

# **Diplomarbeit**

**Vergleich von feuerwerksbedingten Augenverletzungen an Silvester im  
ländlichen Raum vor, während und nach der COVID-19-Pandemie**

eingereicht von  
**Alona Vyshtak**

zur Erlangung des akademischen Grades  
**Doktorin der gesamten Heilkunde**  
(Dr.in med.univ.)

an der  
**Medizinischen Universität Graz**

unter der Anleitung von  
**Univ.-Prof. Dr. med. univ. Andreas Wedrich**  
**Dr. med. univ. Wilfried Maximilian Glatz**

Graz, 2. Juli 2025

## **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.*

*Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.*

*Graz, 2.07.2025*

*Alona Vyshtak eh.*

## DANKSAGUNGEN

Ich möchte mich gerne bei meinem Betreuer Univ.-Prof. Dr. med. univ. Andreas Wedrich bedanken, der mich bei dem Projekt begleitet hat und mich umfassend unterstützt hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Chef Prim. Dr. Helmut Huber-Czerweny, ohne dessen Hilfe die Durchführung meiner Arbeit für mich nicht möglich gewesen wäre.

Ich danke dem Sekretariat der Augenabteilung des LKH Hochsteiermark ganz außerordentlich bei Angelika Krenmair und Anita Gruber, die sich immer Zeit für die Beantwortung meiner Fragen genommen haben, sowie für den reibungslosen Ablauf gesorgt haben. Aufrichtig danke ich Dr.in Lichachenko, die mir vor allem am Anfang als Ansprechpartnerin zur Seite stand.

Abschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Diplomarbeit geholfen haben. Allen voran meinem Kollegen Dr. Wilfried Glatz und Dr.in Anna Eberle, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen und mich fachlich und freundschaftlich unterstützt haben.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Zielsetzung

Diese Studie untersucht Art und Schweregrad feuerwerksbedingter Augenverletzungen vor, während und nach der COVID-19-Pandemie. Zudem sollen Unterschiede in der Häufigkeit der Verletzungen zwischen urbanen und ländlichen Regionen dargestellt werden.

### Methodik

Es handelt sich um eine retrospektive Analyse von Patient:innen, die sich mit Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper in der Augenambulanz des LKH Bruck im Zeitraum vom 30. Dezember bis 2. Jänner der Jahre 2017 bis 2024 vorgestellt haben. Erhoben wurden das Datum der Verletzung, die klinische Diagnose, etwaige Begleitverletzungen, Art und Schweregrad der Augenverletzung sowie demografische Merkmale wie Alter, Geschlecht und Rolle im Unfallgeschehen (aktive Beteiligung vs. passive Beobachtung). Ebenfalls dokumentiert wurde die jeweils durchgeführte Therapie.

### Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 18 Patient:innen mit feuerwerksbedingten Augenverletzungen (26 betroffene Augen) registriert. Davon waren 15 Patient:innen (83,4 %) von einem Sehverlust bedroht. Die meisten Verletzungen ereigneten sich am 01. Jänner (n = 16; 88,9 %), jeweils ein Fall wurde am 31. Dezember sowie am 02. Jänner dokumentiert (jeweils n = 1; 5,5 %).

Die Mehrheit der Fälle (n = 11; 61,1 %) wies leichte Verletzungen wie Reizungen oder Erosionen der Augenoberfläche auf. In sieben Fällen wurden mittelschwere Verletzungen diagnostiziert. In 56 % der Fälle (n = 10) war die verletzte Person selbst aktiv am Zünden des Feuerwerks beteiligt, während 44 % (n = 8) der Verletzten als Zuschauer:innen betroffen waren.

Ein deutlicher Rückgang der Fallzahlen wurde während der COVID-19-Pandemie (2020–2022) verzeichnet: Im Zeitraum 2020/21 trat lediglich ein Fall (5,6 %) auf, 2022/23 waren es drei Fälle (16,7 %). Vor Beginn der Pandemie (2017–2020) sowie

nach deren Lockerung (2023/24) wurden hingegen jeweils sieben Fälle dokumentiert (jeweils 38,9 %)

#### Schlussfolgerung

Während der COVID-19-Pandemie führte die restriktive Gesetzgebung zu einem deutlichen Rückgang feuerwerksbedingter Augenverletzungen, was die Effektivität präventiver Maßnahmen belegt. Um schwere Augenverletzungen langfristig zu reduzieren, sollten die Risiken privater Feuerwerkskörper durch gezielte Aufklärung stärker ins Bewusstsein gerückt und Sicherheitsmaßnahmen weiter optimiert werden.

## ABSTRACT

### Objective

This study examines the types and severity of firework-related eye injuries before, during, and after the COVID-19 pandemic. Additionally, differences between urban and rural areas are analyzed.

### Methods

This retrospective study collected data on firework-related eye injuries from LKH-Bruck. The study period covered December 30 to January 2 of each year between 2017 and 2024. The analysis included the date of injury, diagnosis, associated injuries, type and severity of injury, as well as age, gender, involvement as an active participant or passive bystander, and the treatment received.

### Results

Among all victims (n = 18, affecting 26 eyes), 15 individuals (83.4 %) were directly impacted. Most patients sought medical assistance on January 1 (n = 16, 88.89 %), with one case on December 31 (n = 1, 5.5 %) and another on January 2 (n = 1, 5.5 %).

The majority of cases (n = 11, 61.11 %) involved mild injuries, such as irritation and corneal erosions, while seven patients sustained moderate injuries. In 56% of cases (n = 10), the injured person was the one who ignited the fireworks, while in 44% (n = 8), the victim was a bystander.

During the pandemic (2020–2022), significantly fewer injuries were recorded: only one case (5.6 %) in 2020–2021 and three cases (16.7%) in 2022–2023. In contrast, before the pandemic (2017–2020) and after restrictions were lifted (2023–2024), seven cases were recorded in each period (38.9% each).

### Conclusion

Our analysis indicates that severe firework-related injuries occur less frequently in rural areas than reported in the literature. During the COVID-19 pandemic, restrictive regulations led to a significant reduction in such injuries, highlighting the effectiveness of preventive measures. To further reduce the risk of severe eye injuries, awareness of

the dangers associated with private fireworks should be increased through targeted educational campaigns, and safety measures should be continuously improved.

Veröffentlichungen

Angabe bereits erfolgter Veröffentlichungen:

Es liegen keine Veröffentlichungen im Zusammenhang mit dieser Arbeit vor.

## INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNGEN	III
ZUSAMMENFASSUNG	IV
ABSTRACT	VI
1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR	2
2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS und TABELLENVERZEICHNIS	3
3. EINLEITUNG	4
3.1. Das menschliche Auge - Anatomische Grundlagen	5
3.2. Klassifizierung von Augenverletzungen	8
3.2.1. Birmingham Eye Trauma Terminology System (BETT) bei Feuerwerksverletzungen	10
3.2.2. Schwerwiegendste Komplikationen von bulbuseröffnenden Verletzungen	16
3.2.3. Diagnostik, radiologische Bildgebung und weiterführende Diagnostik	18
3.2.4. Arten von typischen Begleitverletzungen	19
3.3. Epidemiologie	20
3.3.1. Geschichte des Feuerwerks	21
3.3.2. Arten von Feuerwerkskörpern	23
4. MATERIAL UND METHODEN	26
5. ERGEBNISSE	28
5.1.1. Demographie	28
5.1.2. Altersverteilung	28
5.1.3. Schweregrad der Verletzungen	29
5.2.1. Ein- und beidäugige Verletzungen	30
5.2.2. Begleitverletzungen	30
6. DISKUSSION	36
6.1. Demografische Merkmale und Verletzungsmuster	36
6.2. Typische Verletzungen	38
6.3. Regionale Unterschiede:	38
6.4. Pandemiebedingte Trends	39
6.5. Ländliche Gebiete	40
6.6. Langfristige Auswirkungen	41
6.7. Präventionspotenzial	42
6.8. Limitations	43
7. SCHLUSSFOLGERUNG	44
8. LITERATURQUELLEN	45



## 1. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR

Abb.: Abbildung

BA: Beide Augen

BETT: Birmingham Eye Trauma Terminology System

CT: Computertomographie

GK: Glaskörper

IOD: Intraokularer Druck

LA: Linkes Auge

LKH-Bruck: Landeskrankenhaus Hochsteiermark, Standort Bruck an der Mur  
LKH-Graz: Landeskrankenhaus Graz

MRT:

Magnetresonanztomographie

OP: Operation

Patient:innen: Patientinnen und

Patienten PTBS: Posttraumatische

Belastungsstörung RA: Rechtes Auge

Fachärzt:innen: Fachärztin und Facharzt

Tab.: Tabelle

z. B.: Zum Beispiel.

## 2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung. 1. Anatomie des Auges (Quelle: Abbildung der Universitäts-Augenklinik Graz)	5
Abbildung. 2. BETT-Arten von Augenverletzungen.....	12
Abbildung. 3. Beispiel einer CE-Kennzeichnung auf einem Feuerwerkskörper.....	24
Abbildung. 4. Verteilung der Verletzungen nach Geschlecht.....	28
Abbildung. 5. Altersverteilung der Opfer Silvesterfeuerwerkskörper (2017–2024).....	29
Abbildung. 6. Statistik der Augenverletzungen – einseitig oder beidseitig.....	30
Abbildung. 7. Zahl der Silvester-Feuerwerksverletzungen pro Jahr (2017–2023).....	34
Abbildung. 8. Veränderung der Verletzungszahlen bezüglich des Schweregrades vor (2020) und nach der Pandemie (2023, 2024).....	35
Abbildung. 9. Verletzungen aktiven Teilnehmer:innen und Zuschauer:innen.....	37
Abbildung. 10. Zahl der Silvester-Feuerwerksverletzungen pro Jahr (2017–2023).....	39
Abbildung. 11. Unterschiede in städtischen und ländlichen Gebieten am Beispiel Bruck versus Graz.....	40

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. Klassifizierung nach der Art der Verletzung.....	8
Tabelle 2. Die Klassifikation basiert auf der Quelle: Klassifikation von Verätzungen und Verbrennungen der Augen (nach Reim).....	9
Tabelle 3. Arten von Feuerwerkskörpern.....	25
Tabelle 4. Art der Verletzungen durch Feuerwerkskörper.....	33
Tabelle 5. Vergleich der Verletzungen in verschiedenen Ländern.....	41

### 3. EINLEITUNG

#### Feuerwerk – blendende Schönheit

Das Wort weckt unmittelbar Bilder von Festlichkeit und Schönheit. Traditionell werden Feuerwerke weltweit zu besonderen Anlässen gezündet. Auch in Österreich ist es Brauch, das neue Jahr mit eindrucksvollen Feuerwerken willkommen zu heißen. Doch neben Freude und Faszination können Feuerwerkskörper auch erheblichen Sach- und Personenschaden verursachen. Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper gehören zu den häufigsten Verletzungen, insbesondere während der Silvesterfeierlichkeiten [2]. Kritisch dabei ist, dass viele dieser Verletzungen nicht bei den Personen auftreten, die aktiv Feuerwerkskörper zünden, sondern bei unbeteiligten Beobachtern, die sich in der Nähe befinden [13].

Das Auge ist eines der empfindlichsten Organe des menschlichen Körpers. Aufgrund der speziellen Anatomie besitzt es nur begrenzte Schutzmechanismen und Regenerationsfähigkeiten [4, 23]. Schäden an der Hornhaut, der Linse oder der Netzhaut können zu dauerhaften Beeinträchtigungen oder sogar zur Erblindung [1, 5] führen. Besonders schwerwiegend sind Verletzungen, die durch Explosionen verursacht werden, da sie oft eine Kombination aus thermischen, mechanischen und chemischen Einwirkungen umfassen [2, 24].

Diese Arbeit widmet sich der Analyse von Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper in einem ländlichen österreichischen Raum über einen Zeitraum von sechs Jahren (2017 bis 2024). Ziel ist es, die Arten und Schweregrade der Verletzungen zu dokumentieren und Unterschiede vor, während und nach der COVID-19-Pandemie zu untersuchen. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf regionalen Unterschieden und den Auswirkungen gesetzlicher Regulierungen während der Pandemie [7, 8]. Durch die Auswertung soll ein besseres Verständnis für die Häufigkeit und Schwere solcher Verletzungen gewonnen werden, um gezielte Präventionsmaßnahmen zu formulieren [9].

### 3.1. Das menschliche Auge - Anatomische Grundlagen

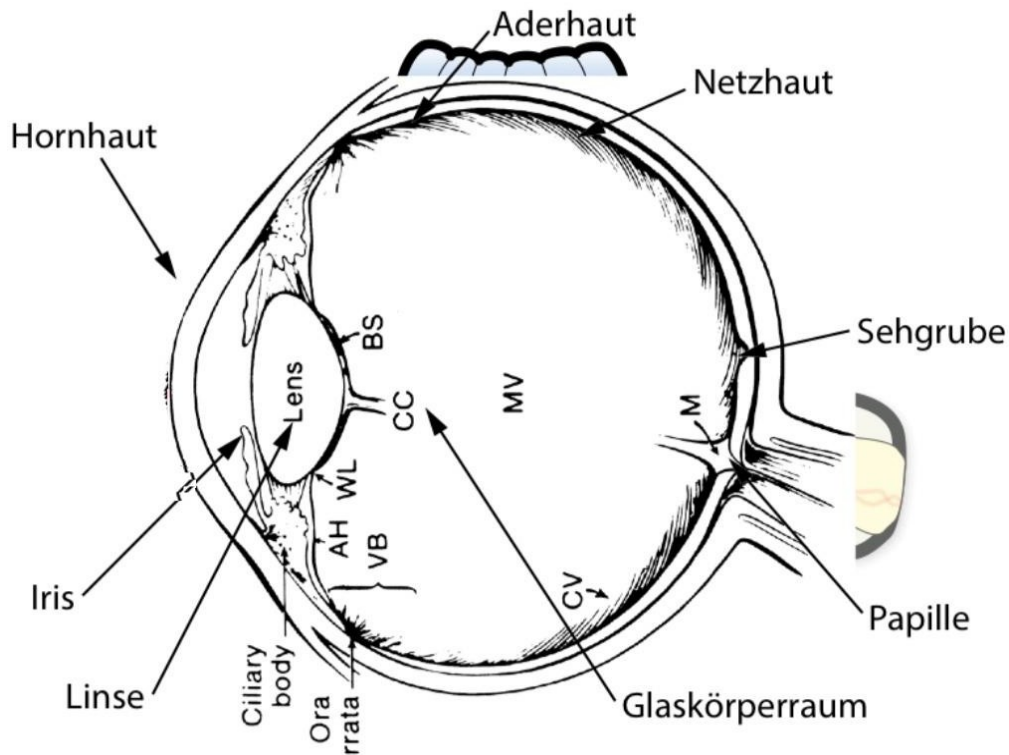


Abb. 1. Anatomie des Auges [Quelle: Abbildung der Universitäts Augenklinik Graz]

Augenverletzungen in Zusammenhang mit Feuerwerkskörpern treten leider immer wieder auf und sind insbesondere deswegen bedauernswert, da aufgrund der anatomischen Nähe auch beide Augen betroffen sein können und daraus resultierend eine hohe Einschränkung sowohl der Lebensqualität als auch der Arbeitsfähigkeit bestehen können. Da überwiegend junge Leute von solchen Verletzungen betroffen sind, hat dies weitreichende Konsequenzen. Weiters besteht bei schweren Verletzungen an den Augen nicht die Möglichkeit, die Funktion dieser durch Hilfsmittel zu verbessern wie zum Beispiel im Bereich der Extremitäten durch Prothesen. Eine einmal verlorene Funktion durch Schädigung der für die Bildbearbeitung wichtigen Strukturen kann nicht wiederhergestellt werden.

