Alles nur Spielzeug? Eine Untersuchung verschiedener Geschossspielzeuge hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials

Hintergrund

Spielzeugwaffen lassen sich in vielen Kinderzimmern finden. Spielfiguren werden häufig mit Miniaturwaffen ausgerüstet, Pistolen mit Zündplättchen sind oft Bestandteil eines Cowboy- oder Polizeikostüms, und mit Wasserpistolen lassen sich in den Sommermonaten im Freien Freunde erschrecken. Wenn sich mit dem Spielzeug ein Projektil, Pfeil oder Bolzen verschießen lässt, spricht man von einem Geschossspielzeug. Typische Geschosse sind Pfeile mit Saugnapf, Schaumstoffdarts mit einer elastischen Spitze oder Schaumstoffbälle. Die notwendige Energie wird in der Regel durch eine gespannte Feder oder ein gedehntes Gummiseil gespeichert und nach Betätigung eines Abzugs, z. B. durch Luftdruck, auf das Geschoss übertragen. Um trotz der vergleichsweise geringen Energie eine hohe Geschwindigkeit der Geschosse zu ermöglichen, sind diese i. Allg. sehr leicht gehalten. Besonders beliebt sind Spielzeugpistolen der Marke Nerf (Fa. Hasbro, USA). Der Begriff „Nerf Blaster“ gilt in der Fangemeinde als Synonym für Schaumstoffdarts und -bälle verschießende Spielzeuge unterschiedlicher Hersteller [1]. Durch stetige Weiterentwicklung der Waffen werden immerschnellere Geschosse mit höherer Reichweite erzielt. Das neueste Nerf-Modell soll nach Angaben des Herstellers Softdarts mit einer Geschwindigkeit von 120 „feet per second“ (etwa 132 km/h) schießen, weshalb die amerikanische Verbraucherschutzor-

ganisation W.A.T.C.H. (World Against Toys Causing Harm Inc.) 2019 das Modell „Nerf Ultra One“ in ihre Liste mit dem Titel „10 worst toys“ aufnahm. Als Begründung wird auf die von den Nerf-Pfeilen ausgehenden Gefahren für das Auge hingewiesen [2].

In der Vergangenheit sind insbesondere sog. Softair-Pistolen mit Verletzungen am Auge in Verbindung gebracht worden. Dabei handelt es sich um Luftdruckwaffen, die Kunststoffkugeln mit einem Durchmesser von 6 mm und einem Gewicht zwischen 0,12 und 0,2 g verschießen. Modelle bis zu einer Geschossenergie von 0,5 J können in Deutschland ab 14 Jahren gekauft werden, da sie zwar über dem Energiegrenzwert der Spielzeugrichtlinie liegen, aber unterhalb dem des Waffenrechts [3, 4]. Kasuistisch wird von Einblutungen in die vordere Augenkammer (Hyphäma), Kratzern und Ödemen auf der Hornhaut sowie Schädigungen der Netzhaut berichtet [5–7].

Doch auch Geschossspielzeuge der Marke Nerf wurden in den vergangenen Jahren im Zusammenhang mit Augenverletzungen erwähnt. Dabei muss bedacht werden, dass sich diese Spielzeuge an eine noch jüngere Zielgruppe richten als Softair-Pistolen. Neben Hyphämata wird u. a. auch von Entzündungen und Ödemen der Cornea und schwerwiegenden Schädigungen der Retina berichtet [8–10]. In den bisherigen Publikationen über Verletzungen durch Geschossspielzeuge wird nur in einem Fall explizit das involvierte Modell als „Nerf N-Strike

Elite Rampage Blaster“ angegeben [9]. Die Beschreibung der Geschosse lässt in allen Fällen jedoch auf Schaumstoffdarts und Schaumstoffbälle wie jene, die von Nerf Pistolen verschossen werden, schließen. Weiterhin wurde berichtet, dass, laut Angabe von Eltern, Softdarts von Drittherstellern bei Treffern auf der Haut mehr schmerzen als jene, die dem Spielzeug beiliegen [8].

