visus verbesserte sich signifikant von  $1,29 \pm 1,11$  SD logMAR bei Erstvorstellung auf  $0,73 \pm 0,89$  SD logMAR bei der letzten Untersuchung ( $p < 0,001$  WIL).

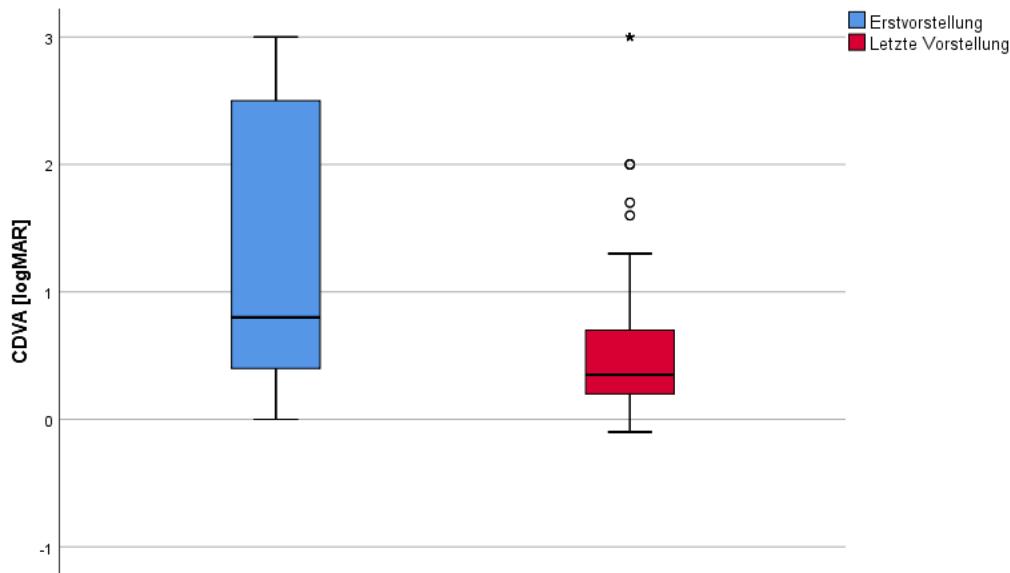


Abb. 12: Vergleich des Visus bei Erst- und letzter Vorstellung

Diejenigen Patienten, welche eine penetrierende Verletzung, eine Verletzung mit IOFK oder eine Bulbusruptur erlitten hatten, hatten am Ende der Nachbeobachtungszeit im Vergleich zum initialen Visus bei Erstvorstellung einen signifikant besseren Visus (jeweils  $p < 0,001$  /  $p = 0,004$  /  $p = 0,010$  WIL).

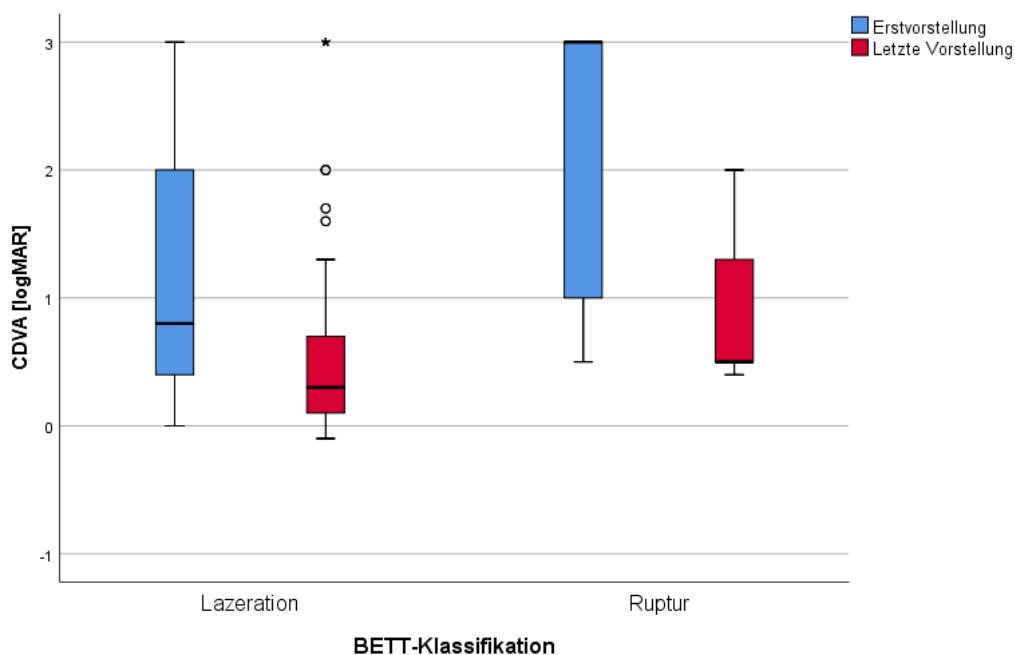
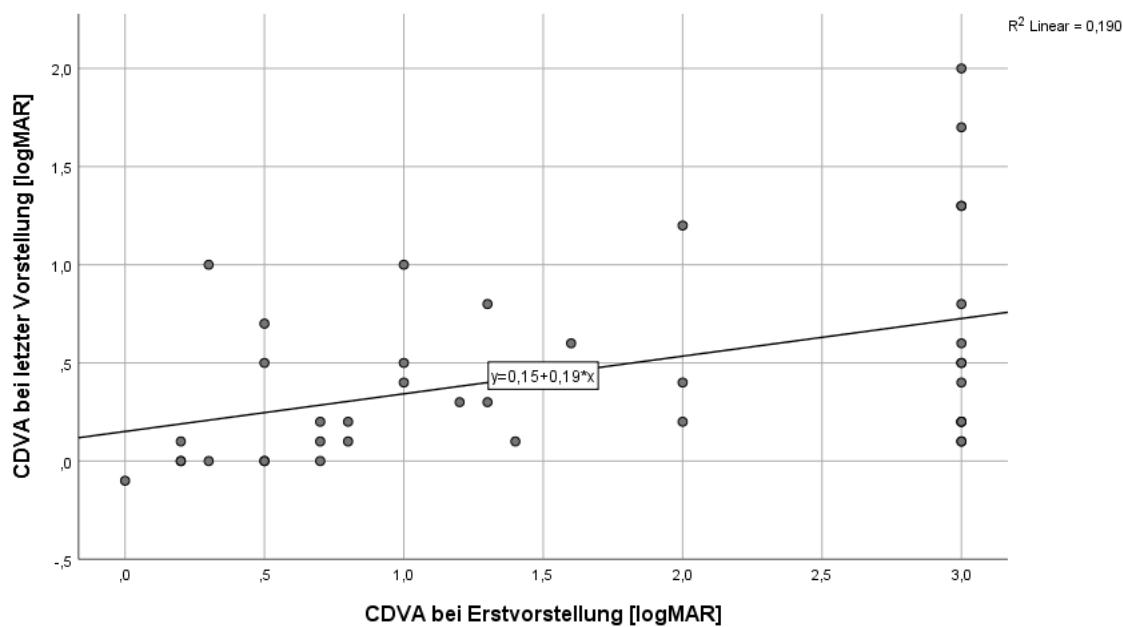