Das Auge liegt in einer Höhle, die von einem starken Skelett umgeben ist, welches das Auge vor Verletzungen schützt. Die Augenlider haben hierbei eine Schutzfunktion und dienen der gleichmäßigen Verteilung des Tränenfilms an der Augenoberfläche [23]. Das Blinzeln und Schließen der Augen schützt vor Verletzungen, Fremdkörpern bzw. Temperaturschwankungen.

Der zirkuläre Musculus orbicularis als Teil der Lider ist in seiner Funktion als Ringmuskel für den Lidschluss zuständig.

Wie alle anderen Gesichtsmuskeln wird er vom siebten Hirnnerven innerviert. Die Kontraktion seines orbitalen Anteils führt zu einem schützenden Augenschluss.

#### Die Hornhaut

Die Hornhaut ist der durchsichtige und lichtbrechende Anteil der Augenwand, die die vordere Begrenzung der vorderen Augenkammer, der Vorderkammer, bildet und die an die Sklera angrenzt. Die Hornhaut geht an der Vorderseite des Bulbus aus der Sklera hervor und bildet durch die spezielle Anordnung ihrer Kollagenfasern ein klares Fenster, um Lichteinfall in das Auge zu gewährleisten. Sie ist eine der am besten innervierten Strukturen des Körpers und daher sehr schmerzempfindlich [23].

#### Die Linse

Die Augenlinse unterteilt den Augapfel in ein vorderes und ein hinteres Segment. Das vordere Segment umfasst die Hornhaut, die Sklera, die Bindehaut, die Regenbogenhaut und die Linse. Der Raum zwischen der Hornhaut und der Iris wird als Vorderkammer bezeichnet und ist mit Kammerwasser - einer Lösung aus Natrium, Chlor und anderen Ionen - gefüllt.

#### Das hintere Segment

Der hintere Abschnitt des Augapfels liegt zwischen der Linse und der Netzhaut und ist vom Glaskörper ausgefüllt - einer transparenten, gelartigen Substanz. Der Sehnerv tritt

im hinteren Pol des Bulbus aus und verläuft durch den Muskelkegel in die hintere Orbita. Sechs extraokuläre Muskeln inserieren am Bulbus oculi und ermöglichen dessen Beweglichkeit in alle Blickrichtungen. Sklera und Augenmuskeln

Die Lederhaut (= Sklera) ist von einem Epithel (= Bindehaut) bedeckt, die sich von der Hornhaut-Sklera-Verbindung über die Sklera erstreckt und sich dann zur Innenseite des Augenlids dreht.

Die extraokulären Muskeln sind von einer faszienartigen Membran, der Tenonkapsel, bedeckt.

Diese minimal dehbare Faszienhülle schränkt die Ausdehnung dieser Muskeln ein, und eine Blutung in diesem Bereich kann aufgrund der engen Verhältnisse zu einem Kompartmentsyndrom führen. Der Augapfel-Muskel-Kegel-Komplex befindet sich in der Augenhöhle, einem birnenförmigen Hohlraum, der von den Knochen gebildet wird, die die Augenhöhle von den Nasennebenhöhlen und dem Gehirngewebe trennen [23].

### 3.2. Klassifizierung von Augenverletzungen

Augenverletzungen können in mehrere Kategorien eingeteilt werden, die Klassifizierung der Verletzungen ist abhängig von der Art der Einwirkung und in Tabelle 1 dargestellt.

Augenverletzungen			
Mechanisch	Chemisch	Thermisch (Verbrennungen)	Strahlung
Schlag Fremdkörper Stich - Schnittverletzungen	Organische - Verbindungen Laugen Säuren Giftige Gase	Dampf heißer/kalter Gegenstand heiße/kalte Flüssigkeit Flammen	Ultraviolett Ionisierende

Tab. 1. Klassifizierung nach der Art der Verletzung [3, 18].

Unter mechanischen Verletzungen werden Verletzungen durch äußere Gegenstände verstanden. Hier kann je nach Verletzungsmuster zwischen Stößen (stumpfe Traumata, die zu einer Kontusion führen), Fremdkörper (welche oberflächlich oder im Auge liegen können intraokularer Fremdkörper), Stich- und Schnittwunden (durch scharfe Gegenstände) unterschieden [4, 18] werden.

Verätzungen sind Verletzungen durch Kontakt mit aggressiven Chemikalien wie Säuren oder Laugen.

Thermische Verletzungen sind eine Folge der Einwirkung heißer Flüssigkeiten, Gegenstände, Luft, Feuer oder Dampf auf die Augen.

Der bei thermischen Verbrennungen schädigende Stoff liegt in flüssiger oder dampfförmiger Form vor, kühlt schnell ab und verursacht daher weniger Schaden als chemische Stoffe [18]. Abhängig vom Verletzungsmusters können folgende Arten von Verbrennungen unterschieden werden: periokulärer Bereich und Augenlider, Bindehaut und Hornhaut und im schlimmsten Fall Verbrennungen tiefer Strukturen des Auges.

Der Grad der chemischen oder thermischen Verletzung hängt nicht nur von der Art des Stoffes, sondern auch von der Dauer der Einwirkung und der Form des Stoffes (Flüssigkeit, Dampf) ab und wird aufgrund des Augenbefundes wie folgt klassifiziert

1	2	3	4
Erosio Limbusschaden n=0  Hyperämie	Erosio Limbusschaden n >1/3  Chemosis	Erosio Limbusschaden n>1/3  Chemosis	Tiefe Ischämie Limbusschaden n >1/2 Dichte Corneatrübung, konjunktivale Nekrosen, Sklera porzellanweiß Missfärbung und Atrophie der Iris Fibrinexsudate
1-3 Tage später			
Regeneration	Rezirkulation Regeneration	Persistierende Erosio Narbenpterygium Konjunktivalisatio n Ulzeration Neovaskularisatio n Narben	Proliferationen Konjunktivalisation Schwere Vernarbung Große Ulzerationen Einschmelzung Katarakt Glaukom

Tab. 2. Die Klassifikation basiert auf der Quelle: Klassifikation von Verätzungen und Verbrennungen der Augen (nach Reim) [24].

Bei chemischen Verätzungen des Auges gelten die Notfallrichtlinien der AWMF-Leitlinie [3]

Strahlung – Traumatisierung durch Infrarot-, Ultraviolett-strahlen oder andere Strahlungsarten. Kombinierte Verletzungen – eine Kombination mehrerer schädigender Faktoren

### 3.2.1. Birmingham Eye Trauma Terminology System (BETT) bei Feuerwerksverletzungen

Eine Augenverletzung liegt vor, wenn das Auge durch äußere Gewalteinwirkung geschädigt wird, wobei der Grad der Verletzung von der Ursache und der Stärke der Einwirkung abhängt [4, 23]. Bei Explosionen, wie sie durch Feuerwerkskörper verursacht werden können, ist der menschliche Körper verschiedenen Schädigungsmechanismen ausgesetzt. Solche Unfälle können eine Vielzahl von Verletzungen hervorrufen, darunter Verbrennungen, chemische und mechanische Weichteilschäden sowie Knochenbrüche [6, 25].

Im Jahr 1996 entwickelten Professor Kuhn F. [17] und seine Kollegen eine standardisierte Klassifizierung für mechanische Augenverletzungen, die bis heute in der klinischen Praxis Anwendung findet.

#### Birmingham Eye Trauma Terminology System (BETTS)

Die BETT ist ein anerkanntes Klassifikationssystem für Augenverletzungen. Es ermöglicht durch klar definierte Begriffe und Kategorien eine präzise, umfassende, konsistente und detaillierte Beschreibung sowie Klassifizierung aller Arten von mechanischen Augenverletzungen.

Dieses System ist besonders nützlich bei Feuerwerksverletzungen, da es eine genaue Beschreibung der Schwere und des Umfangs der Schäden ermöglicht [4, 17]. Die präzise Klassifikation hilft dabei, gezielte Behandlungspläne zu erstellen und langfristige Prognosen abzuschätzen.

#### Nomenklatur der BETT (s.a. Abb. 2):

Closed Globe Injury – Der Terminus "closed globe injury" wird auf Deutsch üblicherweise als "geschlossene Bulbusverletzung" beschrieben. Er bezieht sich auf mechanische Verletzungen des Auges, bei denen die äußere Wand des Augapfels (Hornhaut und Sklera) intakt bleiben [4, 23], obwohl innere Strukturen beschädigt sein können.

Open Globe Injury - Der Terminus "open globe injury" wird auf Deutsch als "Verletzung

des offenen Auges" oder "offene Bulbusverletzung" beschrieben. Dabei handelt es sich um eine schwere Augenverletzung, bei der die äußeren Begrenzungen des Augapfels (Hornhaut und/oder Sklera) durchtrennt oder perforiert sind, wodurch der Augapfel eröffnet wird. Solche Verletzungen erfordern meist eine sofortige chirurgische Versorgung.

#### Geschlossene Bulbusverletzungen - Untergruppen

Kontusion – Prellungsverletzung ohne Durchtrennung der äußeren Augenwand (in der Regel eine stumpfe Verletzung)

Lamelläre Schnittwunde – teilweise (nicht alle Schichten betreffende) Durchtrennung der Augenwand (in der Regel eine scharfe Verletzung).

#### Offene Bulbusverletzungen-Untergruppen

Ruptur - Verletzung der Augenwand in voller Dicke durch Einwirkung eines stumpfen Gegenstandes

Lazeration - Verletzung der Augenwand in voller Dicke, die durch einen scharfen Gegenstand verursacht wird und wie folgt weiter unterteilt wird:

#### Untergruppen von lazerierenden Bulbusverletzungen

Penetrierende Verletzung: Eine einzelne Schnitt- oder Stichwunde der Augenwand, ohne Austrittswunde. Wenn mehr als eine Eintrittswunde vorliegt, müssen diese von unterschiedlichen Ursachen oder Fremdkörpern herrühren.

Intraokularer Fremdkörper – im inneren des Auges verbliebener Fremdkörper, der eine Eintrittsstelle mit Wunde hinterlassen hat [13]

Perforationsverletzung - Eine Verletzung, die durch zwei Läsionen charakterisiert ist – eine Eintrittswunde und eine Austrittswunde, die die Augenwand vollständig durchdringen [4, 17].

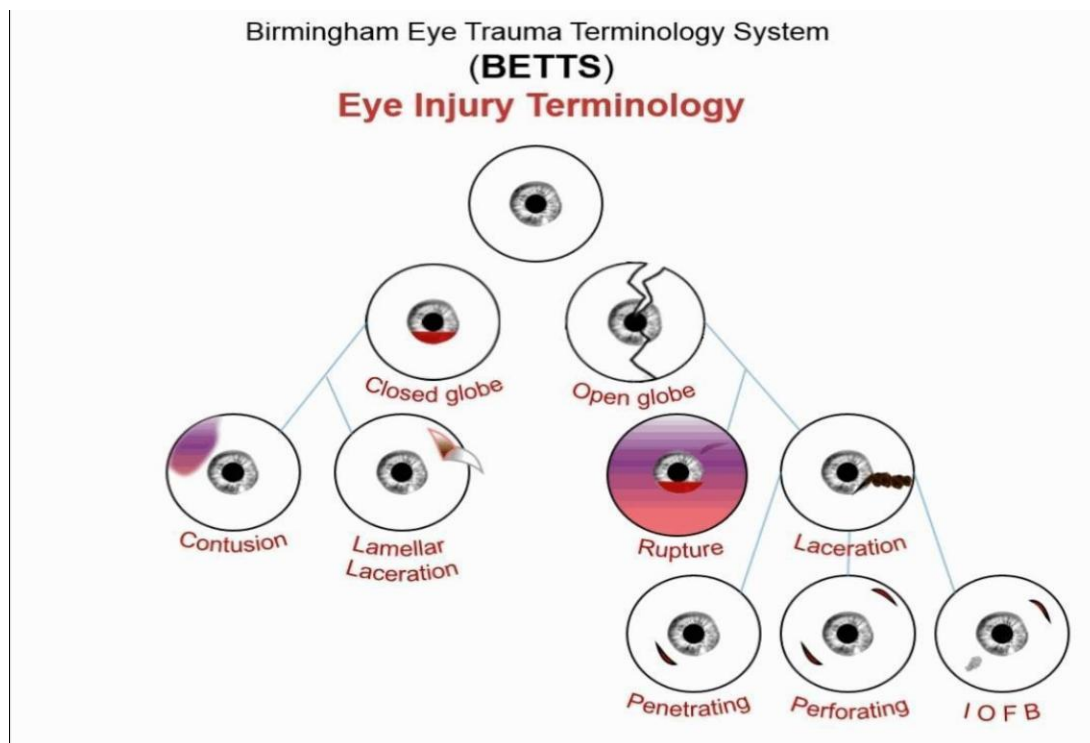


Abb. 2. BETT [17]

Das Birmingham Eye Trauma Terminology System (BETT) ist ein etabliertes Klassifikationssystem.