Standardisierungsorganisationen wie die US-amerikanische Standardisierungsorganisation ASTM International oder das Deutsche Institut für Normung (DIN) legen in Normen Sicherheitsanforderungen für Spielzeug fest. So dürfen laut DIN EN 71-1 harte Geschosse eine maximale kinetische Energie von 0,08 J aufweisen [3]. „Erbsenpistolen“ lassen sich so etwa dieser Kategorie zuordnen. Stärkere Geschosse müssen einen vorderen Teil aus einem elastischen Material aufweisen. Bis 2018 galt dabei eine kinetische Energie von 0,5 J als Grenzwert für solche Projektile. Die aktuelle Fassung der DIN-Norm sieht als neue Messgröße die kinetische Energiedichte vor [11]. Demnach dürfen Geschosse einen Grenzwert von 2500 J/m² nicht überschreiten. Die kinetische Energiedichte wird in der Literatur als wesentliche Größe mit dem Ausmaß von Schussverletzungen in Verbindung gebracht [12]. Das für die Ermittlung der kinetischen Energiedichte notwendige Messen der Trefferfläche stellt für Prüfeinrichtungen derzeit ein Problem dar, da die in der

Abb. 1 ▲ Ausgewählte Geschossspielzeuge: Nerf Rival Kronos (Fa. Hasbro, USA), X-Shot Chaos Orbit (Fa. Zuru, Neuseeland), Nerf Elite Disruptor (Fa. Hasbro, USA), 2-in-1-Gel-Blaster (Fa. Zhenduo Toys, China), Kings Sport Cross-bow (Fa. Kings Sport, China), Gapola Armbrust (Fa. Gapola, Deutschland), Black Series Pistole (Fa. Black Series, China), Mini Armbrust (unbekannter Hersteller, neutraler Versand); von links oben nach rechts unten

Abb. 2 ▲ Projektile der Geschossspielzeuge. Horizontale Linien im Abstand von 2 cm: Kings-Sport-Saugnapfpfeil (oben), Mini-Armbrust-Zahnstocherbolzen, Gapola-Saugnapfpfeil, Black-Series-Projektile, 2-in-1-Saugnapf-Softdart, Nerf-Elite-Softdart, X-Shot-Chaos-Schaumstoffball, Nerf-Rival-Schaumstoffball (von links nach rechts)

DIN-Norm beschriebenen Verfahren als nichtreproduzierbar angesehen werden.

Stumpfe Bulbustramata finden sich hauptsächlich nach Sportunfällen oder körperlichen Auseinandersetzungen [13, 14]. Neben den Sofortkomplikationen, die oft eine Beeinträchtigung des Sehvermögens und Schmerzen bedeuten, sind auch Spätfolgen möglich, wie die Ausbildung eines Sekundärglaukoms, einer Katarakt oder einer Retinaablösung [15, 16]. Komplikationen dieser Art können auch nach jahrelanger Latenzzeit nach dem erfolgten Bulbustrama auftreten und bis zur Erblindung führen. Eine medikamentöse Therapie ist insbesondere bei erhöhtem Augeninnendruck notwendig [17]. Das Ausmaß eines stumpfen Bulbustramas wird wesentlich durch die Fläche bestimmt, mit der eine Kraft auf das Auge wirkt [18].

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine aktuelle Auswahl von Geschossspielzeugen unterschiedlicher Hersteller und Ausführungen auf ihr Gefahrenpotenzial hin zu untersuchen. Um dies zu ermöglichen, sollte durch geeignete Maßnahmen insbesondere die Fläche der Geschosse zum Zeitpunkt des Auftreffens bestimmt werden, um eine Übersicht über die Energiedichten der verschiedenen Projektile zu ermitteln.