Abb. 13: BETT-abhängiger Vergleich des Visus bei Erst- und letzter Vorstellung

Der initiale Visus allein stellte sich in unserer Studie mit einer Erklärung von 12,4% der Varianz als weniger prädiktiv für den Endvisus dar ( $R^2 = 0,124$ ). Der Regressionskoeffizient war 0,229 ( $p < 0,001$ ). Zusätzlich führten wir eine Subgruppenanalyse mit allen Patienten, welche länger als sechs Monate nachbeobachtet worden waren, durch (32%; 71/222). Hier erklärt der OTS lediglich 17,4% der Varianz ( $R^2 = 0,174$ , Regressionskoeffizient = -0,022,  $p = 0,002$ ). Im Vergleich dazu war der initiale Visus innerhalb dieser Subgruppe mit einer Erklärung von 19% der Varianz prädiktiver als der OTS ( $R^2 = 0,190$ , Regressionskoeffizient = 0,192,  $p = 0,004$ ).



**Abb. 14: Korrelation des CDVA zwischen Erst- und letzter Vorstellung**

### 3.5.4 Intraokularer Druck bei Erstvorstellung

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung in der Notaufnahme war der IOD bei 54 Augen applanatorisch oder mittels Non-Contact-Tonometrie messbar und ergab ein statistisches Mittel von  $9,52 \pm 6,34$  SD mmHg (Min. 0 mmHg, Max. 30 mmHg). Ein palpatorischer IOD wurde bei weiteren 109 Augen erhoben. Für die restlichen 59 Fälle lag keine Dokumentation vor.

IOD		Lazeration	Ruptur	Gesamt
Hypoton	< 10 mmHg / Palpatorisch hypoton	78	21	99
Normoton	10-21 mmHg / Palpatorisch normoton	56	4	60
Hyperton	> 21 mmHg / Palpatorisch hyperton	4	-	4
Keine Angaben		53	6	59
Gesamt		191	31	222

**Tab. 15: IOD bei Erstvorstellung**

### 3.5.5 Intraokularer Druck bei letzter Vorstellung

Zum Zeitpunkt der letzten Vorstellung wurde der IOD bei 139 Augen applanatorisch oder mittels Non-Contact-Tonometrie gemessen. Das statistische Mittel lag hier bei  $12,42 \pm 4,94$  SD mmHg (Min. 1 mmHg, Max. 28 mmHg). Der palpatorische IOD wurde bei weiteren 60 Augen dokumentiert. In den restlichen 29 Fällen konnte kein Befund aus den Akten erhoben werden.

IOD		Lazeration	Ruptur	Gesamt
Hypoton	< 10 mmHg / Palpatorisch hypoton	25	13	38
Normoton	10-21 mmHg / Palpatorisch normoton	135	13	148
Hyperton	> 21 mmHg / Palpatorisch hyperton	5	2	7
Keine Angaben		26	3	29
Gesamt		191	31	222

**Tab. 16: IOD bei letzter Vorstellung**

### 3.5.6 Vergleich: Intraokularer Druck bei Erst- und letzter Vorstellung

Somit stellte sich die Mehrheit der Patienten mit einem hypotonen IOD (60,7%) bei Erstvorstellung vor (99/163). Dahingegen wurde bei der letzten Vorstellung in der Mehrheit der Fälle ein normotoner IOD (76,7%) gemessen (148/193).

IOD	Erstvorstellung n (%)	Letzte Vorstellung n (%)
Hypoton	99 (60,7)	38 (19,7)
Normoton	60 (36,8)	148 (76,7)
Hyperton	4 (2,5)	7 (3,6)
Gesamt	163	193

**Tab. 17: Vergleich IOD bei Erst- und letzter Vorstellung**

### 3.6 OTS

Retrospektiv konnte der OTS für 208 von 222 Augen berechnet werden (93,7%). Der mediane OTS-Wert unseres Patientenkollektivs betrug 71,5 (Min. 37, Max. 100). Das arithmetische Mittel der OTS-Kategorie war  $3,33 \pm 1,04$  SD.