#### Arten von Augenverletzungen

Augenverletzungen können sich in vielfältiger Weise äußern. Schmerzen und Sehverschlechterung treten oft unmittelbar nach der Verletzung auf. Bei begleitenden Frakturen der Orbita können Symptome wie Exophthalmus (Hervortreten des Augapfels) oder Enophthalmus (Einsinken des Augapfels), subkutanes Emphysem, Schwellungen, Hämatome der Augenlider, Einschränkungen der Augenbewegungen und Ptosis (Herabhängen des Augenlids) auftreten.

Weichteilverletzungen sowie geschlossene und offene Frakturen des Gesichtsschädels können ebenfalls vorliegen und sind häufig mit Augenverletzungen verbunden sein.

Ein Trauma der Weichteile des Auges kann auch benachbarte Strukturen betreffen, wie die Tränendrüse oder die äußeren Augenmuskeln. Solche Verletzungen erfordern eine genaue Diagnostik, da sie erhebliche funktionelle Auswirkungen haben können.

Verletzungen der Augenlider können oberflächlich oder vollständig durchdringend sein. Oberflächliche Wunden betreffen nur die oberen Gewebeschichten, ohne die freie Lidkante oder tieferliegende Strukturen zu schädigen. Bei durchdringenden Verletzungen wird die gesamte Dicke des Augenlids verletzt, einschließlich Haut, Muskeln und Tarsus (Knorpelplatte). Solche Verletzungen können erhebliche funktionelle und kosmetische Folgen haben und erfordern oft eine chirurgische Versorgung [15, 17].

Eine Kontusion ist eine stumpfe Verletzung (Prellungsverletzung), bei der die Integrität der Haut oder des Gewebes äußerlich meist erhalten bleibt. Dennoch kann es zu Schädigungen im Inneren des Auges kommen. Typische Beschwerden sind Schmerzen, Bewegungseinschränkungen, Hämatome und Rötungen [17]. Je nach Ausmaß der anatomischen Schädigung kann es zu einer Beeinträchtigung der Sehschärfe kommen.

Prellungen des Auges können direkt (durch einen direkten Schlag auf das Auge) oder indirekt (durch Erschütterungen des Kopfes oder Körpers) entstehen. Die Schwere der Verletzung hängt von der Stärke des Aufpralls, der Elastizität des Augengewebes und dem Vorhandensein begleitender Pathologien ab. Je nach Situation kann es zu Rissen oder Rupturen der Gewebeschichten des Auges kommen.

Patient:innen berichten häufig über Symptome wie Schmerzen, Rötungen des Auges, Sehstörungen, Nebel vor den Augen oder das Wahrnehmen von schwebenden Trübungen.

Bei der objektiven Untersuchung können folgende Befunde auftreten [22]:

- Hornhautödem
- Blutung in der Vorderkammer (Hyphäma) mit Erhöhung des Augeninnendruckes
- Teilweiser oder vollständiger Iriswurzelaabriss
- Lähmung des Pupillenschließmuskels, erkennbar an einer unregelmäßigen Pupillenform und fehlender Lichtreaktion und traumatischer Iridoplegie
- Vossius-Ring an der vorderen Linsenkapsel (Abdruck des pigmentierten Irisrandes)
- Paresen oder Lähmungen des Ziliarmuskels, die zu Akkommodationsstörungen

führen

- Traumatische Katarakt
- Luxation oder Subluxation der Linse
- Netzhauteriss mit oder ohne Glaskörperblutung
- Blutungen in der Aderhaut oder Netzhaut,
- Netzhautablösungen (die auch erst langfristig auftreten können)

Diese Verletzungsfolgen können schwerwiegende Komplikationen nach sich ziehen und erfordern eine rasche und umfassende augenärztliche Diagnostik sowie gegebenenfalls chirurgische Interventionen.

Nicht penetrierende Wunden können mit oder ohne das Vorhandensein von Fremdkörpern entstehen. Dabei bleibt die Integrität der äußeren Hülle des Auges (Hornhaut und Sklera) über ihre gesamte Dicke hinweg erhalten [10, 20].

Die häufigste Form solcher Verletzungen sind Abschürfungen der Hornhaut (Erosion) oder Fremdkörper in der Hornhaut. Betroffene berichten über ein Fremdkörpergefühl bis starke Schmerzen vermehrten Tränenfluss, Lichtempfindlichkeit und die Unfähigkeit, das Auge zu öffnen. Bei einer objektiven Untersuchung können Fremdkörper an den Augenlidern, der Hornhaut oder der Bindehaut sichtbar sein [9, 10]. Zusätzlich können oberflächliche oder tiefere Verletzungen des Augapfels festgestellt werden.

Bei einer schwerwiegenden Schädigung der Hornhaut, die zu einer Perforation führt, ist ein chirurgisches Vernähen unter dem Mikroskop erforderlich. Solche Verletzungen hinterlassen häufig Narben, die Hornhautverkrümmungen oder -trübungen verursachen können. Dies kann das Sehvermögen unterschiedlich stark beeinträchtigen und in einigen Fällen eine spätere Hornhauttransplantation notwendig machen [3].

Bei einer Schädigung der Augenlinse können entweder Teile der Linse durch eine Eröffnung der Linsenkapsel austreten oder die Linse trübt sich ein. In solchen Fällen ist eine operative Entfernung der geschädigten Linse erforderlich. Die Entscheidung, ob eine Kunstlinse eingesetzt wird, sowie der Zeitpunkt des Eingriffs hängen von Art und Schwere der Verletzung ab. Die Kunstlinse kann entweder unmittelbar während der Operation, zu einem späteren Zeitpunkt oder, in seltenen Fällen, gar nicht

implantiert werden, abhängig von den individuellen Gegebenheiten und dem Heilungsverlauf.

Blutungen im Glaskörper, in der Netzhaut oder in der Aderhaut werden bei geschlossenen Bulbusverletzungen in der Regel zunächst konservativ beobachtet. Bei offenen Bulbusverletzungen hingegen steht die primäre Versorgung der Eintrittswunde im Vordergrund. Ist die Linse getrübt, kann sie – je nach Befund – mittels Absaugung entfernt werden. Neben einem dichten Wundverschluss ist insbesondere die systemische und lokale antibiotische Abschirmung essenziell, um das Infektionsrisiko zu minimieren. Die chirurgische Entfernung von Blut aus dem Glaskörper oder die Behandlung einer durch ein Trauma verursachten Netzhautablösung erfolgt in der Regel in einem zweiten Eingriff. Dieser wird normalerweise einige Zeit nach der Erstversorgung durchgeführt. Der genaue Zeitpunkt hängt von der Art und Schwere der Verletzung, möglichen Begleitverletzungen sowie dem Heilungsverlauf ab und kann zwischen einigen Tagen und zwei bis drei Wochen oder länger variieren.

Regelmäßige Kontrolluntersuchungen mit dem Spaltlampenmikroskop und gegebenenfalls eine Ultraschalluntersuchung des Augeninneren bei Medientrüben mit reduziertem Einblick, sind in dieser Phase entscheidend, um den optimalen Zeitpunkt für die Operation festzulegen.

Bei bulbuseröffnenden Verletzungen mit intraokularem Fremdkörper besteht das vorrangige Ziel darin, diesen möglichst schnell und schonend zu entfernen. Besonders metallische Fremdkörper, die Eisen oder Kupfer enthalten, können der Netzhaut einen erheblichen toxischen Schaden zufügen [1, 11].

Anzeichen für durchdringende (penetrierende) Augenverletzungen sind vielfältig und können direkt oder indirekt auftreten. Zu den direkten Anzeichen gehören eindringende Wunden in der Hornhaut oder Sklera, Löcher in der Iris, Austritt von Kammerwasser aus der Vorderkammer, sowie der Vorfall innerer Augenmembranen oder des Glaskörpers. Oft wird auch ein intraokularer Fremdkörper nachgewiesen. Indirekte Hinweise auf eine solche Verletzung können eine abnormale Tiefe der Vorderkammer, eine unregelmäßige Pupillenform, die Ablösung der Iris oder ein niedriger Augeninnendruck sein. Zudem treten nicht selten Blutansammlungen im Glaskörper (Hämophthalmus) oder Verletzungen mit Verlust von Iris- und Ziliarkörpergewebe auf [22].

Bei allen genannten Verletzungen gilt, dass wenn ein Teil der optischen Achse durch die Verletzung beeinträchtigt wird, kann die Sehschärfe bereits unmittelbar nach dem Trauma in unterschiedlichem Ausmaß abnehmen – bis hin zum reinen Hell-Dunkel-Sehen. Dies gilt insbesondere bei Verletzungen, die die Hornhaut, die Augenlinse oder die zentrale Netzhaut betreffen. Blutansammlungen wie ein Hyphäma (Blutung in der Vorderkammer), ein Hämophthalmus (Blutung in den Glaskörper) oder Blutungen in die Aderhaut können das Sehvermögen deutlich beeinträchtigen. [10, 12, 20]

### 3.2.2. Schwerwiegendste Komplikationen von bulbuseröffnenden Verletzungen

Eine der schwerwiegendsten Komplikationen ist die Endophthalmitis, eine eitrige Entzündung des Glaskörpers, die in 60 bis 80 Prozent der Fälle zur Erblindung führt. Betroffene zeigen oft Symptome wie allgemeines Unwohlsein, Fieber, Schwellung und Rötung der Augenlider und der Bindehaut sowie starke Schmerzen [6, 13, 15]. Zusätzlich können sich ein niedriger Augeninnendruck und ein gelb - grauer Abszess im Glaskörper hinter der Linse entwickeln. In einigen Fällen breitet sich eine eitrige Iridozyklitis, also eine Entzündung der Iris und des Ziliarkörpers, zu einem Glaskörperabszess aus. Unbehandelt kann es zu einer Einschmelzung der Augenwand und Ausbreitung in die Orbita sowie zu einer lebensbedrohlichen septischen Sinusvenenthrombose kommen

Bei Verdacht auf eine Endophthalmitis sind eine schnelle Diagnostik und Therapie zwingend erforderlich, um das Sehvermögen und das Auge möglichst zu erhalten [20, 21].

Eine der schwerwiegenden Komplikationen, die sich aus dem Verbleib eines metallischen Fremdkörpers im Auge ergeben kann, ist die Entwicklung einer Siderosis bulbi [1]. Diese wird durch die Ablagerung von Eisenionen im Gewebe verursacht und führt zu einer toxischen Schädigung der intraokularen Strukturen [1]. Dies kann zu zahlreichen Komplikationen führen, darunter grauer Star, Netzhautschäden, grüner Star und in schweren Fällen sogar zum vollständigen Verlust des Sehvermögens. Die rechtzeitige Entfernung solcher Fremdkörper und eine sorgfältige Nachsorge sind

entscheidend, um diese schwerwiegenden Folgen zu vermeiden. [21].

Noch eine weitere Komplikation, die im Zusammenhang mit schweren Augenverletzungen auftreten kann, ist die sogenannte sympathische Ophthalmie. Dabei handelt es sich um eine verzögerte, nicht eitrige immunologisch bedingte Entzündung des unverletzten Auges, die durch eine penetrierende Verletzung des betroffenen Auges ausgelöst wird [14, 21]. Diese seltene, aber ernste Erkrankung erfordert eine sorgfältige Überwachung und Behandlung, um das Sehvermögen des zweiten Auges zu erhalten.

### 3.2.3. Diagnostik, radiologische Bildgebung und weiterführende Diagnostik

Die Untersuchung eines Patient:innen mit einer Augenverletzung umfasst mehrere Schritte, um das Ausmaß der Schäden präzise zu diagnostizieren [17, 20]. Sichtbare Verletzungen wie Wunden, Blutungen oder Fremdkörper können häufig sofort festgestellt werden [7, 10, 13], ebenso wie Ödeme, Lidhämatome, Exophthalmus (Hervortreten des Augapfels) oder Enophthalmus (Einsinken des Augapfels). Die Sehschärfe wird überprüft, da sie bei vielen Verletzungen aufgrund von Trübungen der optischen Medien, wie der Linse oder des Glaskörpers, beeinträchtigt sein kann [20]. Auch das Gesichtsfeld wird getestet, um mögliche Einschränkungen zu erkennen. Die Empfindlichkeit der Hornhaut wird beurteilt, da sie bei Verletzungen oder Verbrennungen oft vermindert ist. Der Augeninnendruck wird gemessen, da sowohl ein erhöhter als auch ein verringerter Druck auf das Ausmaß der Verletzung hinweisen können.

Mit einer Untersuchung im regredienten Licht lassen sich Fremdkörper sowie Schäden wie Trübungen der Linse oder des Glaskörpers sichtbar machen. Um Fremdkörper auf der Bindehaut nicht zu übersehen, wird das obere Augenlid teilweise doppelt ektropioniert. Eine Biomikroskopie wird durchgeführt, um die Hornhaut detailliert zu untersuchen. Dabei wird die Hornhaut mit Fluorescein angefärbt, um Verletzungen sichtbar zu machen. Zur Untersuchung des Kammerwinkels wird eine Gonioskopie durchgeführt, die mögliche Schäden am Ziliarkörper oder der Iris aufzeigt. Mithilfe der direkten und indirekten Ophthalmoskopie, häufig ergänzt durch eine Goldmann-Linse, lassen sich Pathologien wie Netzhautkontusionen, intraokulare Fremdkörper oder Netzhautablösungen diagnostizieren.

Falls der Verdacht auf einen intraokularen Fremdkörper besteht, kommen bildgebende Verfahren zum Einsatz. Empfehlungen zur Notfallversorgung bei intraokularen Fremdkörpern wurden von Schrage et al. zusammengefasst. Für metallische Fremdkörper werden Röntgenaufnahmen oder eine CT empfohlen [1, 9, 13, 19]. Bei nichtmetallischen Fremdkörpern eignen sich Ultraschalluntersuchungen oder eine MRT. Röntgenaufnahmen in zwei Projektionen können hilfreich sein, werden jedoch zunehmend durch CT und MRT ersetzt, da diese Verfahren eine bessere Auflösung und diagnostische Aussagekraft bieten. Mit Ultraschalluntersuchungen können der Zustand der inneren Augenschichten und angrenzender Strukturen sowie

die Lage und Anzahl von Fremdkörpern präzise bestimmt werden. Falls erforderlich, werden Fachärzt:innen der Unfallchirurgie, Mund-Kieferchirurgie, HNO oder Neurochirurgie hinzugezogen, um Begleitverletzungen zu adressieren.