Material und Methoden

Gegenstand der Untersuchung waren 8 Geschossspielzeuge (Abb. 1). Als Projektile fanden dabei Schaumstoffdarts mit elastischem vorderem Teil, Schaumstoffbälle, Saugnapfpfeile und Kunststoffgeschosse Verwendung. Die Mini-Armbrust, auf deren Gefahren bereits hingewiesen wurde [19], verschießt Zahnstocherbolzen und weist als einzige Waffe keine Munition mit einem vorderen Teil aus elastischem Material auf. Eine Übersicht über die Projektile im Detail gibt Abb. 2.

Um die für die Berechnung der Energie notwendige Geschwindigkeit der Geschosse zu ermitteln, durchliefen diese ein Lichtschrankensystem. Die erste der beiden, in einem Abstand von 25 cm zueinander entfernten Lichtschranken wurde von dem Geschoss durchquert, sobald dieses mit seinem hinteren Teil den Lauf der jeweiligen Waffe verlassen hatte. Über die Zeit, welche die Projektile für die Strecke benötigten, wurde deren Geschwindigkeit errechnet, und der Maximalwert aus 10 Messungen gewählt. Das Gewicht der Geschosse wurde mit einer digitalen Feinwaage (Fabrikat: AE 166; Fa. Mettler) bestimmt. Um weitere außenballistische Vorgänge der Geschosse, wie deren Eigenbewegungen um die Längs- oder Querachse erkennen zu

können, wurde eine Hochgeschwindigkeitskamera (Fabrikat: M3; Fa. Motion Scope) mit einer Bildfrequenz bis zu 500 Bildern/s verwendet.

Für die Bestimmung der Trefferfläche wurde auf eine in der DIN EN 71-1 vorgeschlagene Methode zurückgegriffen. Die Geschosse wurden mit handelsüblicher Stempelfarbe eingefärbt und anschließend wurde aus einer Entfernung von 30 cm auf Millimeterpapier, welches auf einer ebenen Oberfläche befestigt war, geschossen. Im Anschluss wurden die einzelnen eingefärbten Quadrate aufsummiert oder Felder mit einer geometrischen Figur bekannter Fläche in Deckung gebracht. Weiterhin wurde druckempfindliche Folie (Fabrikat: Prescale; Fa. Fujifilm) eingesetzt, um die beim Auftreffen wirkenden Druckverhältnisse als unterschiedlich kräftige, rote Spuren sichtbar zu machen. Die Auswertung erfolgte durch ein ebenfalls von Fujifilm hierfür bereitgestelltes System, bestehend aus einem speziellen Scanner und einer entsprechenden Software (FPD-8010).

Ergebnisse

Außenballistische Eigenschaften der Geschosse

Auffallend war zunächst, dass sich die unterschiedlichen Geschosstypen stark in ihren Flugbahnen und Reichweiten unterschieden. Die Projektile der Kings Sport Armbrust und des 2-in-1-Blasters verloren bei horizontalem Abschuss selbst nach 1 m bereits beträchtlich an Flughöhe. Mit den Pistolen von Nerf, dem X-Shot Blaster und der Gapola Armbrust war, aufgrund der geraden Flugbahn der Geschosse, ein Zielen durch die beiden Lichtschranken gut möglich. Die leichtesten Geschosse stellten die Zahnstocherbolzen der Mini-Armbrust mit 0,15 g dar. Die größte Masse hatten die Pfeile der Kings Sport Armbrust. Die übrigen Projektile wiesen eine Masse zwischen 1 und 3 g auf. Die höchsten Geschwindigkeiten erreichten im Test die Spielzeugwaffen mit Schaumstoffbällen als Munition (■ Tab. 1).

Ferner zeigt ■ Tab. 1 die aus den Geschossmassen und Geschwindigkeiten errechnete kinetische Energie. Es fällt auf, dass Geschosse der Modelle X-Shot Chaos Orbit und Nerf Rival Kronos kinetische Energien aufweisen, die über dem alten Grenzwert der Spielzeugrichtlinie von 0,5 J liegen. Mit über 1 J weisen die Geschosse der X-Shot Chaos Orbit eine etwa 20-mal stärkere Energie auf als die des 2-in-1-Blasters oder der Mini-Armbrust. Die meisten Modelle schießen Geschosse mit Energien zwischen 0,2 J und 0,5 J.