OTS Kategorie	n	%
1	8	3,6
2	31	14,0
3	87	39,2
4	48	21,6
5	34	15,3
Keine Angaben	14	6,3

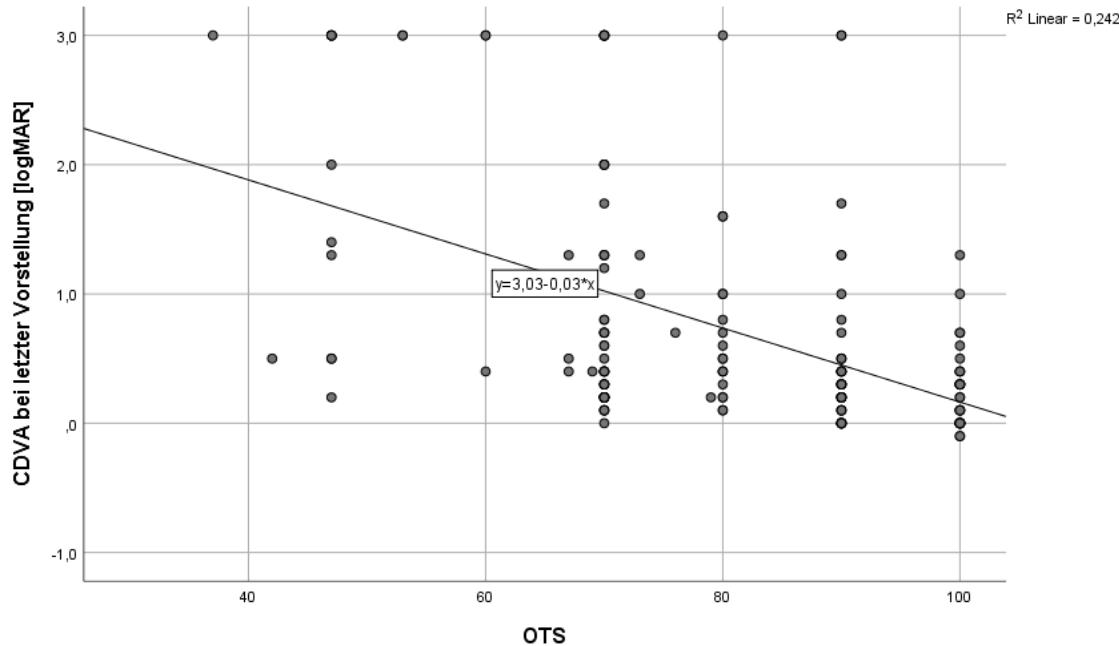
**Tab. 18: Verteilung der OTS-Kategorien**

Die OTS-Kategorie 1 fand sich in 8 von 208 Augen (3,8%). 14% dieser Patienten konnten bei der letzten Untersuchung mindestens einen Visus von 20/200 erlangen. 43% erreichten Lux bzw. HBW und weitere 43% blieben NL. Eine initiale OTS-Kategorie von 5 zeigte sich bei 34 Patienten (16,3%). 74% dieser Patienten konnten am Ende der Nachbeobachtungszeit einen Visus von mindestens 20/200 und 3% mindestens 20/300 entwickeln.

OTS-Rohpunkte	OTS-Kategorie	NL (%)	Lux/HBW (%)	1/200 – 19/200 (%)	20/200-20/50 (%)	> 20/40 (%)
0 – 44	1 Arda et al. USEIR	42,9 73	42,9 17	0,0 7	14,3 2	0,0 1
45 – 65	2 Arda et al. USEIR	38,7 28	35,5 26	12,9 18	9,7 13	3,2 15
66 – 80	3 Arda et al. USEIR	2,4 2	17,9 11	14,3 15	35,7 28	29,8 44
81 – 90	4 Arda et al. USEIR	0,0 1	6,5 2	6,5 2	23,9 21	63,0 74
91 - 100	5 Arda et al. USEIR	0,0 0	0,0 1	2,9 2	23,5 5	73,5 92

**Tabelle 19: OTS: Direkter Vergleich unserer Ergebnisse mit den USEIR-Ergebnissen [3]**

Der OTS unserer gesamten Studie war prädiktiv für den finalen logMAR-Visus und erklärte 24,2% der Varianz ( $R^2 = 0,242$ ). Der Regressionskoeffizient war -0,029 ( $p < 0,001$ ).



**Abb. 15: Korrelation zwischen OTS und CDVA bei letzter Vorstellung**

### 3.7 Weitere Prognostische Faktoren

Abgesehen von einem schlechten Initialvisus gab es weitere statistisch hoch signifikante klinische Eigenschaften, welche das funktionelle Ergebnis negativ beeinflussten. Dazu gehört eine zunehmende Latenz der Zeit zwischen dem Traumaereignis und der chirurgischen Primärversorgung ( $R^2 = 0,047$ , Regressionskoeffizient = 0,161,  $p = 0,012$ ), ebenso auch initial NL ( $p < 0,001 \text{ CHI}$ ), eine posteriore Ausdehnung der Wunde entsprechend der Zone III ( $p < 0,001 \text{ CHI}$ ) und eine Glaskörperblutung während der Nachbeobachtungszeit ( $p = 0,001 \text{ CHI}$ ). Trotz der negativen Beeinflussung des funktionellen Ergebnisses durch NL bei Erstvorstellung, konnten mit 38,9% mehr als ein Drittel der Patienten mit initial NL (7/18) am Ende der Nachbeobachtungszeit mindestens Lichtschein wahrnehmen.