#### 3.2.4. Arten von typischen Begleitverletzungen

Neben Augenverletzungen treten bei Unfällen mit Feuerwerkskörpern häufig weitere Begleitverletzungen auf, die unterschiedliche Körperregionen betreffen [6]. Verletzungen an Händen und Fingern sind besonders typisch. Dazu gehören Verbrennungen, die durch unsachgemäßen Umgang entstehen, sowie schwere Schäden wie der Verlust von Fingern oder Teilen der Hand infolge von Explosionen [25]. Solche Verletzungen werden oft durch vorzeitige Detonationen oder zu langes Festhalten angezündeter Feuerwerkskörper verursacht. Dabei handelt es sich häufig um Mutproben, die vor allem bei Jugendlichen beliebt sind.

Gesichtsverletzungen sind eine weitere häufige Folge von Feuerwerksunfällen. Diese äußern sich meist als Verbrennungen der Gesichtshaut, die durch die Nähe zur Explosion entstehen. Auch die Ohren sind gefährdet, da Schallexplosionen zu bleibenden Schäden führen können. Dazu zählen unter anderem Tinnitus oder ein dauerhafter Hörverlust, von dem mehr als ein Drittel der Betroffenen betroffen bleibt [25].

Die unteren Extremitäten sind ebenfalls häufig betroffen. Verbrennungen oder Verletzungen entstehen durch herabfallende Teile von Feuerwerkskörpern oder deren Bruchstücke. Zusätzlich können Brüche oder Verstauchungen auftreten, wenn Menschen in Panik vor einer Explosion flüchten.

Explosionsunfälle können auch innere Verletzungen verursachen. Organe wie die Lunge können durch die Druckwelle einer Explosion geschädigt werden, was in einigen Fällen lebensbedrohliche Folgen hat. Neben körperlichen Schäden können auch psychische Folgen auftreten.

### 3.3. Epidemiologie

Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper sind ein ernstzunehmendes Problem, das insbesondere zu Silvester auftritt [2, 6, 7, 10, 25]. Die häufigsten Ursachen solcher Verletzungen sind unsachgemäße Handhabung, unzureichende Sicherheitsvorkehrungen sowie der Einsatz von nicht zertifizierten Feuerwerkskörpern. Statistiken zeigen, dass die meisten Verletzungen vermeidbar wären, wenn grundlegende Sicherheitsregeln eingehalten würden [2, 6, 7, 28].

„Mit Stand 1. Jänner, 7 Uhr, wurden 42 Anzeigen wegen Sachbeschädigung durch Pyrotechnik, elf Anzeigen wegen fahrlässiger Körperverletzung durch Pyrotechnik und 25 weitere Anzeigen wegen des Verdachts auf Brandstiftung durch Pyrotechnik erstattet.“ [Polizei Steiermark, 2024].

Die Notwendigkeit von Präventionsmaßnahmen ergibt sich aus den dargestellten Ergebnissen und wird im weiteren Verlauf diskutiert.

Nach eingehender Literaturrecherche konnten wir feststellen, dass es nur begrenzte Studien gibt, die sich mit den Unterschieden zwischen städtischen und ländlichen Regionen im Hinblick auf feuerwerksbedingte Augenverletzungen befassen. Studien aus Deutschland und den Niederlanden zeigen jedoch, dass in urbanen Gebieten aufgrund höherer Bevölkerungsdichte und größerer Verfügbarkeit von Feuerwerkskörpern ein erhöhtes Risiko für schwerwiegendere Verletzungen besteht [2, 6, 13, 29]. Dies unterstreicht die Bedeutung regional spezifischer Präventionsstrategien und die Notwendigkeit, solche Unterschiede in zukünftigen Studien weiter zu untersuchen. Unsere Arbeit leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Schließung dieser Forschungslücke und liefert neue Erkenntnisse für die Verbesserung präventiver Maßnahmen in ländlichen Regionen.

### 3.3.1. Geschichte des Feuerwerks

Die Geschichte des Feuerwerks reicht möglicherweise 1000 oder sogar 2000 Jahre zurück und ist von Mythen ebenso geprägt wie von Fakten. Unbestritten ist jedoch, dass das Feuerwerk seinen Ursprung in China hat, wo es als „Kunst des Feuers“ begann [16] – eine Kunst, die nicht an einem einzigen Tag geschaffen werden konnte.

Die genaue Entstehungsgeschichte ist unklar, da es kein genaues Datum für die Erfindung des Schießpulverrezepts gibt, das die Grundlage des modernen Feuerwerks bildet. Vor der heutigen Form des Feuerwerks gab es zahlreiche Experimente, Fehler und sogar tragische Unfälle, die vielen Menschen ihre Gesundheit oder ihr Leben kosteten. Einer Legende zufolge mischte ein Koch Schwefel, Salpeter und Holzkohle zusammen, wobei diese Mischung versehentlich ins Feuer geriet. Das Resultat war eine helle, farbige Flamme, die den Koch so erschreckte, dass er die Mischung in einer Bambusrohrhülle verbrannte, um seinen Fehler zu verbergen. Die Explosion war jedoch noch heftiger. Eine andere Geschichte erzählt von einem taoistischen Gelehrten, der auf der Suche nach einem Elixier der Unsterblichkeit war, oder von einem Mönch namens Li Tian, der Schießpulver in eine Flöte füllte, um den Himmel zu erleuchten und böse Geister zu vertreiben. Es wird berichtet, dass Li Tian in Hunan ein Feuerwerk veranstaltete, das die Dämonen vertrieb, Frieden in die Region brachte und die Provinz zu Wohlstand und Blüte führte. Ob diese Geschichten wahr sind oder nicht, ist ungewiss. Fest steht jedoch, dass die Menschen in China den Tag der Erfindung des Feuerwerks bis heute am 18. April feiern, indem sie dem Mönch Li Tian Geschenke bringen. Hunan hat sich zu einem bedeutenden Zentrum der Feuerwerksherstellung entwickelt.

Im 12. Jahrhundert wurde Schießpulver erstmals auch für militärische Zwecke verwendet. Während der Belagerung von Kaifeng durch die Mongolen setzten die Verteidiger Kanonen ein, die mit großen Steinkugeln oder primitiven Sprengsätzen bestückt waren. Diese frühen Kanonen waren jedoch schwer und ungenau, sodass Schießpulver für den Krieg zunächst kaum einsatzfähig war. Stattdessen wurde es weiterhin für Neujahrsfeuerwerke und festliche Knallkörper genutzt.

Gegen Ende des 12. Jahrhunderts verbesserten sich die Fähigkeiten der chinesischen Pyrotechniker erheblich [16]. Sie entwickelten immer vielfältigere und

farbenprächtigere Effekte, die bei ausländischen Händlern großen Anklang fanden. Einer Legende zufolge brachte Marco Polo, der berühmte italienische Entdecker, das Geheimnis der chinesischen Pyrotechnik nach Europa. Im 14. Jahrhundert begannen die Höfe europäischer Monarchen, beeindruckende Feuerwerke bei festlichen Anlässen einzusetzen. 1529 wurde das erste deutschsprachige Feuerwerksbuch, das „Fürwerckbuch“, veröffentlicht. Nürnberg entwickelte sich zeitgleich zu einem bedeutenden Ausbildungszentrum für Pyrotechnik, wo ein großes Feuerwerk als Abschlussprüfung diente. Im 16. bis 18. Jahrhundert waren Feuerwerke äußerst populär und wurden zu Krönungen, militärischen Siegen, Hochzeiten und Geburten gezündet. Allerdings führte der wirtschaftliche Niedergang des Adels im späten 18. und frühen 19. Jahrhundert zu einem Rückgang von Qualität und Häufigkeit der Feuerwerke.

In der modernen Zeit sind Feuerwerke weltweit beliebt und werden auf vielfältige Weise genutzt, um Feste zu feiern und nationale Feiertage zu begehen. Sie verwandeln den Nachthimmel in spektakuläre Lichtshows und bleiben ein Symbol für Freude und Feierlichkeit.

### 3.3.2. Arten von Feuerwerkskörpern

Feuerwerkskörper können je nach Verwendungszweck, Gefahrenpotenzial und gesetzlicher Klassifikation in verschiedene Kategorien unterteilt werden. Diese Klassifikationen basieren auf den EU-weiten Sicherheitsvorschriften [5, 16] und der Pyrotechnik-Verordnung in Österreich.

Kategorie	Eigenschaften	Altersbeschränkung	Berechtigung
F1	Sehr geringe Gefahr, vernachlässigbarer Lärmpegel; können ggf. in geschlossenen Räumen verwendet werden, wenn laut Gebrauchsanweisung zulässig (§ 11 Z 1 Pyrotechnikgesetz) z.B. Wunderkerzen, Knallbonbons, Knallerbsen, Tischfeuerwerk etc.	Ab 12 Jahren	Nicht erforderlich
F2	Geringe Gefahr, geringer Lärmpegel, zur Verwendung in abgegrenzten Bereichen im Freien vorgesehen (§ 11 Z 2 Pyrotechnikgesetz) z.B. Schweizer Kracher (Piraten), Knallfrösche, Batterief Feuerwerke, "Ladycracker" etc.	Ab 16 Jahren	Nicht erforderlich
F3	Mittlere Gefahr, zur Verwendung in weiten, offenen Bereichen im Freien vorgesehen, Lärmpegel gefährdet nicht die menschliche Gesundheit (§ 11 Z 3 Pyrotechnikgesetz) z.B. Knallkörper, Feuerräder etc.	Ab 18 Jahren	Sachkunde

F4	Große Gefahr, nur zur Verwendung von Personen mit Fachkenntnis vorgesehen, Lärmpegel gefährdet nicht die menschliche Gesundheit (§ 11 Z 4 Pyrotechnikgesetz) z.B. Feuerwerksbomben, Fächersonnen, Fontänen, Feuertöpfe etc.	Ab 18 Jahren	Fachkenntnis
----	--	--------------	--------------

Tab. 3. Arten von Feuerwerkskörpern [5]

Tab. 3 zeigt die Grundlage für die Einteilung der Verletzungen. Die nachfolgenden Abschnitte analysieren die Verteilung und Schwere der Feuerwerksverletzungen während der Silvesterzeit in Bruck an der Mur in den Jahren 2017 bis 2023.

Es ist zu beachten, dass für sämtliche Kategorien von Feuerwerkskörpern die einschlägigen Gesetze gelten. Relevante rechtliche Informationen und Sicherheitsbestimmungen sind bei [Österreich.gv.at](http://oesterreich.gv.at) verfügbar. Zudem sind die jeweiligen Lagermengen einzuhalten und die Anweisungen des Herstellers zu befolgen. Für einige Kategorien, beispielsweise T1 oder P1, gelten zusätzliche Verwendungsregeln.

Auf den Silvesterknallern/Feuerwerkskörpern ist die CE-Kennzeichnung angegeben, welche bestätigt, dass die Produkte den europäischen Sicherheitsstandards entsprechen und für die Verwendung zugelassen sind. Produkte ohne diese Kennzeichnung stellen ein erhöhtes Verletzungsrisiko dar, da sie oft inoffiziell hergestellt werden und nicht die erforderlichen Qualitätskontrollen durchlaufen haben. In Österreich unterliegt der Verkauf solcher Produkte strengen gesetzlichen Regulierungen, um die Sicherheit der Verbraucher zu gewährleisten.

Art.-Nr. 375300 **Voodoo Star**  
 (50-SCHUSS-FEUERWERKSRÖHR-BATTERIE)  
 0589-F2-0088 **1** KAT. 2 BAM-F2-0088 **7**

In Deutschland ist die Abgabe an Personen unter 18 Jahren verboten! **2**  
 Das Zurschaustellen ist unbedenklich. BAM-2193/05-VHK **8**  
 Abgabe nur in ungeöffneter Originalverpackung erlaubt!

**Sicherheitsangaben**

1. Nur im Freien verwenden!
2. Deckel entfernen (falls vorhanden). (siehe Grafik 1) **3**
3. Abdeckungen über den Abschussrohren nicht entfernen.
4. Gegenstand senkrecht auf festen, ebenen Boden stellen und Hindernisse über der Mündung vermeiden, so dass die Füllung ungehindert nach oben ausgeworfen werden kann. Auf festen Stand achten!
5. Dieser Feuerwerkskörper hat zwei Anzündungen. Erste Anzündschnur erkennen und Folie mit Aufschrift „Abziehen und hier anzünden“ entfernen. Anzündschnur seitwärts stehend am äußersten Ende anzünden (siehe Grafik 2) und sich sofort mindestens 8 m entfernen.
6. Falls der Feuerwerkskörper seine Funktion nicht vollständig erfüllt, 15 Minuten warten, danach zum Feuerwerkskörper zurückkehren. Folie mit Aufschrift „Ersatzanzündung unter dieser Folie“ entfernen und Ersatzanzündschnur seitwärts stehend am äußersten Ende anzünden und wieder mindestens 8 m entfernen. Während der gesamten Handhabung ist sicherzustellen, dass sich kein Körperteil über dem Feuerwerkskörper befindet!

**WECO® feuerwerk**  
 H.: WECO, 53783 Eitorf, Germany  
 Tel.: 02243/883-127  
 NEM: ca. 495 g  
 Bruttogew.: ca. 2.685 g

CE 0589

Abb. 3. Beispiel einer CE-Kennzeichnung auf einem Feuerwerkskörper [5].

Das zeigt ein Beispiel einer korrekten CE-Kennzeichnung, die auf einem Feuerwerkskörper Betreff: Finale Version meiner Diplomarbeit

## 4. MATERIAL UND METHODEN

Diese retrospektive Analyse untersuchte Notfallkonsultationen im Zusammenhang mit Silvester-Augenverletzungen in der Augenklinik des Krankenhauses Bruck an der Mur über einen Zeitraum von sechs Jahren. Es handelt sich um eine monozentrische Studie. Im Rahmen dieser Arbeit wurden retrospektiv Daten aller Patient:innen erhoben, die jeweils zwischen dem 30. Dezember und 2. Jänner in den Jahren 2017 bis 2024 durch Feuerwerkskörper verletzt wurden und in der Ambulanz der Augenabteilung Bruck behandelt wurden. Patient:innen mit Verletzungen anderer Ursachen (z.B. Arbeitsunfälle oder Verkehrsunfälle) wurden ausgeschlossen, um Verzerrungen in den Ergebnissen zu vermeiden. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da er die Haupttage der Silvesterfeierlichkeiten abdeckt, an denen Feuerwerkskörper am häufigsten verwendet werden und Verletzungen gehäuft auftreten.