Trefferfläche und kinetische Energiedichte

Das Einfärben der Geschosse und anschließende Schießen auf ein Blatt Millimeterpapier vor einem festen Untergrund erwies sich als hinreichend praktikabel, um die Kontaktfläche der Geschosse zum Zeitpunkt des Auftreffens zu ermitteln. Beim Einfärben war darauf zu achten, die Farbe gleichmäßig und nicht zu dick aufzutragen, um ein Spritzen der Farbe beim Aufprall weitestgehend zu vermeiden. Es wurde bei Trefferbildern, wie jenem in ■ Abb. 3, da-

Rechtsmedizin 2020 · 30:161–167 <https://doi.org/10.1007/s00194-020-00390-4>
© Der/die Autor(en) 2020

A. Freund · M. Nordhaus · S. Ritz-Timme · B. Hartung

Alles nur Spielzeug? Eine Untersuchung verschiedener Geschossspielzeuge hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials

Zusammenfassung

Geschossspielzeuge wie die der Marke Nerf werden von der Allgemeinheit zumeist als harmlos und ungefährlich angesehen. In den letzten Jahren wurden die bunten Waffen ständig weiterentwickelt und verschießen mittlerweile Projektile mit Geschwindigkeiten von deutlich über 100 km/h. Unlängst wurde von Augenverletzungen im Zusammenhang mit Geschossspielzeugen dieser Art berichtet. Eine Untersuchung verschiedener auf dem Markt erhältlicher Modelle hinsichtlich ihrer ballistischen Eigenschaften sollte Aufschluss

darüber geben, welche Gefahr von ihnen ausgeht. Sowohl die im Versuch ermittelten kinetischen Energien und Kontaktflächen der Geschosse als auch die ungleichmäßige Verteilung des Drucks beim Auftreffen lassen darauf schließen, dass Augenverletzungen im Umgang mit Geschossspielzeugen nicht auszuschließen sind.

Schlüsselwörter

Armbrust · Mini-Armbrust · Pistole · Ballistik · Norm · Auge

All just toys? An examination of different projectile toys with respect to their potential danger

Abstract

Projectile toys, such as those made by Nerf, are usually considered to be harmless and safe by the general public. In recent years, the colorful weapons have been continuously developed and now fire projectiles at velocities well over 100 km/h. Recently, eye injuries have been reported in connection with projectile toys of this type. An investigation of various models available on the market regarding their ballistic properties was conducted to provide

information about their dangerousness. The kinetic energies and contact surfaces of the projectiles as well as the irregular distribution of pressure on impact as determined in the test, indicate that eye injuries cannot be ruled out when handling projectile toys.

Keywords

Crossbow · Mini-crossbow · Pistol · Ballistics · Norm · Eye

von ausgegangen, dass auch der Bereich, der sich geschossstrukturbedingt nicht abzeichnete, zu der Kontaktfläche zählt. Im Versuch zeigte sich, dass die Geschosse der Army Combat Pistole oft quer auf die Trefferplatte aufschlugen und die Kontaktfläche sich in diesen Fällen neben der des vorderen Teils aus der Seitenfläche der Kunststoffhülle zusammensetzte (■ Abb. 4). Ein Querschläger hatte aber etwa dieselbe Fläche wie ein Treffer mit der gesamten Fläche des elastischen vorderen Teils. Insbesondere Geschosse mit einem Saugnapf berührten nicht die gesamte Fläche mit diesem (■ Abb. 5). In diesen Fällen werden die großen Flächen ohne Kontakt nicht mitgezählt. In ■ Tab. 2 sind die Kontaktflächen, die sich aus dem arithmetischen Mittel von 10 Trefferbildern für jedes Geschoss errechneten, sowie die kinetische Energiedichte