## 4. Diskussion

### 4.1 Demographie

Die Geschlechterverteilung unseres Patientenkollektivs mit 80,2% männlichen Patienten bestätigt die demographischen Daten des USEIR, wo es sich in 79% der Bevölkerung innerhalb des US-amerikanischen Traumaregisters um männliche Patienten handelt [4]. Männer im erwerbsfähigen Alter waren eher betroffen als Frauen, welche zum Zeitpunkt des Traumas älter zu sein schienen und dabei vorwiegend eine Bulbusruptur infolge eines Sturzes erlitten [1, 10-12]. In unserer Studie konnten wir unter den weiblichen Fällen zudem keine bimodale Altersverteilung mit einem zweiten Häufigkeitsgipfel im Kindes- und Jugendalter beobachten, wie es in einigen Studien aus der Literatur der Fall ist [12-14].

Hinsichtlich der Altersverteilung, des Unfallortes und Verletzungsmechanismus unter den männlichen und weiblichen Fällen konnten gewisse Unterschiede festgestellt werden. Beispielsweise lag ein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Unfallort oder Geschlecht und Verletzungsmechanismus vor. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen ältere Studien in ihrer Annahme, dass Männer jungen und mittleren Alters für Augenverletzungen prädisponiert sind. Dies ist insbesondere zurückzuführen auf ihre häufige Berufs- sowie Freizeittätigkeit im handwerklichen und sportlichen Bereich. Des Weiteren fiel ihre häufigere Beteiligung an Gewalttaten und Verkehrsunfällen im Vergleich zu Frauen auf, welche sich eher im häuslichen Umfeld insbesondere infolge eines Sturzes verletzen [15, 16].

### 4.2 Unfallort

Weiterhin stellen in unserer Studie Tätigkeiten am Arbeitsplatz nicht nur ein Risiko für das Erleiden einer Augenverletzung mit Bulbuseröffnung, sondern auch den häufigsten Unfallort dar. Aus älteren Daten ist bekannt, dass sich schwere Augenverletzungen zunehmend seltener am Arbeitsplatz als in 44,4% zu Hause ereigneten [12]. Dahingegen war dies in unserer Studie in nur 25,5% der Fall. Diese Divergenz könnte auf soziale und infrastrukturelle Unterschiede in den unterschiedlichen Bevölkerungen zurückzuführen sein. Demzufolge sollten in Deutschland verstärkt Maßnahmen zur Vermeidung von derartigen Arbeitsunfällen mit Beteiligung der Augen getroffen werden. Des Weiteren sollte innerhalb der deutschen Bevölkerung das öffentliche Bewusstsein für Augenverletzungen sowohl im häuslichen als auch beruflichen Umfeld gestärkt werden.

Ein weiteres Augenmerk sollte auf präventive Maßnahmen in Krankenhäusern und Rehabilitationskliniken als mögliche Unfallorte für Verletzungen mit Bulbuseröffnung liegen. Dies betrifft insbesondere Patienten aus der geriatrischen Versorgung mit posturaler Instabilität oder mit Voroperationen am Auge. Denn aus den Ergebnissen unserer Studie gehen diese Institutionen als zweithäufigster Unfallort für Stürze hervor (16,7%).

#### **4.3 Voroperationen am Auge**

Die Autoren einer vierjährigen Studie zu Verletzungen mit Bulbuseröffnung im Royal Adelaide Hospital, South Australia aus dem Jahr 2002 behaupteten, dass die Inzidenz von Bulbusrupturen bei zuvor kataraktoperierten Patienten aufgrund der Einführung der Phakoemulsifikation mit Mikroinzision abnehmen würde [11]. In deren Patientenkollektiv hatten 50% der Patienten mit Bulbusruptur infolge eines Sturzes zuvor anamnestisch eine intraokulare Operation des verletzten Auges angegeben. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit 51,6% der entsprechenden Fälle aus unserer Studie. Jedoch wurden diesbezüglich in einer aktuelleren australischen Studie aus dem Jahr 2017 auch Ergebnisse mit einer Häufigkeit von 79% veröffentlicht. Allen drei Studien ist gemein, dass ein Zusammenhang zwischen Voroperationen am Auge und der Entstehung einer Bulbusruptur besteht. Aufgrund dieser schwankenden Ergebnisse werden weitere Studien benötigt, um den Rückgang von Bulbusrupturen an intraokular voroperierten Patienten wissenschaftlich belegen zu können.

#### **4.4 BETT-Klassifikation**

Die prozentuale Verteilung der penetrierenden und perforierenden Verletzungen entsprechend der BETT-Klassifikation in unserer Studie ist vergleichbar mit anderen Studien [17]. Die meisten Patienten erlitten eine Lazeration des Bulbus. Dabei handelte es sich in der Mehrheit der Fälle um eine penetrierende Verletzung (59,0%), gefolgt von IOFK (26,6%), stumpfer Verletzung (14,0%) und perforierender Verletzung (0,5%). Die Reihenfolge der stumpfen Verletzungen und IOFK ist jedoch verschieden. Die sehr geringe Anzahl an einer perforierenden Verletzung in dieser Studie lässt keine valide Analyse dieser Verletzungskategorie innerhalb der Studie zu. IOFK waren hauptsächlich im posterioren Segment lokalisiert. Dies war auch in älteren Studien der Fall [12, 18]. Vergleichbar mit anderen Studien konnte bewiesen werden, dass einer Bulbusruptur signifikant häufiger ein Sturz zugrunde lag [19].

#### 4.5 Postoperative Komplikationen

Die Inzidenz einer Endophthalmitis als Komplikation einer Verletzung mit Bulbuseröffnung von 2,7% ist vergleichbar mit Daten aus der Literatur [20]. Insgesamt lag eine hohe Inzidenz von IOFK in diesen posttraumatischen Endophthalmitis-Fällen vor, obwohl allen Patienten, bei denen ein IOFK aufgefunden worden war, standardmäßig systemisch Imipenem verabreicht wurde. Trotzdem gab es auch Fälle, bei denen sich trotz langer IOFK-Präsenz (bis zu 8d) keine Endophthalmitis entwickelte.