Erfasst wurden folgende Parameter: Alter, Geschlecht, Unfalldatum, Rolle der betroffenen Person, (aktive Teilnehmer:innen oder Zuschauer:innen), Anzahl und Art der Verletzung, betroffene Körperregion, Behandlungsmethode, Behandlungsdauer und Folgeschäden. Bezüglich der feuerwerksbedingten Augenverletzungen wurden zusätzliche Parameter analysiert. Beispielsweise betroffenes Auge und Strukturen des Auges, Verletzungsschwere (gemäß klinischem Befund), notwendige chirurgische Eingriffe, Nachsorge, Sehschärfe und Behandlungsergebnisse [2, 17]. Oberflächliche Verletzungen wurden als „leicht“ eingestuft, während nicht-penetrierende Hornhaut- und Skleraverletzungen sowie Prellungen mit Kontusionsfolgen als „mittelschwer“ klassifiziert wurden [17].

Die Schwere der Augenverletzungen wurde wie folgt klassifiziert: [18]

Leicht: Keine Beeinträchtigung der Funktionen des Sehorgans zu erwarten (z.B. oberflächliche Verletzungen)

Mittelschwer: moderate funktionelle Beeinträchtigungen. (z.B. leichte Prellungsverletzungen) zu erwarten

Schwer: Dauerhafte signifikante Verschlechterung der Augenfunktionen zu erwarten

(z.B. Schwere Prellungsverletzungen)

Besonders schwer: Verlust des Auges ist möglich. (z.B. Rupturen des Auges)

Die Notfälle wurden nach Altersgruppen (Kinder: 0–12 Jahre, Jugendliche: 13–19 Jahre, Erwachsene: 20–30 Jahre, 31–40 Jahre, 41–50 Jahre und über 51 Jahre) sowie nach der Schwere der Verletzungen, aufgeschlüsselt nach Altersgruppe und Geschlecht, analysiert. Darüber hinaus wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzungen und der Art des Feuerwerkskörpers besteht und ob das Risiko für aktive Teilnehmer im Vergleich zu Zuschauer:innen unterschiedlich ist [2, 8]. Der Verletzungsgrad und die entsprechenden Behandlungsmaßnahmen wurden den Protokollen entnommen.

Alle Daten wurden aus dem krankenhauseigenem Dokumentationssystem „openMEDOCS<sup>®</sup>“ entnommen und pseudoanonymisiert ausgewertet.

Das Durchschnittsalter und die Standardabweichung wurden anhand der klassischen statistischen Formeln berechnet.

Für die Auswertung der Daten wurde eine deskriptive Statistik mit dem Programm Excel (Microsoft-Office-365 für Windows, Version 2019) angewandt.

Zur Überprüfung der Schreibweise wurde ChatGPT (Version 4, OpenAI) verwendet.

## 5. ERGEBNISSE

### 5.5.1. Demographie

Insgesamt wurden 18 Patient:innen mit 26 verletzten Augen in die Auswertung eingeschlossen

- Geschlechtsverteilung

83 % der analysierten Fälle (n = 15) betrafen männliche Patienten, dementsprechend entfielen 17% der Verletzungen auf weibliche Patientinnen.

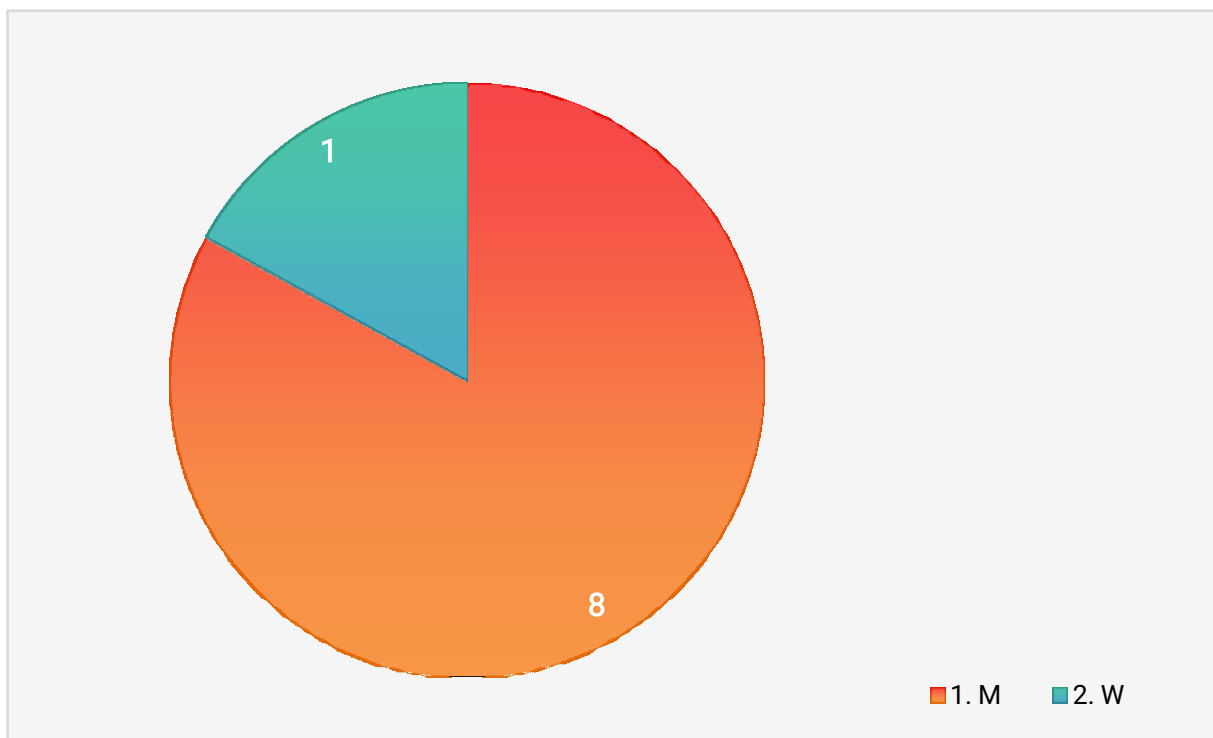


Abb. 4. Verteilung der Verletzungen nach Geschlecht [Quelle: eigene Daten].

### 5.1.2. Altersverteilung

Die folgende Grafik zeigt die Altersverteilung der betroffenen Personen. Es waren Personen zwischen 10 Jahren (Kinder und Jugendliche) und 75 Jahren (älteste Person) betroffen, das durchschnittliche Alter betrug 33 Jahre. (+/- 17 Jahre).

Der Hauptanteil lag in der Altersgruppe von 21–45 Jahren (44 %), wobei 17 % Kinder zwischen 1–12 Jahren und in ebenfalls 17 % Jugendliche ab 13 Jahre betroffen waren.

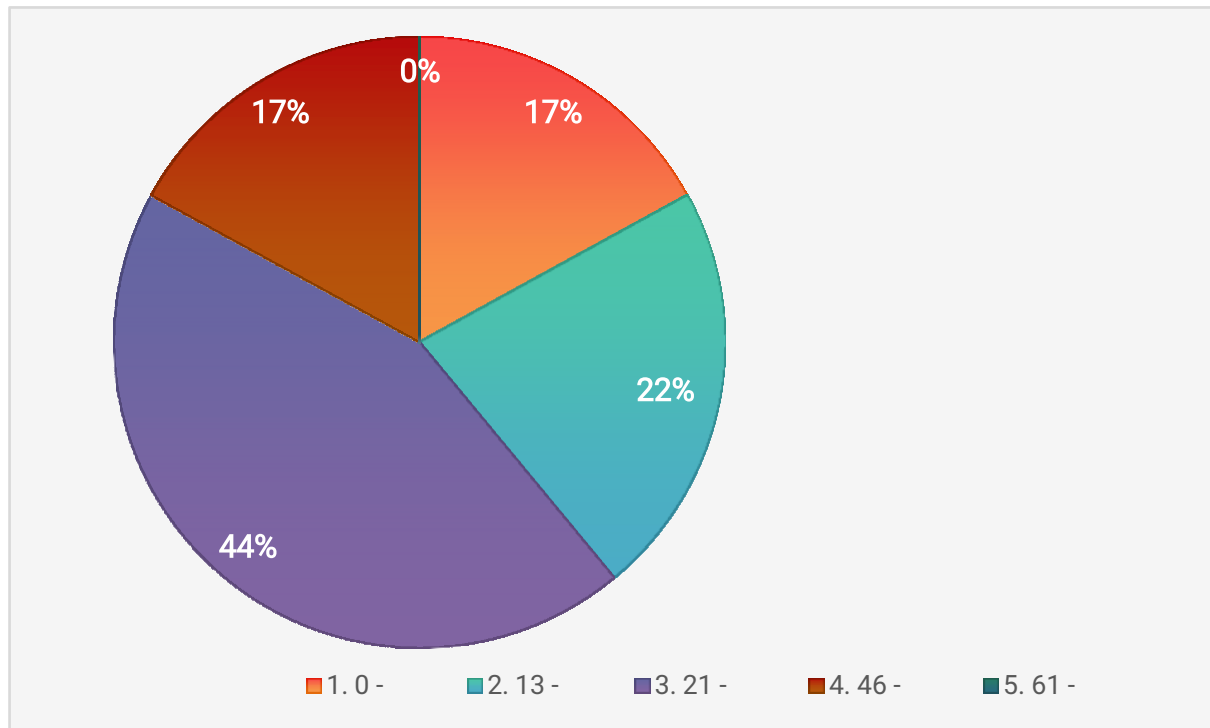


Abb. 5. Altersverteilung der Opfer Silvesterfeuerwerkskörper (2017–2024) [Quelle: eigene Daten].

### 5.1.3. Schweregrad der Verletzungen

Die Mehrheit der dokumentierten Verletzungen (61,1 %, n = 11) war leicht und betraf die Augenoberfläche, wie Bindehautreizungen und Hornhauterosionen [2, 12]. Mittelschwere Verletzungen wurden bei 38,9 % (n = 7) umfassten Prellungsverletzungen. Schwere Verletzungen wurden im genannten Zeitraum nicht beobachtet.

Eine detaillierte Auflistung der Verletzungen hinsichtlich Schweregrad und Begleitverletzungen zeigt Tabelle 4 im Abschnitt „Begleitverletzungen“.

Mehr als die Hälfte der Verletzungen (56 %, n = 10) traf aktive Personen, die das Feuerwerk gezündet haben, In 44 % der Fälle handelte es sich um Verletzungen von Zuschauer:innen, was die unvorhersehbare Gefährlichkeit von Feuerwerkskörpern

unterstreicht.

### 5.2.1. Ein- und beidäugige Verletzungen

Die folgende Grafik zeigt den Prozentsatz der Patient:innen mit einseitigen und beidseitigen Verletzungen. In 44 % waren beide Augen betroffen. Beidseitige Augenverletzungen können das Risiko langfristiger Sehbeeinträchtigungen erheblich erhöhen.

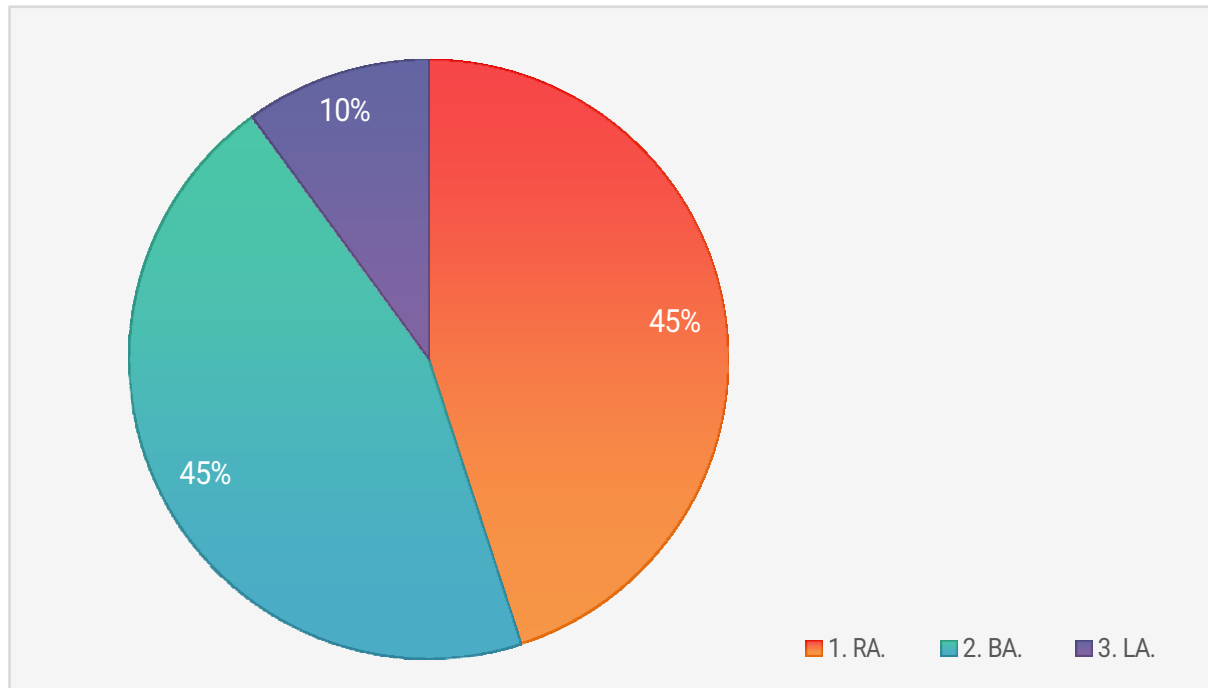


Abb. 6. Statistik der Augenverletzungen – einseitig oder beidseitig [Quelle: eigene Daten].

### 5.2.2. Begleitverletzungen

Zusätzlich zu den Augenverletzungen traten in drei Fällen (16,7 %) kombinierte Verletzungen auf. Konkret wurden Verbrennungen der Gesichtshaut in Verbindung mit einer Thoraxverletzung, eine Verbrennung im Bauchbereich sowie Verletzungen an Ohr und Hand beobachtet.

Die folgende Tabelle fasst die Verletzungen mit Schweregrad, Seite der Verletzung und Begleitverletzungen zusammen.