als der Quotient aus der kinetischen Energie und der Fläche aufgetragen. Für die Kontaktfläche der Zahnstocherbolzen wurde deren Querschnittsfläche gewählt, da diese über keinen vorderen Teil aus einem elastischen Material verfügen. Diese wiesen trotz ihrer sehr geringen kinetischen Energie von 0,042 J mit über 12.000 J/m² die größte Energiedichte auf. Die Geschosse der Army Combat Pistole wiesen mit 4667 J/m² ebenfalls eine Energiedichte auf, die über dem neuen Grenzwert von 2500 J/m² lag. Dies ist insofern auffällig, als dass diese mit einer kinetischen Energie von 0,333 J unter dem alten Grenzwert der DIN-Norm waren. Die übrigen Projektile lagen unterhalb der Grenze von 2500 J/m².

Bei der Auswertung der druckempfindlichen Folien mit der entsprechenden Software zeigt sich, wie der Druck, der

Tab. 1 Geschwindigkeit, Masse und kinetische Energie der Geschosse

Modell	Geschwindigkeit [m/s]	Geschossgewicht [g]	Kinetische Energie [J]
Nerf Rival Kronos	28,9	1,82	0,760
X-Shot Chaos Orbit	33,5	1,84	1,032
Nerf Disruptor	22,0	1,00	0,242
Gel Blaster	10,5	0,96	0,053
Kings Sport Crossbow	6,1	11,96	0,223
Gapola Armbrust	17,3	2,78	0,416
Army Combat Pistole	19,8	1,70	0,333
Mini-Armbrust	23,7	0,15	0,042

Tab. 2 Trefferfläche und kinetische Energiedichte der Geschosse

Modell	Fläche [mm ²]	Kinetische Energiedichte [J/m ²]
Nerf Rival Kronos	380,1	1999,4
X-Shot Chaos Orbit	415,5	2485,0
Nerf Disruptor	132,7	1824,1
Gel Blaster	83,4	634,5
Kings Sport Crossbow	653,5	340,5
Gapola Armbrust	184,7	2253,0
Army Combat Pistole	71,4	4667,1
Zahnstocher Armbrust	3,5	12.175,4

beim Auftreffen der Geschosse auf die Folie entsteht, verteilt ist. Dass auch mit dieser Methode die golfballartige Struktur der Schaumstoffbälle zu erkennen ist, zeigen [Abb. 6 und 7](#). Druckmaxima lassen sich an den strukturgebenden Linien erkennen. Bemerkenswert ist, dass bei den Querschlägern der Geschosse der Army Combat Pistole der meiste Druck dort wirkte, wo die Kunststoffhülle die Folie traf ([Abb. 8](#)).

Sonstiges

Die Armbrust des Herstellers Kings Sport ist mit einer Ziellaservorrichtung ausgestattet, wobei ein Punktlaser eingesetzt ist. Dessen Leistung beträgt 3,8 mW, was bedeutet, dass der Laser der Klasse 3R entspricht und er potenziell gefährlich für die Retina ist. Weiterhin sind Vorrichtungen dieser Art laut Waffengesetz in Deutschland nicht zulässig [4]. In 2

Fällen kam es bei dem schiefen Auftreffen von Projektilen auf festen Untergrund zu einem Aufplatzen von Geschossen, bei dem scharfkantige Splitter aus festem Kunststoff entstanden ([Abb. 9 und 10](#)). Dies spricht für den enormen Druck, der wirkt, wenn das Geschoss mit einer Kante aufschlägt. Ein Schießen des defekten Projektils war weiterhin möglich. Auch ließen sich Geschosse dieses Typs mit dem unelastischen hinteren Teil voran in das Magazin einführen und schießen.

Diskussion

Die untersuchten Geschosse weisen Energiedichten auf, die unter dem in der Literatur zu findenden Grenzwert für das Eindringen von Geschossen in menschliche Haut von 0,1 J/mm² (100.000 J/m²) liegen [12]. Zu beachten ist jedoch, dass spitze Geschosse, wie die Zahnstocherbolzen der Miniarmbrust oder Kunststoffsplitter, punktuell eine sehr hohe Energiedichte haben können und es durch die sog. Kerbwirkung zu einem Eindringen in Haut kommen kann.