In jeder Hinsicht ist die Endophthalmitis nach penetrierender Verletzung mit oder ohne Fremdkörper somit sehr selten. Dies gilt insbesondere für die häufigen Fälle mit metallischen IOFK. Die Versorgung und Entfernung des IOFK fand innerhalb von 48 Stunden posttraumatisch statt, wie es das Standardvorgehen der LMU Augenklinik vorsieht.

Die Anzahl an Operationen pro Patient einschließlich der Primärversorgung lag bei einem Mittelwert von 1,76. Dies ist, ebenso wie die Anzahl an Patienten, welche nur eine Operation benötigten, vergleichbar mit historischen Daten [17]. Anders als erwartet und als in älteren Studien belegt, konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Alters von Patienten mit einer vs. mehreren Operationen identifiziert werden [17]. Um diese Unstimmigkeit begründen zu können, bedarf es diesbezüglich weiterer Analysen. Dennoch sollte nicht unbeachtet bleiben, dass die Anzahl der Operationen bei älteren und multimorbidien Patienten möglicherweise dadurch beeinflusst sein könnte, dass bei fraglicher Prognose in einigen Fällen, auch im Hinblick auf die Narkosefähigkeit, ein eher restriktives Vorgehen gewählt wurde.

#### 4.6 Prognosefaktoren

Die posteriore Ausdehnung der Wunde ist ein wichtiger prognostischer Faktor in Hinblick auf das funktionelle Ergebnis. Dies wurde bereits zuvor in älteren Studien belegt [21, 22]. In unserer Studie konnten wir auch zeigen, dass die Verletzungstypen penetrierende Verletzung, IOFK und Bulbusruptur nach der Traumaversorgung einen signifikant besseren Endvisus herbeiführten.

Der OTS wurde mit der Absicht entwickelt, eine Prognose für das Ergebnis nach entsprechender Versorgung eines okulären Traumas stellen zu können. Dessen Nutzen als Prognose-Instrument wurde bereits in anderen Studien bestätigt [23], was den OTS zu einem wertvollen Bestandteil der Einschätzung eines Behandlungserfolges nach der Traumarekonstruktion macht. Neueste Publikationen postulieren, dass der Initialvisus allein für die Abschätzung des Endvisus auch ausreichend prädiktiv sei [10, 24]. Unsere Ergebnisse demonstrieren, dass der OTS weiterhin einen validen Prognosefaktor darstellt, um letztlich den therapeutischen Effekt abschätzen zu können. Dies gilt

unseres Erachtens zum jetzigen Zeitpunkt auch noch für weniger invasive Operationsmethoden wie zum Beispiel die moderne Trokargeführte-Vitrektomie. Bei Betrachtung der Mindest-Nachbeobachtungszeit von sechs Monaten war auch in unserer Studie der Initialvisus stärker prädiktiv als der OTS. Wie bereits von den Autoren der australischen Studie erklärt, kann zunächst der Initialvisus, bis ein ophthalmologisches Konsil erfolgt ist, für einen Nicht-Ophthalmologen während der Notfallversorgung als einfacher und somit nützlicherer Prognoseindikator als der schwerer zu berechnende OTS eingesetzt werden [10].

Ein beträchtlicher Teil der Patienten unserer Studie (38,9%), welche initial NL hatten, konnte am Ende der Nachbeobachtungszeit einen besseren Visus sowohl verglichen mit anderen Studien [25] als auch als ursprünglich erwartet erzielen. Daher vermuten wir, obgleich der Initialvisus bei Erstvorstellung mit dem finalen Visus korrelierte, dass der OTS hinsichtlich des Maßstabes und der Durchführung von Studien eine verlässlichere Abschätzung des Traumas zulässt.

Im direkten Vergleich ist die Verteilung des finalen Visus aufgegliedert nach der OTS-Kategorie näherungsweise mit dem USEIR und WEIR konform. Um bessere bzw. ähnlichere Ergebnisse zu erhalten, müsste eine definitive Festlegung der Mindestnachbeobachtungszeit von sechs Monaten erfolgen. Dies konnte aufgrund ihrer retrospektiven Auslegung nicht auf unsere Studie angewendet werden. Somit ist die wesentliche Einschränkung dieser Studie ihr retrospektives Design.

Obwohl der RAPD ein bedeutender Faktor bei der Berechnung des OTS ist, konnte er aufgrund fehlender Angaben in den Erstuntersuchungsbögen nicht mit einbezogen werden. Nicht zuletzt aus diesem Grund empfehlen wir für die ophthalmologische Traumatologie einerseits die umfassende Befunderhebung bereits bei Erstvorstellung und andererseits bezüglich der gesamten medizinische Versorgung die Entwicklung einer einheitlichen und gut strukturierten Patientenakte. Damit kann künftig eine bessere Datenerhebung im Hinblick auf eine wissenschaftliche Analyse ermöglicht werden.

## 5. Zusammenfassung

### **Ziele:**

Auswertung der Charakteristika und klinischen Ergebnisse nach offener Bulbusverletzung in einer großen deutschen Augenklinik mit Evaluierung der prognostischen Faktoren in einem aktuellen Zeitraum und deren Übereinstimmung mit bisher publizierten Studien sowie einer möglichen Auswirkung von neuen chirurgischen Ansätzen bei der Behandlung von okulären Traumata.