	Datum der Verletzung/ Datum der Anwendung	Diagnose	Schweregrad	OP ja/ nein	AU / zusätzliches Verletzung	Alter	Geschlecht
1.	01.01.2020/ 01.01.2020	Erosio corneae, Verbrennung des Augnlides	leicht	nein	BA	10	m
2.	01.01.2020/ 01.01.2020	Bindehaut Fremdkörper, subtarsal	leicht	nein	RA	17	m
3.	01.01.2020/ 01.01.2020	Erosio corneae, Verbrennung des Augnlides	leicht	nein	LA	12	m
4.	01.01.2020/ 01.01.2020	Contusio bulbi,  Hyphema,  Erosio corneae	mittel	nein	RA	44	m
5.	01.01.2020/ 01.01.2020	Hornhaut Fremdkörper, Verbrennung des Augnlides	leicht	nein	BA	12	m
6.	01.01.2020/ 01.01.2020	Contusio bulbi, konjunktivale Schwachhend, Hyphema, Sphinkterpupilleläsio n, Linse: zarte Cortextrübung, in GK Blutkoagel	mittel	ja	LA  Verbrennung im Bauchbereich Kopf Verletzung	15	m
7.	02.01.2020/ 02.01.2020	Bindehaut Fremdkörper, subtarsal	leicht	nein	RA	33	f

8.	31.12.2021/	Bindehaut Fremdkörper,	leicht	nein	RA	36	m
	01.01.2022	subtarsal					
9.	01.01.2023/ 01.01.2023	Hornhaut Fremdkörper, Erosio corneae, Bindehaut Fremdkörper, Lidverletzung oberflächlich	mittel	nein	BA, V Finger re. Verletzungen	15	m
10.	01.01.2023/ 01.01.2023	Erosio corneae	leicht	nein	BA, Thorax- und Gesichts - verletzung	29	m
11.	01.01.2023/ 01.01.2023	Bindehaut Fremdkörper, subtarsal	leicht	nein	LA	75	m
12.	31.12.2023/ 31.12.2023	Oberflächliche Verbrennung des Auges	leicht	nein	RA	16	f
13.	31.12.2023/ 01.01.2024	Glaskörper Abhebung, Hyposphagma RA, Hornhautaffektion	mittel	nein	BA	63	m
14.	01.01.2024/ 01.01.2024	Bindehaut Fremdkörper; Verbrennung	mittel	nein	RA/Ohr und an der rechte Hand Verletzungen	63	m
15.	01.01.2024/ 01.01.2024	Erosio corneae	leicht	nein	RA	39	m

16.	01.01.2024/ 01.01.2024	Verletzung des Auges, Irisdialyse LA, Hornhaut Fremdkörper, Bindehaut Fremdkörper, Verbrennung des Augenlides	mittel	nein	BA Gesichts - verletzung	43	m
17.	01.01.2024/ 01.01.2024	Bindehaut Affektion, Hornhautaffektion	leicht	nein	RA	36	f
18.	01.01.2024/ 01.01.2024	Lidverletzung oberflächlich, Bindehaut Fremdkörper, subtarsal, Verbrennung des Auges	mittel	nein	RA	28	m

Tab. 4. Art der Verletzungen durch Feuerwerkskörper [Quelle: eigene Daten].

Eine systematische Überprüfung zeigt die häufigsten Verletzungen durch Feuerwerkskörper [24].

Verlauf der Anzahl der Verletzungen im gesamten Beobachtungszeitraum Dezember 2017 – Jänner 2024

Die folgende Grafik zeigt den Verlauf der Häufigkeit von feuerwerksbedingten Verletzungen über den Beobachtungszeitraum .

Zwischen dem 30. Dezember 2022 und dem 2. Januar 2023 ist nach dem starken Rückgang der Verletzungen während der COVID-19-Pandemie wiederum ein starker Anstieg von feuerwerksbedingten Augenverletzungen zu beobachten

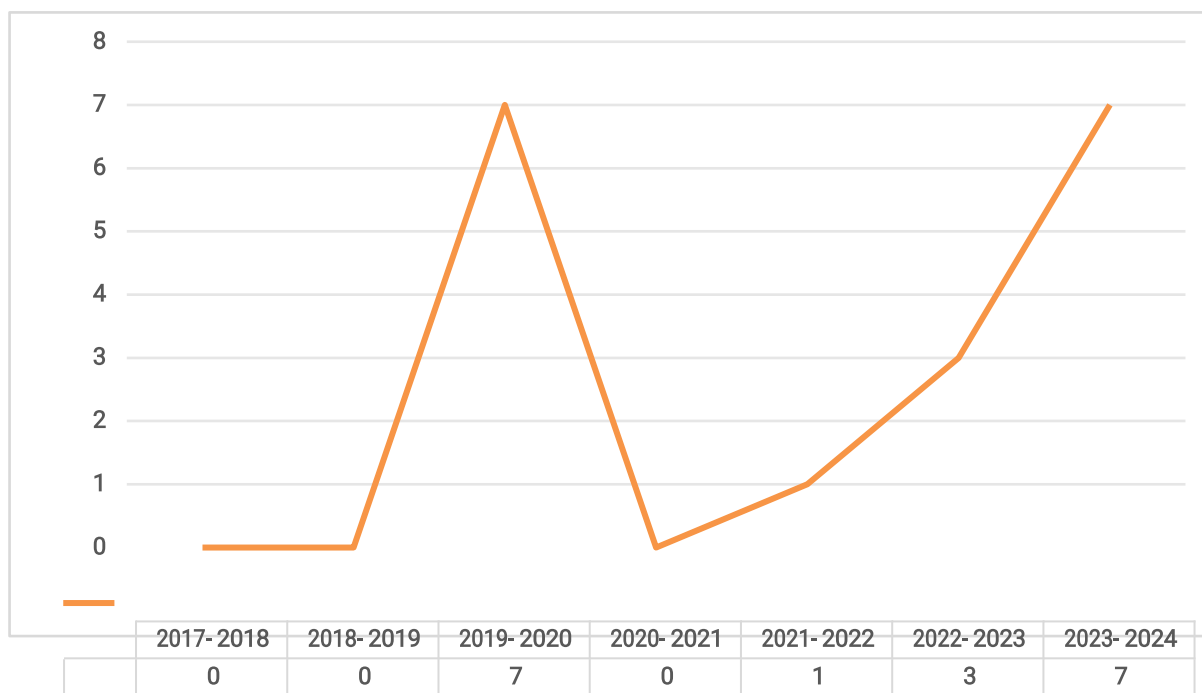


Abb. 7. Zahl der Silvester-Feuerwerksverletzungen pro Jahr (2017–2023) [Quelle: eigene Daten].

In Tab. 7. "Zahl der Silvester-Feuerwerksverletzungen pro Jahr (2017–2023)" wird die Anzahl der dokumentierten Verletzungen durch Feuerwerkskörper im ländlichen dargestellt. Die Tabelle enthält Daten aus der Augenabteilung des LKH-Bruck. Sie zeigt die jährliche Häufigkeit der Verletzungen sowie deren Einteilung nach Schweregrad und Art der Schädigung [17].

Die Daten in Tab. 7. beziehen sich ausschließlich auf Vorfälle während der Silvesterfeiertage. Die Klassifizierung der Verletzungen folgt standardisierten Kriterien, die in den vorherigen Abschnitten erläutert wurden.

Die folgende Grafik (Abb. 8) zeigt die jährlichen Verletzungszahlen im Zeitraum von 2017 bis 2024, unterteilt nach Schweregraden der Verletzungen. Während der COVID-19-Pandemie (2020–2022) wurde ein Rückgang der Verletzungszahlen festgestellt.

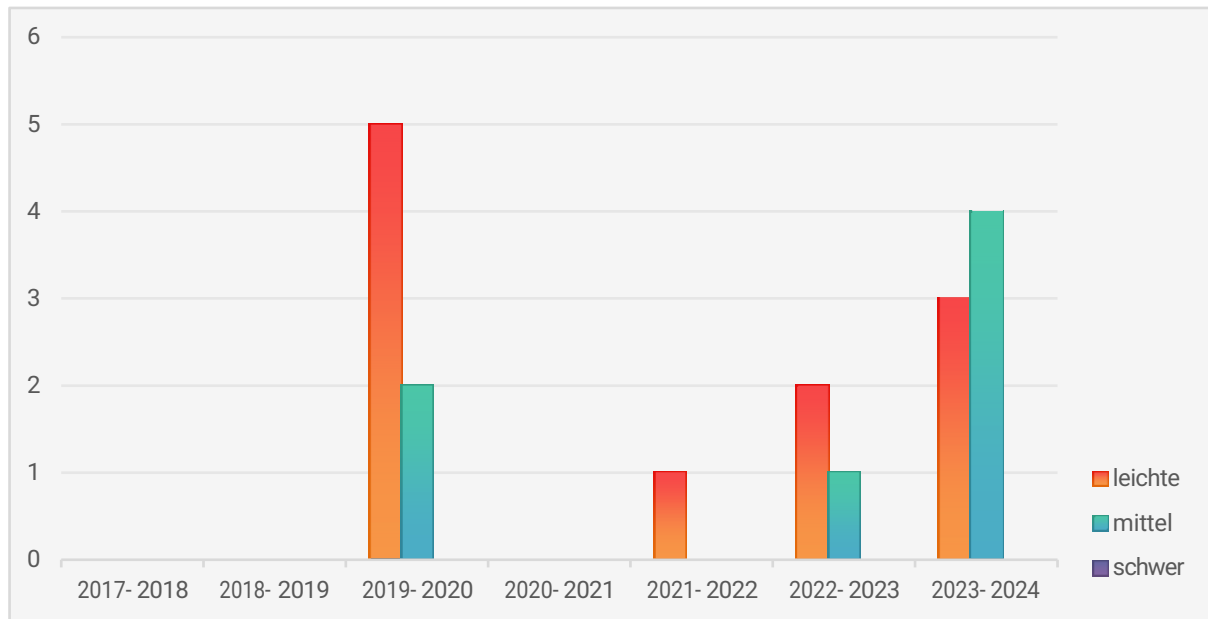


Abb. 8. Veränderung der Verletzungszahlen bezüglich des Schweregrades vor (2020) und nach der Pandemie (2023, 2024) [Quelle, eigene Daten].

Im Zeitraum nach der Pandemie (2023–2024) stiegen die Verletzungszahlen, insbesondere die mittelschweren Verletzungen, deutlich an. Schwere Verletzungen wurden nicht dokumentiert, wie bereits in Tabelle 4 dargestellt.

## 6. DISKUSSION

In der aktuellen Studie wurden Patient:innen mit feuerwerksbedingten Verletzungen, die jeweils vom 30. Dezember bis 2. Januar der Jahresübergänge 2017/18 bis 2023/24 in der Augenambulanz der Augenabteilung Bruck/LKH Hochsteiermark vorstellig wurden, evaluiert und Ergebnissen aus Graz und der Literatur gegenübergestellt [29]. Die Augenabteilung Bruck/LKH Hochsteiermark hat im Unterschied zu Graz ein ländliches Einzugsgebiet bis hin in den alpinen Bereich und dient als Beispiel für die ländlichere Regionen. Des Weiteren wurden die Jahre 2017 bis Januar 2024 betrachtet und somit Daten aus der Zeit vor, während und nach der Pandemie und damit auch die Auswirkungen von Restriktionen auf die Verletzungshäufigkeiten erhoben.

### 6.1. Demografische Merkmale und Verletzungsmuster

Von den 18 dokumentierten Fällen waren 83 % männlich, ein Ergebnis, das die internationale Beobachtung bestätigt, wonach Männer häufiger aktiv am Zünden von Feuerwerkskörpern beteiligt sind [7, 8]. Rund 33 % der Verletzten waren unter 20 Jahre alt, wobei Kinder bis 12 Jahre in 17 % der Fälle betroffen waren. Diese Verteilung spiegelt typische Risikofaktoren wider, wie mangelnde Aufsicht oder Neugier bei jüngeren Betroffenen.

Erwachsene ab 20 Jahren stellten die größte Gruppe mit 67 % dar. Sie zeigten oft risikoreiches Verhalten, insbesondere während Feierlichkeiten, wobei ein Zusammenhang mit Alkoholkonsum in der Literatur gut dokumentiert ist [15].

Von allen Verletzten waren 56 % aktive Teilnehmer:innen am Zünden von Feuerwerkskörpern, während 44 % Zuschauer:innen waren. Diese Verteilung entspricht dem bekannten Verletzungsrisiko auch für Umstehende und verdeutlicht die Notwendigkeit präventiver Maßnahmen [9], insbesondere Mindestabstände und Aufklärungsinitiativen.

Die meisten Verletzungen (61 %) waren leicht und betrafen oberflächliche Strukturen wie die Hornhaut, während 39 % als mittelschwer eingestuft wurden. Schwere

Verletzungen oder Langzeitfolgen wurden nicht dokumentiert. Nur in einem Fall war ein chirurgischer Eingriff notwendig.

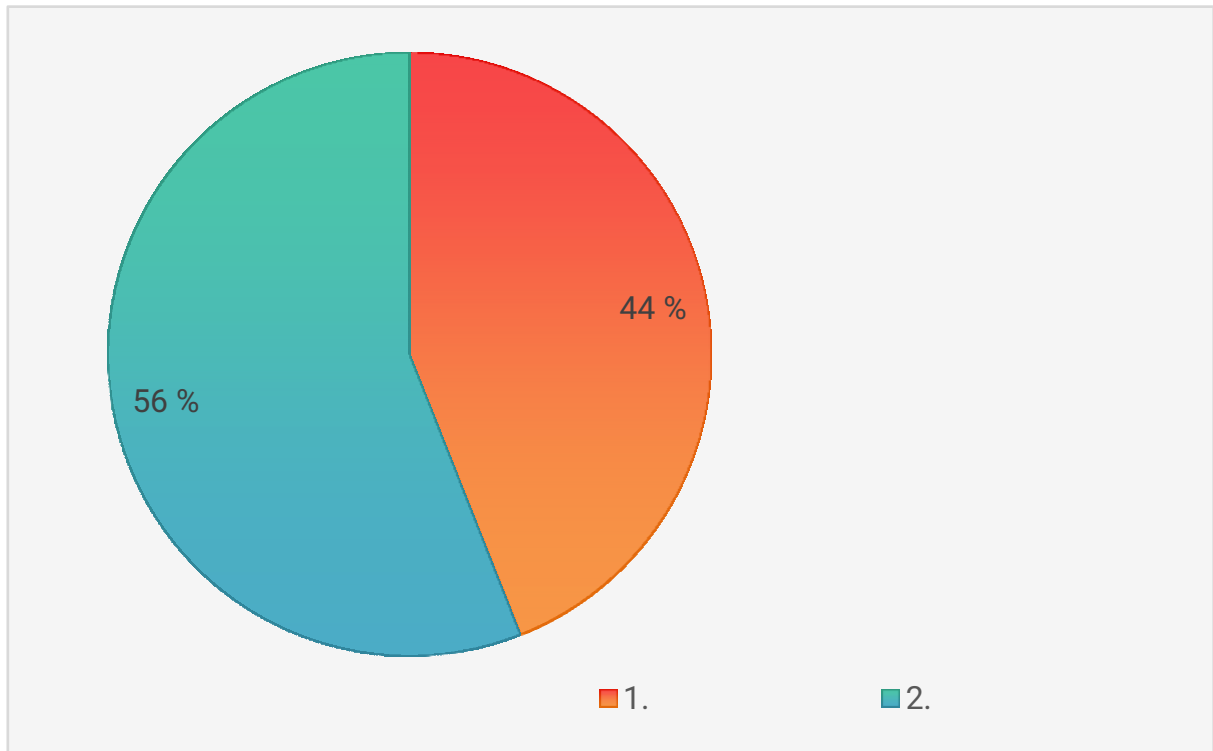


Abb. 9. Verletzungen aktiven Teilnehmer:innen (56 %) und Zuschauer:innen (44 %) [Quelle eigene Daten].