Das Auge gilt als elementares Sinnesorgan des Menschen, da ein Großteil der Umweltinformationen von diesem erfasst wird, und es mit vielen anderen Hirnfunktionen verknüpft ist [20]. Die Grenzenergiedichte für perforierende Augenverletzungen ist hier etwa um einen Faktor 10 geringer als die für Haut [12]. Ein Eindringen von mit der Mini-Armbrust verschossenen Zahnstocherbolzen in den Glaskörper ist bei Nahtreffen sehr wahrscheinlich, wie durch vorherige Arbeiten bereits gezeigt werden konnte [19].

Schwerwiegende Verletzungen am Auge können auch ohne Perforation des

Corpus vitreum auftreten. Kennedy et al. ermittelten aus Forschungsergebnissen von über 40 Jahren Wahrscheinlichkeitsfunktionen für das Auftreten von Hyphämata, Verletzungen der Linse oder der Retina. Aus einer Grafik von Kennedy et al., die das Verletzungsrisiko des Auges gegen die Energiedichte eines Projektils darstellt, lässt sich etwa für den Grenzwert von Geschossenspielzeugen von 2500 J/m² eine Wahrscheinlichkeit von 5 % für das Entstehen eines Hyphämas abschätzen [18]. Linsen- oder Netzhautschäden sind bei dieser Energiedichte laut den Ergebnissen zwar unwahrscheinlich, aber nicht auszuschließen. Die individuelle Verletzung lässt sich aber im Einzelfall nur schwer vorhersagen. Bei Versuchen an postmortal entnommenen Schweineaugen konnten Duma et al. zeigen, dass Schaumstoffteile, die beim Sprengen eines Airbag-Moduls im Auto entstehen, bereits bei geringen Energiedichten zu Hornhautkratzern führten [21]. Anzumerken bei Versuchen dieser Art ist immer, dass die Übertragbarkeit von an postmortalen Tierversuchen gewonnenen Ergebnissen auf den Menschen kritisch hinterfragt werden muss. So entspricht der postmortale Augeninnendruck nicht dem am lebenden Organ, wenn er nicht durch aufwendige Eingriffe künstlich aufrechterhalten wird. Einblutungen können ebenso nicht mehr oder nur stark abgeschwächt auftreten. Auch Langzeitfolgen oder Auswirkungen auf die Sehleistung können mit diesen Methoden nicht bestimmt werden. In allen bisher veröffentlichten Fällen von Augenverletzungen durch Nerf-Geschosse wurde von Hyphämata berichtet. Ein Hyphäma kann mit einer Änderung des Kammerwinkels einhergehen, was zur

Abb. 3 ▲ Kontaktfläche eines Schaumstoffballs, verschossen mit der X-Shot Chaos Orbit Pistole

Abb. 5 ◀ Kontaktfläche der Saugnapfpeile der Gapola Armbrust. Nichteingefärbte Bereiche sowie offensichtliche Farbspritzer gehen nicht in die Kontaktfläche ein

Ausbildung eines Sekundärglaukoms führen kann [16, 22]. Eine Erblindung als Spätfolge eines Hyphämas ist somit nicht auszuschließen.

Die Aufnahmen mit der Prescale-Folie zeigen, dass der Druck, der beim Auftreffen eines Projektils wirkt, sehr ungleichmäßig verteilt ist. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass auch die kinetische Energiedichte punktuell wesentlich höhere Werte erreichen kann, als im Mittel über die gesamte Trefferfläche be-

stimmt. Auch ist es wahrscheinlich, dass Projektile nicht gerade auf das Auge auftreffen und sich so die Energie auf eine kleinere Fläche verteilt.