### **Methode:**

In einer retrospektiven Studie erfolgte die Analyse der Krankenakten von Patienten, welche sich nach der Einführung von minimalinvasiven Standards in der Ophthalmochirurgie (23G Vitrektomie und 2,2 mm koaxiale Phakoemulsifikation, Januar 2008) zwischen Juni 2008 und Oktober 2013 mit offenen Bulbusverletzungen in unserer Klinik vorstellten und eine primäre Wundversorgung erhielten. Mithilfe der Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT) wurden alle Fälle klassifiziert und anhand des Ocular Trauma Scores (OTS) hinsichtlich des Visus und verschiedener klinischer Parameter untersucht [4, 5].

### **Ergebnis:**

Von den insgesamt 222 Patienten mit einem Durchschnittsalter von  $42 \text{ Jahren} \pm 23,99 \text{ SD}$  waren 80,2% männlich und 19,8% weiblich. Die Unfälle ereigneten sich hauptsächlich am Arbeitsplatz (38,3%) und zuhause (25,2%). In 70,3% wurden die Verletzungen durch spitze Gegenstände hervorgerufen, wobei es sich mit 38,7% am häufigsten ursächlich um Metall-Fremdkörper handelte. 13,5% der Unfälle ereigneten sich sturzbedingt. Die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit betrug 8,4 Monate (2d – 84,2 Monate). Im Durchschnitt stellten sich die Patienten mit einer OTS-Kategorie von  $3.33 \pm 1.04 \text{ SD}$  vor. Bei 131 Fällen handelte es sich um eine penetrierende Verletzung gemäß der BETT-Klassifikation. Ein intraokularer Fremdkörper (IOFK) lag bei 59 Patienten vor. Signifikante Faktoren für ein schlechtes klinisches Ergebnis waren ein reduzierter Ausgangsvisus ( $p < 0,001$ ), eine zunehmende Latenz zwischen Trauma und Erstversorgung ( $p = 0,012$ ), eine posteriore Ausdehnung der Wunde entsprechend Zone III ( $p < 0,001$ ) und eine Glaskörperblutung im Verlauf ( $p = 0,011$ ). Als häufigste postoperative Komplikationen stellten sich eine traumatische Katarakt (38,7%), Aderhautamotio (20,3%), Glaskörperblutung (18%) und Netzhautablösung (14,4%) dar. Eine traumaassoziierte Endophthalmitis trat bei 2,7% der Patienten nach durchschnittlich 20 Tagen auf (2-52d). 50% dieser Patienten hatten einen IOFK. Fehlende Lichtscheinwahrnehmung bei Erstvorstellung bedingte einen signifikant schlechteren Visus ( $p < 0,001$ ), wobei 38,9% dieser Patienten letztlich mindestens Lichtschein wahrnehmen konnten. Insgesamt wurde eine gute Korrelation unserer Ergebnisse mit dem OTS beobachtet ( $R^2 = 0,242$ ). Weiterer operativer Handlungsbedarf wie in Form einer Vitrektomie oder Katarakt-Extraktion lag in 32,9% der Patienten vor. Ebenso lag bei diesen Patienten eine gute Korrelation mit dem OTS vor ( $R^2 = 0,208$ ).

**Schlussfolgerung:**

Die Bedeutung der BETT-Klassifikation und deren prospektive Gültigkeit in einem aktuelleren Patientenkollektiv konnte nachgewiesen werden. Es scheint, als hätten die neuen ophthalmochirurgischen Entwicklungen wie die 23G Vitrectomie oder die mikroinzisionale Kataraktoperation keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis, welches mittels der OTS-Korrelation bestimmt werden kann. Während in 38,9% der Fälle, die initial keine Lichtscheinwahrnehmung zeigten, eine Visusverbesserung im Verlauf erzielt werden konnte, scheinen neue Operationsmethoden die Prognose des OTS-Scores nicht zu beeinflussen.

## **Summary**

### **Purpose:**

To report characteristics and outcome of patients with open globe injury (OGI) in a current setting of a large German tertiary referral center and investigate a possible impact of recent surgical approaches in the management of ocular trauma.

### **Setting/Venue:**

Retrospective chart review of 222 consecutive patients in total who presented with OGI and were primarily treated at the LMU University Eye Hospital Munich between June 2008 and October 2013.

### **Methods:**

The medical records of all patients with OGI after introduction of minimal invasive intraocular surgery standards (23g vitrectomy and 2.2 mm coaxial phacoemulsification, January 2008) were evaluated to determine the functional outcome and prognostic factors. All factors for assessment of the Ocular Trauma Score (OTS) according to the Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT) were recorded. Additionally, other factors such as no light perception (NLP) at presentation, the context of trauma or characteristic complications were analysed [4, 5].

### **Results:**

The mean age of the 222 patients analysed was  $42 \text{ years} \pm 23.99 \text{ SD}$  (SD = standard deviation). 80.2% were male and 19.8% female. Work-related (38.3%) or domestic accidents (25.2%) were the most frequent context of trauma. 70.3% of the accidents were caused by a sharp object and metal objects were the most common cause of injury (38.7%). 13.5% of the injuries were fall-related. Mean follow-up time was 8.4 months (range 2d – 84.2 months). On average, patients presented with an OTS-category of  $3.33 \pm 1.04 \text{ SD}$ . The most common mechanism of injury was penetrating trauma ( $n = 131$ ) and 59 presented with intraocular foreign body (IOFB). Clinical features that resulted in bad functional outcome were poor corrected distance visual acuity (CDVA) at presentation ( $p < 0.001$ ), increasing interval between trauma and surgical treatment ( $p = 0.012$ ), posterior extension of wound in accordance with zone III ( $p < 0.001$ ) and vitreous hemorrhage during follow-up ( $p = 0.011$ ). Most frequent postoperative complications were traumatic cataract (38.7%), choroidal detachment (20.3%), vitreous hemorrhage (18%) and retinal detachment (14.4%). Trauma associated endophthalmitis (TAE) occurred in 2.7% after 20 days on average (range 2 – 52d) and 50% of these had an IOFB. Initial NLP showed a reduced outcome ( $p < 0.001$ ). However, 38.9% of patients with NLP initially had a final CDVA of light perception or better. Overall, a good correlation of our results with OTS was observed ( $R^2 = 0.242$ ). 32.9% of the patients needed additional surgery involving vitrectomy or cataract extraction. In these patients correlation with OTS was also found ( $R^2 = 0.208$ ).