Die Verteilung der Verletzungen zwischen aktiven Teilnehmer:innen (56 %) und Zuschauer:innen (44 %) verdeutlicht das Risiko für beide Gruppen.

Diese Studie untersucht auch, ob Unterschiede in der Häufigkeit und den Verletzungsparametern zwischen Versorgungseinrichtungen mit ländlichem und städtischem Einzugsgebiet anhand der Ambulanzinanspruchnahme beobachtet werden können. In städtischen Gebieten könnte die höhere Bevölkerungsdichte in Verbindung mit einem häufigeren Einsatz von Feuerwerkskörpern das Verletzungsrisiko erhöhen. In ländlichen Regionen hingegen wird vermutet, dass geringere Kontrollen und ein weniger regulierter Umgang mit Feuerwerkskörpern das Risiko beeinflussen. Der Zugang zur medizinischen Versorgung ist in städtischen Gebieten möglicherweise schneller, was die Prognose von Verletzungen positiv beeinflussen könnte. Allerdings wurden die langfristigen Folgen der untersuchten Verletzungen in dieser Studie nicht betrachtet.

## 6.2. Typische Verletzungen

Die dokumentierten Verletzungen in dieser Studie stimmen mit den typischen Verletzungsmustern überein, die in der Literatur beschrieben werden [20, 25, 26]. Am häufigsten traten thermische Verbrennungen und Verletzungen der Hornhautoberfläche, wie Erosionen und Fremdkörperverletzungen, auf (61 %) [10, 13, 17]. Dies wird auch in Studien bestätigt: „Thermische und mechanische Verletzungen machen die Mehrheit der durch Feuerwerkskörper verursachten Augenverletzungen aus, wobei sie in über 60 % der dokumentierten Fälle auftreten“ [13].

Mittelschwere Verletzungen wie Kontusionen, Hyphämata oder leichte Schädigungen der Linse wurden in 39 % der Fälle beobachtet. In einem Fall trat eine traumatische Katarakt auf, die jedoch nicht als repräsentativ für die Mehrheit der Verletzungen gewertet wird. Diese Einzelfälle spiegeln spezifische Risikofaktoren wider, die in der Literatur beschrieben werden:

„Traumatische Katarakte treten selten auf, sind jedoch typische Folge schwerer mechanischer Augenverletzungen“ [3, 26] .

Schwere Verletzungen wie Netzhautschäden oder andere komplexe Augenschäden, die in urbanen Regionen häufiger vorkommen, wurden in dieser Studie aus Bruck nicht dokumentiert. Internationale Studien berichten: „Netzhautschäden und perforierende Verletzungen sind in städtischen Gebieten häufige Komplikationen aufgrund des Gebrauchs gefährlicherer Feuerwerkskörper“ [2].

Die Ergebnisse aus Bruck bestätigen, dass ländliche Regionen insgesamt ein geringeres Risiko schwerer Verletzungen aufweisen, was auf restriktivere Vorschriften und eine niedrigere Bevölkerungsdichte zurückzuführen sein könnte.

## 6.3. Regionale Unterschiede

Die Studie untersuchte auch regionale Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Gebieten. Während in städtischen Regionen laut Literatur bis zu 62 % aller dokumentierten Verletzungen auftreten, zeigten die Daten aus Bruck, dass die meisten Verletzungen leicht bis mittelschwer waren. Netzhautschäden oder traumatische Katarakte, die in urbanen Zentren häufiger vorkommen, wurden in Bruck

nicht beobachtet. Die Literatur beschreibt: „In urbanen Regionen erhöhen eine dichtere Bevölkerung und der einfachere Zugang zu gefährlichen Feuerwerkskörpern das Risiko schwerer Verletzungen“ [2, 28]. Eine systematische Überprüfung ergab, dass auch internationale Daten vergleichbare regionale Unterschiede bei den Verletzungsraten bestätigen können, insbesondere in Bezug auf den rechtlichen Rahmen und die Bevölkerungsdichte [9, 25]. Umgekehrt können restriktivere Rechtsvorschriften und eine geringere Bevölkerungsdichte in ländlichen Gebieten das Verletzungsrisiko verringern.

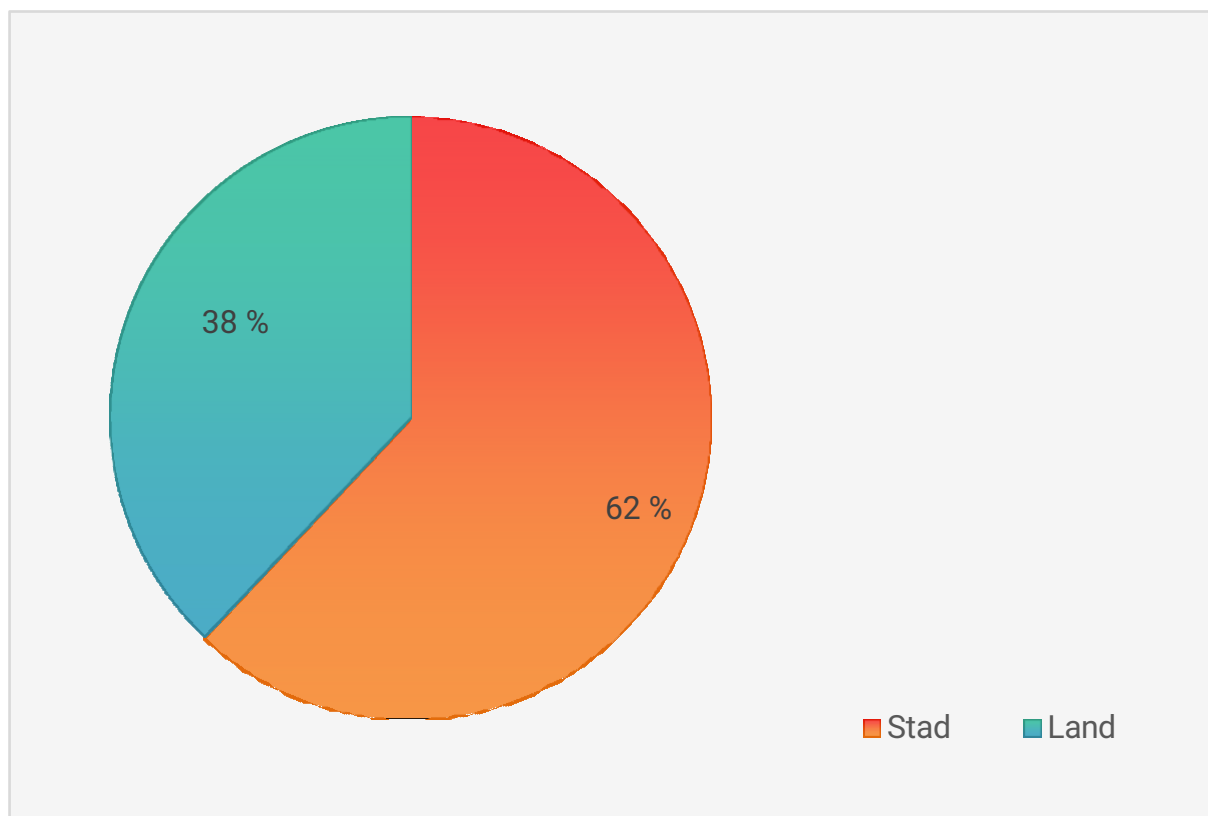


Abb. 10. In % Verletzungen in städtischen und ländlichen Gebieten auftraten [Quelle: eigene Daten].

#### 6.4. Pandemiebedingte Trends

Die COVID-19-Pandemie hatte erhebliche Auswirkungen auf die Häufigkeit und Schwere feuerwerksbedingter Verletzungen [6]. Während der Pandemie (2020–2022) wurde in Bruck ein Rückgang der Verletzungen um ca. 35 % beobachtet [6]. Dies steht im Einklang mit internationalen Studien, die ähnliche Trends dokumentieren: restriktive Maßnahmen während der Pandemie führten zu einem signifikanten Rückgang der durch Feuerwerkskörper verursachten Verletzungen“ [2, 24].

Nach der Lockerung der Pandemieeinschränkungen im Jahr 2023 stieg die Zahl der Verletzungen in Bruck wieder an. Die Literatur beschreibt ähnliche Entwicklungen: Die Literatur beschreibt ähnliche Entwicklungen: Die Aufhebung restriktiver Maßnahmen

korreliert mit einem Anstieg feuerwerksbedingter Verletzungen, insbesondere in ländlichen Regionen [6].

Abb. 9: Verteilung der Verletzungen in städtischen und ländlichen Gebieten zeigt, dass in Bruck insgesamt mildere Verletzungen vorherrschen, während in städtischen Regionen schwerere Fälle dokumentiert werden.

### 6.5. Ländliche Gebiete:

insbesondere thermischen Verbrennungen und tiefen Hornhautschäden (38 % aller Fälle).

Kinder waren in ländlichen Regionen überdurchschnittlich häufig betroffen.

Die höhere Rate an schweren Verletzungen in ländlichen Regionen erfordert gezielte Präventionsmaßnahmen und eine verbesserte Notfallversorgung.

Die folgende Grafik zeigt die Häufigkeiten der beobachteten Verletzungen im Vergleich

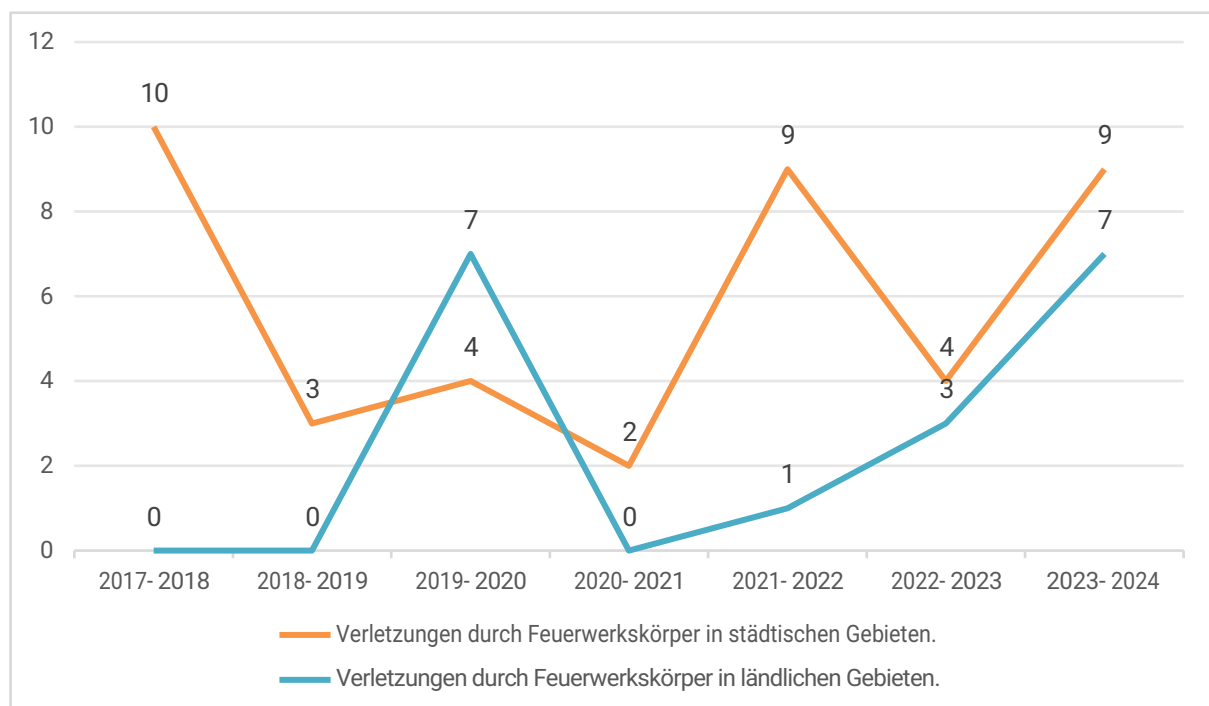


Abb. 11. Unterschiede in städtischen und ländlichen Gebieten am Beispiel Bruck versus Graz [Quelle:2, eigene Daten].

Ähnliche Trends wie in Österreich wurden auch international dokumentiert. In den Niederlanden führte die Einführung von Verkaufsverboten und umfassenden Aufklärungskampagnen während der Pandemie zu einer Reduktion der Verletzungen um 35 %

[6, 28]. Langfristig konnte durch diese Maßnahmen eine weitere Reduktion von 20–25 % erzielt werden. Auch in Deutschland wurde ein Rückgang der Verletzungen um 30 % während der Pandemie verzeichnet [2, 28]. Langfristig sanken die Verletzungszahlen um 15–20 %, insbesondere in urbanen Gebieten, wo strengere Regulierungen konsequent durchgesetzt wurden.