Die gerade Flugbahn der Geschosse stellt für Nutzer von Nerf-Blastern ein Qualitätsmerkmal dar. Damit gehen eine hohe Reichweite und gute Zielgenauigkeit einher. Neben der Geometrie und den verwendeten Materialien greifen Hersteller auch Methoden auf, die bei Druckluftwaffen und Feuerwaffen Ver-

Abb. 4 ▲ Unterschiedliche Trefferbilder der Kunststoffgeschosse der Army Combat Pistole

wendung finden, um dies zu erreichen. Die neuen Schaumstoffbälle stoßen vor Verlassen des Laufs an eine Gumminase, wodurch diese in eine Drehung um die Querachse geraten und so, durch unterschiedlich schnelle Luftströmungen, im Flug einen Auftrieb entgegen der Schwerkraft erfahren. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Drehungen bei Treffern am Auge das Entstehen von Hornhautkratzern begünstigen. Für die Geschosse des Modells X-Shot Chaos Orbit ließ sich auf den ersten 25 cm eine Geschwindigkeit von 33,5 m/s feststellen. Vergleicht man dies mit der Herstellerangabe von 30 m/s, so ergibt sich eine fast 25 % höhere kinetische Energie. Weiterhin ist anzumerken, dass in Deutschland laut Waffengesetz zum Spiel bestimmte Waffen bis 0,5 J nicht von diesem erfasst werden. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass Spielzeugpistolen über 0,5 J dem Waffengesetz unterliegen und somit deren Umgang grundsätzlich Personen vorbehalten ist, die das 18. Lebensjahr vollendet haben [4]. Sowohl im Internet als auch in der Literatur finden sich Videos und bebilderte Anleitungen, um Geschossspielzeuge zu modifizieren [1]. Tuningsets mit stärkeren Federn lassen sich über einschlägige Handelsplattformen beziehen und mit handelsüblichem Werkzeug und ein we-

Abb. 6 ▲ Trefferfläche des X-Shot-Chaos-Orbit-Schaumstoffballs. Der Druck nimmt von grün über rot bis gelb zu. (Aufgenommen mit Prescale LLW Folie, Fa. Fujifilm)

Abb. 8 ▲ 3D-Darstellung der Druckverteilung eines quer aufgeschlagenen Kunststoffgeschosses. Die Höhe steht dabei für den wirkenden Druck. Dieser nimmt von grün über rot bis gelb zu. Der meiste Druck wirkt dort, wo die Kunststoffhülle auftrifft. (Aufgenommen mit Prescale LLW Folie, Fa. Fujifilm)

Abb. 7 ▲ Druckverteilung entlang der in **Abb. 6** festgelegten Linie. Der so zu ermittelnde Durchmesser entspricht dem aus **Abb. 3**. x-Achse Abstand [mm], y-Achse Druck [MPa]

Abb. 9 ▲ Aufplatzendes Kunststoffgeschoss im Flug (Ausschnitt aus Aufnahme einer Hochgeschwindigkeitskamera)

nig Geschick verbauen. Es ist also davon auszugehen, dass ungeprüfte Modelle im Umlauf sind, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Energiegrenzwerte der Spielzeugrichtlinie übersteigen und eine besondere Gefahr für die Augen darstellen.

Um die von Geschossspielzeugen ausgehenden Verletzungen zu vermeiden, sind weitere Anforderungen an die Hersteller zu stellen. Da das Material einen großen Einfluss auf den wirkenden Druck hat, sollten Geschos-

se keine harten Materialien aufweisen. Die Projektile der Army Combat Pistole begannen sich durch einen ungünstig gelegenen Massenschwerpunkt früh im Flug um die Querachse zu drehen, so dass ein Auftreffen mit harten Kanten der Kunststoffhülle wahrscheinlich ist. Auch ein Schießen von Geschossen, die mit dem hinteren Teil voran geladen wurden, ist möglich. Saugnapfpfeile mit einem Kunststoffschaft können zu einem gefährlichen Geschoss werden, wenn der Saugnapf, etwa mit einem Taschenmes-

ser, entfernt wird oder sich im Spiel von allein löst. Ein Grenzwert für die Elastizität als Materialeigenschaft der Geschosse wäre vorstellbar. Weiterhin sollten Hersteller ihren Geschossspielzeugen mindestens zwei Schutzbrillen beilegen und deren Einsatz in den Werbungen und auf Verpackungen zeigen. Um die Modifikation von Geschossspielzeugen zu erschweren, sollten Hersteller Spezialschrauben für den Zusammenbau verwenden, welche sich nicht mit handelsüblichem Werkzeug entfernen