### **Conclusions:**

The importance of the classification by BETT and its prospective significance in a more current collective of patients with OGI could be demonstrated. It seems that recent surgical developments such as 23g vitrectomy or small incision cataract surgery do not have an impact on outcome as measured by OTS correlation. While NLP at presentation showed an increase of VA in 38.9% of cases, new surgical techniques don't seem to affect the prognosis of the OTS.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Negrel, A.D. and B. Thylefors, *The global impact of eye injuries*. Ophthalmic Epidemiol, 1998. **5**(3): p. 143-69.
2. Kuhn, F., et al., *The Birmingham Eye Trauma Terminology system (BETT)*. J Fr Ophtalmol, 2004. **27**(2): p. 206-10.
3. Kuhn, F., et al., *The Ocular Trauma Score (OTS)*. Ophthalmol Clin North Am, 2002. **15**(2): p. 163-5, vi.
4. Kuhn, F., *Ocular Traumatology*, Springer, Editor. 2008: New York, USA.
5. Kuhn, F., et al., *A standardized classification of ocular trauma*. Ophthalmology, 1996. **103**(2): p. 240-3.
6. Pieramici, D.J., et al., *A system for classifying mechanical injuries of the eye (globe)*. *The Ocular Trauma Classification Group*. Am J Ophthalmol, 1997. **123**(6): p. 820-31.
7. Johnson, E.C., et al., *Cell proliferation and interleukin-6-type cytokine signaling are implicated by gene expression responses in early optic nerve head injury in rat glaucoma*. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011. **52**(1): p. 504-18.
8. Khanum, B., et al., *Pirfenidone inhibits post-traumatic proliferative vitreoretinopathy*. Eye (Lond), 2017. **31**(9): p. 1317-1328.
9. Bach, M. and G. Kommerell, *Measuring visual acuity: theoretical foundations and computer-assisted instruments*. Klin Monatsbl Augenheilkd, 1998. **212**(14): p. 190-195.
10. Beshay, N., et al., *The epidemiology of Open Globe Injuries presenting to a tertiary referral eye hospital in Australia*. Injury, 2017. **48**(7): p. 1348-1354.
11. Casson, R.J., J.C. Walker, and H.S. Newland, *Four-year review of open eye injuries at the Royal Adelaide Hospital*. Clin Exp Ophthalmol, 2002. **30**(1): p. 15-8.
12. Teixeira, S.M., et al., *Open-globe injuries at an emergency department in Porto, Portugal: clinical features and prognostic factors*. Eur J Ophthalmol, 2014. **24**(6): p. 932-9.
13. Cao, H., L. Li, and M. Zhang, *Epidemiology of patients hospitalized for ocular trauma in the Chaoshan region of China, 2001-2010*. PLoS One, 2012. **7**(10): p. e48377.
14. Desai, P., et al., *Incidence of cases of ocular trauma admitted to hospital and incidence of blinding outcome*. Br J Ophthalmol, 1996. **80**(7): p. 592-6.
15. Andreoli, M.T. and C.M. Andreoli, *Geriatric traumatic open globe injuries*. Ophthalmology, 2011. **118**(1): p. 156-9.
16. McGwin, G., Jr., A. Xie, and C. Owsley, *Rate of eye injury in the United States*. Arch Ophthalmol, 2005. **123**(7): p. 970-6.
17. Andreoli, M.T. and C.M. Andreoli, *Surgical rehabilitation of the open globe injury patient*. Am J Ophthalmol, 2012. **153**(5): p. 856-60.
18. Greven, C.M., et al., *Intraocular foreign bodies: management, prognostic factors, and visual outcomes*. Ophthalmology, 2000. **107**(3): p. 608-12.
19. Emami-Naeini, P., et al., *Characteristics, outcomes, and prognostic indicators of fall-related open globe injuries*. Retina, 2013. **33**(10): p. 2075-9.
20. Hansen, L.L., *Augenheilkunde systematisch*. 2nd ed. 2007, Bremen: UNI-MED Verlag AG.
21. Madhusudhan, A.P., et al., *Open globe injury in Hospital Universiti Sains Malaysia - A 10-year review*. Int J Ophthalmol, 2014. **7**(3): p. 486-90.

22. Thevi, T., Z. Mimiwati, and S.C. Reddy, *Visual outcome in open globe injuries*. Nepal J Ophthalmol, 2012. **4**(2): p. 263-70.
23. Unver, Y.B., et al., *Ocular trauma score in open-globe injuries*. J Trauma, 2009. **66**(4): p. 1030-2.
24. Fabian, I.D., et al., *Prognostic factors and visual outcomes of ruptured and lacerated globe injuries*. Eur J Ophthalmol, 2014. **24**(2): p. 273-8.
25. Soni, N.G., et al., *Open globe ocular trauma: functional outcome of eyes with no light perception at initial presentation*. Retina, 2013. **33**(2): p. 380-6.

**7. Abbildungsverzeichnis****Abb. 1**

Kuhn, F., *Ocular Traumatology*, Springer, Editor. 2008: New York, USA.

**Abb. 2**

Andreoli CM, Gardiner MF. *Open globe injuries: Emergent evaluation and initial management*. Post TW, ed. UpToDate. Waltham, MA: UpToDate Inc.