Die folgende Tabelle fasst die internationalen Daten im Vergleich zu Österreich zusammen:

Land	Rückgang der Verletzungen während der Pandemie	Langfristiger Rückgang durch Regulierungen	Schwere Verletzungen
Niederlande [28]	35%	20–25 %	10%
Deutschland [28]	30%	15–20 %	10%
Österreich Stadt	30%	15–20%	10%
Österreich Land	25%	10-15%	15%

Tab. 5. Vergleich der Verletzungen in verschiedenen Ländern [28 und eigene Daten]

## 6.6. Langfristige Auswirkungen

Langfristige Folgen von Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper können schwerwiegend sein [27]. Dazu gehören:

- Posttraumatische Belastungsstörungen (PTBS), die sowohl psychische als auch soziale Folgen haben.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stehen im Einklang mit Studien aus Deutschland, [28] den Niederlanden [28] und Österreich [29, 24]. Besonders hervorzuheben ist die Wirksamkeit von Verkaufsverboten und Aufklärungskampagnen in den Niederlanden, die zu einer signifikanten Reduktion der Verletzungsrate führten [15, 29, 23, 24].

## 6.7. Präventionspotenzial

Die Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit gezielter Maßnahmen; Was kann jeder Einzelne tun, um schwere Augenverletzungen in Zukunft zu vermeiden? Kurzfristig sind Aufklärungskampagnen über die Gefahren von Feuerwerkskörpern, sinnvoll und notwendig,

z.B. durch entsprechende öffentliche Ankündigungen im Fernsehen, Radio und Internet sowie in Zeitschriften und Zeitungen. Die Reste von gebrauchten Feuerwerkskörpern sollten von der Person, die sie gezündet hat, unverzüglich beseitigt werden, um eine Gefährdung von Kindern und Personen, die sie später entsorgen, zu vermeiden. Gleichzeitig sollte das obligatorische Tragen von Schutzbrillen empfohlen werden, z.B. durch den obligatorischen Verkauf von zertifizierten Schutzbrillen zusammen mit Feuerwerkskörpern. Durch geeignete gesetzliche Maßnahmen, wie das Verbot des Verkaufs bestimmter pyrotechnischer Erzeugnisse und die Verkürzung der Abbrennzeiten privater Feuerwerke, konnte die Zahl der durch Feuerwerkskörper verursachten Verletzungen deutlich gesenkt werden. Da es jedoch trotz geeigneter Sicherheitsmaßnahmen zu Verletzungen von Teilnehmern und Zuschauer:innen kommen kann, ist es wichtig, ein Höchstmaß an Kontrolle bei öffentlichen Feuerwerken zu gewährleisten.

„Seit dem Jahreswechsel 2017/18 erhebt die Gesellschaft der Österreichischen Augenärzte die Anzahl der Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper nach Silvesterunfällen. Besonders schlimm war gleich das erste Erhebungsjahr 2017/18 mit insgesamt 86 gemeldeten Unfällen aus den rund 25 österreichischen Augenabteilungen, fast die Hälfte davon in Wien. Im Jahr 2020/21 sank diese Zahl durch den pandemiebedingten Lockdown auf nur acht Fälle. Im Vorjahr stieg die Zahl der Augenverletzungen rund um Silvester 2021/22 dann wieder auf bundesweit 42 gemeldete Fälle an“ [28].

Für ländliche Gebiete in Österreich fehlen spezifische und detaillierte Daten zu feuerwerksbedingten Augenverletzungen.

Wisse et al. (2010) stellen fest: „In urbanen Regionen ist die Zahl der Verletzungen signifikant höher als in ländlichen Gebieten“.

Daten aus Deutschland zeigen, dass „80 % der Verletzungen durch Feuerwerkskörper in urbanen Regionen auftreten“ [2]. Für ländliche Gebiete liegen keine vergleichbaren spezifischen Untersuchungen vor.

„Eine Untersuchung, die sowohl urbane als auch rurale Regionen detailliert betrachtet, liegt bisher weder in Deutschland noch international vor“ [2].

#### 6.8. Limitations:

Das retrospektive, monozentrische Design dieser Studie ermöglicht eine detaillierte Analyse einzelner Fälle (n = 18) und liefert wertvolle Einblicke in die spezifischen Merkmale feuerwerksbedingter Augenverletzungen. Die Ergebnisse können als Grundlage für weiterführende Untersuchungen in größeren Populationen und multizentrischen Studien dienen.

## 7. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Analyse zeigt, dass feuerwerksbedingte Augenverletzungen im ländlichen Raum überwiegend leicht bis mittelschwer sind (61,1 % leichte, 38,9 % mittelschwere Verletzungen betruhen) und keine schweren Fälle dokumentiert wurden. Während der COVID-19-Pandemie sank die Zahl der Verletzungen um 35 %, was die Effektivität restriktiver Maßnahmen unterstreicht [2]. Nach der Lockerung der Einschränkungen stiegen die Fallzahlen wieder an, insbesondere im mittelschweren Bereich. 56% der Verletzten waren aktive Teilnehmer, 44 % Zuschauer:innen, Die Einführung präventiver Maßnahmen könnte das Risiko für beide Gruppen reduzieren [7]. Da 88,89 % der Patient:innen am 1. Januar behandelt wurden, könnte eine Anpassung der medizinischen Versorgung in dieser Zeit sinnvoll sein. In den Niederlanden haben Verkaufsverbote die Verletzungszahlen deutlich gesenkt. Strengere Verkaufsvorschriften und Schutzmaßnahmen könnten überall dazu beitragen [2, 30].

## 8. LITERATURQUELLEN

1. Acharya I, Raut AA. Siderosis Bulbi. [Aktualisiert 30. Januar 2023]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567781/> (Zugriff am 26.06.2025).
2. Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper: Schützen Sie Ihre Kinder und sich selbst! – DOG.org. [Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper: Schützen Sie Ihre Kinder und sich selbst! - DOG.org](#) (Zugriff am 26.06.2025).
3. AWMF-Leitlinie 045-018: Akute Verätzung am Auge. Verfügbar unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/045-018l\\_S1\\_Akute-Veraetzung-am-Auge\\_2021-01\\_1.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/045-018l_S1_Akute-Veraetzung-am-Auge_2021-01_1.pdf) (Zugriff am 26.06.2025).
4. Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT). EyeWiki. Verfügbar unter: [https://eyewiki.org/Birmingham\\_Eye\\_Trauma\\_Terminology\\_\(BETT\)](https://eyewiki.org/Birmingham_Eye_Trauma_Terminology_(BETT)) (Zugriff am 26.06.2025).
5. Bundesministerium für Inneres. Pyrotechnikverordnung 2010 (PyroTG 2010), BGBl. II Nr. 389/2010. Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20006814> (Zugriff am 26.06.2025).

6. Cindy C. Bitter, Zidong Zhang, Andrew W. Talbert, Alizabeth K. Weber, Leslie Hinyard. (2024). Verletzungen durch Feuerwerk nehmen in den Vereinigten Staaten zu: Eine Analyse der Stichprobe der nationalen Notaufnahme. PMC. DOI: [10.1007/s00347-024-06677-6](https://doi.org/10.1007/s00347-024-06677-6) (Zugriff am 26.06.2025).
7. Wisse, R. P. L., et al. Firework-related eye injuries in children and adolescents: a 15- year retrospective study in Germany. Eur J Pediatr. 2021. DOI: [10.1007/s00431-021-04052-1](https://doi.org/10.1007/s00431-021-04052-1) (Zugriff am 26.06.2025).
8. Feuerwerksbedingte Augenverletzungen: Eine systematische Überprüfung und Metaanalyse klinischer Ergebnisse und Präventionsstrategien. Delhi Journal of Ophthalmology, 34(4), 261–269. DOI: [10.4103/DLJO.DLJO\\_182\\_24](https://doi.org/10.4103/DLJO.DLJO_182_24) (Zugriff am 26.06.2025).
9. Fisch, R., Richard S. Davidson. (2010). Management of ocular thermal and chemical injuries, including amniotic membrane therapy. Current Opinion in Ophthalmology, 21(4), 317–321. DOI: [10.1097/ICU.0b013e32833c2f36](https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32833c2f36) (Zugriff am 26.06.2025).
10. Fockerzi, V., Schick, B., Bozzato, A. (2023). Bericht über feuerwerksbedingte Knalltraumata zum Jahreswechsel 2021/2022. HNO, 1/2023. Verfügbar unter: <https://www.springermedizin.de/hno-1-2023/23919948> (Zugriff am 26.06.2025).
11. Frimmel, S., de Faber, J. T., Wubbels, R. J., Kniestedt, C., & Paridaens, D. (2018). Type, severity, management and outcome of ocular and adnexal firework-related injuries: The Rotterdam experience. Acta Ophthalmologica, 96(6), 607–615. DOI: [10.1111/aos.13711](https://doi.org/10.1111/aos.13711) (Zugriff am 26.06.2025).

12. Fähler, Eberhard. Feuerwerke des Barock: Studien zur öffentlichen Festkultur und ihrer literarischen Deutung vom 16. bis 18. Jahrhundert. Stuttgart: J.B. Metzler, 1974. ISBN 978-3-476-00276-1.
13. Gabel-Pfisterer, A., Lang, S. J., Boehringer, D., Agostini, H., de Geus, L. C., de Faber, J. T., & the German Firework Study Group. (2024). Significant increase of firework induced eye injuries in Germany and The Netherlands—are we doing enough to protect minors and bystanders? *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 263[(7), 1235–1242. DOI: [10.1007/s00417-024-02284-z](https://doi.org/10.1007/s00417-024-02284-z) Eye injuries from fireworks used during celebrations and associated vision loss: the international globe and adnexal trauma epidemiology study (IGATES). | Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology4-06677-6 (Zugriff am 26.06.2025).
14. Harrison L, Yee P, Sundararajan M, Ding L, Feng S. Local Firework Restrictions and Ocular Trauma. *JA* <https://link.springer.com/article/10.1007/s00417-021-05284-z>MA *Ophthalmology*. 2024;142(1):33–38. DOI: [10.1001/jamaophthalmol.2023.5698](https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2023.5698) (Zugriff am 26.06.2025).
15. Harvard Medical School. (2014). Benchmark Protocols for Managing Eye Trauma. Verfügbar unter: <https://eye.hms.harvard.edu/eyeinsights/2014-april/benchmark-protocols-managing-eye-trauma> (Zugriff am 26.06.2025).
16. IGATES Firework Study Group. Firework-related ocular trauma in Europe: an international multicenter study. *Acta Ophthalmologica*. 2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34453604/> (Zugriff am 26.06.2025).

17. Kuhn, F., Morris, R., Witherspoon, C. D., Mester, V. (2004). Das Birmingham Eye Trauma Terminology System (BETT). *J. Fr. Ophtalmol*, 27(2), 206–210. DOI: 10.1016/s0181-5512(04)96122-0 (Zugriff am 26.06.2025).
18. Landesweite Studien aus den Niederlanden und Finnland zur Häufigkeit von Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper unter dem Einfluss verschiedener Schutzmaßnahmen. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s00347-019-00998-2> (Zugriff am 26.06.2025).
19. Liang, Y., Liang, S., Liu, X., et al. (2021). Intraokulare Fremdkörper: Klinische Merkmale und Faktoren, die das Sehergebnis beeinflussen. *Journal of Ophthalmology*. DOI: [10.1155/2021/9933403](https://doi.org/10.1155/2021/9933403) (Zugriff am 26.06.2025).
20. Ma, J., Wang, Y., Zhang, J., & Li, X. (2021). Outcomes and Prognostic Factors of Posttraumatic Endophthalmitis: A Three-Year Retrospective Study. *Journal of Ophthalmology*, 2021, Article ID 6634179. DOI: [10.1155/2021/6634179](https://doi.org/10.1155/2021/6634179) (Zugriff am 26.06.2025).
21. Neelakshi Bhagat, Saya Nagori, Marco Zarbin. (2011). Posttraumatische infektiöse Endophthalmitis. *Survey of Ophthalmology*, 56(3), 214–251. DOI: [10.1016/j.survophthal.2010.09.002](https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2010.09.002) (Zugriff am 26.06.2025).
22. Shah, P., Lee, G. A. *Ocular trauma: principles of management*. *BMJ*. 2019;366:l4616. DOI: [10.1136/bmj.l4616](https://doi.org/10.1136/bmj.l4616) (Zugriff am 26.06.2025).

23. Salmon, J. F. (2024). Kanski's Clinical Ophthalmology: A Systematic Approach (10th ed.). Elsevier. ISBN: 0443110999
24. Schrage, N. F., Struck, H. G., Gerard, M. (2011). Empfehlungen zur Akutbehandlung von Verätzungen und Verbrennungen der Augen und Lider. Ophthalmologie, 108, 916–920. Verfügbar unter: <https://www.prevor.com/app/uploads/sites/4/2020/09/ophtalmologie-schrage-10.2011-empfehlung.pdf> (Zugriff am 26.06.2025).
25. Statistisches Bundesamt Deutschland. Verletzungen durch Pyrotechnik (2017–2024). [https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahreswechsel/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahreswechsel/_inhalt.html) Jahreswechsel - Statistisches Bundesamt (Zugriff am 26.06.2025).
26. Turgut F, Bograd A, Jeltsch B, Weber A, Schwarzer P, Ciotu IM, Amaral J, Menke MN, Thommen F, Tandogan T, Tappeiner C. Occurrence and outcome of firework-related ocular injuries in Switzerland: A descriptive retrospective study. BMC Ophthalmol. 2022;22:296. [doi:10.1186/s12886-022-02513-9](https://doi.org/10.1186/s12886-022-02513-9) (Zugriff am 26.06.2025)
27. Van Yperen, D. T., Van Lieshout, E. M. M., Dijkshoorn, J. N., Van der Vlies, C. H., & Verhofstad, M. H. J. (2021). Injuries, treatment, and impairment caused by different types of consumer fireworks: Results of a 10-year multicenter retrospective cohort study. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 29(1), 11. [DOI: 10.1186/s13049-020-00811-z](https://doi.org/10.1186/s13049-020-00811-z) (Zugriff am 26.06.2025).
28. Walsh, A., Lewis, K. (2023). EMS-Management von Augenverletzungen. In:

StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Verlag. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK585131/> (Zugriff am 26.06.2025).

29. Wisse, R. P. L., Bijlsma, W. R., Stilma, J. S. (2010). Ocular firework trauma: a systematic review on incidence, severity, outcome and prevention. *British Journal of Ophthalmology*, 94(12), 1586–1591. [DOI: 10.1136/bjo.2009.168419](https://doi.org/10.1136/bjo.2009.168419) (Zugriff am 25.06.2025).

30. Wolf, A., Schrader, W., Agostini, H. (2019). Diagnostik und Akuttherapie von Augenverletzungen durch Feuerwerkskörper. *Ophthalmologie*, 116(11), 1152–1161. [DOI: 10.1007/s00347-019-01000-9](https://doi.org/10.1007/s00347-019-01000-9) (Zugriff am 26.06.2025).