<http://www.uptodate.com> (Accessed on June 29, 2018.)

## **8. Abkürzungsverzeichnis**

ANOVA	Analysis of Variance
APD	afferenter Pupillendefekt
CDVA	corrected distance visual acuity
CHI	Chi-Quadrat-Test
BETT	Birmingham Eye Trauma Terminology
HAA	hinterer Augenabschnitt
HBW	Handbewegungen
HH	Hornhaut
HKL	Hinterkammerlinse
IOD	Intraokularer Druck
IOFB	Intraokularer Fremdkörper
IOFK	intraocular foreign body
IOL	Intraokularlinse
KW	Kruskal-Wallis-Test
LA	linkes Auge
LP	light perception
Min.	Minimum
Max.	Maximum
MW	Mittelwert
MWU	Mann-Whitney-U-Test
NH	Netzhaut
NL	Nulla lux
NLP	no light perception
OGI	open globe injury
OP	Operation
OTS	Ocular Trauma Score
PKP	Perforierende Keratoplastik
ppV	pars-plana-Vitrektomie
PVR	proliferative Vitreoretinopathie
RA	rechtes Auge
USEIR	United States Eye Injury Registry
VA	visual acuity
VAA	vorderer Augenabschnitt
WEIR	World Eye Injury Registry
WHO	World Health Organization
WIL	Wilcoxon-Test

## **9. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich bei der Anfertigung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

Mein herzlicher Dank geht insbesondere an

- Prof. Dr. med. Armin Wolf, FEBO, meinen Doktorvater, für die Überlassung des Themas und die wertvolle Betreuung meiner Arbeit. Zudem möchte ich mich dafür bedanken, dass er mich zur Präsentation der Ergebnisse meiner Arbeit auf den Kongressen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, der Deutschen Ophthalmochirurgen und der European Society of Retina Specialists sowie zum Verfassen der Publikation sehr motivierte und dabei konsequent und freundlich unterstützte.
- Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Phys. Markus Schaumberger, meinem Betreuer, insbesondere für seine großartige und unkomplizierte Unterstützung bei der statistischen Auswertung meiner Arbeit.
- Prof. Dr. med. Christos Haritoglou, FEBO, meinem Arbeitgeber, für die fortwährende Motivation und hilfreichen Anregungen sowie das Korrekturlesen meines Publikationsmanuskriptes.
- Prof. Dr. med. Carl-Ludwig Schönenfeld, FEBO und Prof. Dr. med. Thomas Klink, meinen Arbeitgebern, für ihre fortwährende Motivation zum Abschluss dieser Arbeit.
- Dr. med. Nicole Arend und Dr. med. Efstathios Vounotrypidis, FEBO, für das hilfreiche Korrekturlesen meines Publikationsmanuskriptes.
- Außerdem gebührt mein großer Dank Dr. med. Ute Bertheau-Reith, die sowohl privat als auch im Hinblick auf meine Schul- und Universitätslaufbahn stets ein offenes Ohr für mich hatte und mir mit ihrem Zuspruch zur Seite stand.
- Ganz besonders möchte ich meiner Familie danken: Meinen Eltern Mercan Arda und Ihsani Arda für ihre liebevolle und großzügige Unterstützung, aber auch für ihre stetige Aufmerksamkeit sowie die größtmögliche Hingabe an meine gesamte Erziehung und Förderung von meiner Kindheit an. Meiner Schwester Neva Şirin Arda danke ich für ihre bedingungslose und tatkräftige Unterstützung und ihren unermüdlich starken Rückhalt in allen Lebenslagen. Abschließend möchte ich meiner Tante Kadriye Dikme und meinem Onkel Düzgün Dikme für ihre immerwährend wertvolle, moralische Unterstützung danken.

## 10. Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name	Helin Arda	Staatsangehörigkeit	deutsch
Geburtstag	03.08.1990	Familienstand	ledig
Geburtsort	München		

### Schulausbildung

1997-2001	Grundschule an der Schwindstraße, München
2001-2010	Maximiliansgymnasium, München
	Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulausbildung

2011-2013	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 09/2013 Erstes Staatsexamen
2013-2017	Ludwig-Maximilians-Universität München 10/2016 Zweites Staatsexamen 12/2017 Drittes Staatsexamen
2016-2017	Praktisches Jahr Städtisches Klinikum München Harlaching (Allgemein- und Viszeralchirurgie, Unfallchirurgie, Orthopadie) Städtisches Klinikum München Schwabing (Kardiologie, Pneumologie, Hämato-Onkologie) Augenklinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München (Augenheilkunde)

### Ärztliche Berufstätigkeit

seit 2018	Assistenzärztin in der Augenchirurgie München, Gemeinschaftspraxis Prof. Dr. med. C.-L. Schönfeld, Prof. Dr. med. Ch. Haritoglou, Prof. Dr. med. T. Klink
-----------	---

### Promotion

seit 2015	Prognostische Faktoren und klinische Ergebnisse von Verletzungen mit Bulbuseröffnung Augenklinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Doktorvater: Prof. Dr. med. Armin Wolf, FEBO
-----------	---

### Stipendium

2017	Stipendium der Dr. Hildegard und Heinrich Fuchs Stiftung Stipendium zur Förderung des medizinischen Nachwuchses
------	--

### Kongressvorträge

2017	30. Internationaler Kongress der DOC 17th EURETINA Congress 115. DOG Kongress Offene Bulbusverletzungen: Prognostische Faktoren und klinische Ergebnisse. <i>H. Arda, I. Nagel, M. Schaumberger, C. Miller, Kreutzer, A. Kampik, S. Priglinger, A. Wolf</i>
------	--