Abb. 10 ▲ Zerbrochenes Projektil und Kunststoffsplitter

lassen. Zudem ist die Marktaufsicht aufgerufen, die Zulässigkeit von Tuningsets für Geschossspielzeuge zu überprüfen und ggf. weitere Schritte einzuleiten. Eltern und Erziehungsbeauftragte müssen selbstverständlich ihrer Vorbildfunktion gerecht werden und über die Gefahren der Geschosse aufklären.

Es stellt sich die Frage, ob Geschossspielzeuge überhaupt eine Daseinsberechtigung haben. Auf der einen Seite wird argumentiert, dass Kindern mit Spielzeugwaffen ein Instrument für das soziodramatische Spielen bereitgestellt wird und ein gegenseitiges Verletzen dabei nicht im Vordergrund stehe [23]. Kämpfe und Kriegsspiele seien normal für Kinder und Teil einer ausgewogenen Entwicklung [24]. Auf der anderen Seite steigt womöglich im Umgang mit Geschossspielzeugen die Toleranz für Waffen i. Allg., was einen späteren Umgang mit Druckluft- oder Feuerwaffen begünstigen könnte. Dies ist besonders hervorzuheben, wenn man bedenkt, dass das Zielen und Schießen auf Menschen mit Nerf-Pistolen als Spiel hingenommen wird.

Ein vollständiges Verbot von Geschossspielzeugen wäre wohl zu drastisch, allerdings sind die Argumente der Befürworter von Geschossspielzeugen dank neuer Technologien auch mit Videospielen in der Simulation auflösbar oder auch durch neue Modelle mit Infrarotlasern in der Realität ohne gefährliche Geschosse umsetzbar [25, 26].

Fazit

Die von Geschossspielzeugen ausgehenden Gefahren für das Auge werden unterschätzt, und die Langzeitfolgen der möglichen Verletzungen sind aktuell noch nicht abzusehen. Es kann davon ausgegangen werden, dass nicht alle Verletzungen erfasst werden und die Dunkelziffer entsprechend hoch ist. Die auf dem Markt erhältlichen Modelle übersteigen mit ihren Energien teilweise die Grenzwerte der Spielzeugrichtlinie. Auch ist die Modifikation von Nerf-Blastern einfach und beliebt, weshalb es schwierig ist, die Gefahren der sich im Umlauf befindlichen Modelle vorauszusagen.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. B. Hartung

Institut für Rechtsmedizin, Geb. 14.84,
Universitätsklinikum Düsseldorf
Moorenstr. 5, 40225 Düsseldorf, Deutschland
benno.hartung@med.uni-duesseldorf.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Freund, M. Nordhaus, S. Ritz-Timme und B. Hartung geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Goodman L (2018) The NERF Blaster modification guide. The unofficial handbook for making your foam arsenal even more awesome. Young Voyager, Minneapolis
- Stiff JE, Swartz JA (2019) "10 worst toy" 2019 watch press release. World against toys causing Harm, inc. <https://toysafety.org/wp-content/uploads/2019/12/2019-Press-Release-With-Nominees.pdf>. Zugriffen: 13. Febr. 2020
- DIN-Normenausschuss (2018) DIN EN 71-1. Teil 1: Mechanische und physikalische Eigenschaften
- (2002) Waffengesetz (WaffG). Waffengesetz vom 11. Oktober 2002 (BGBl. I S. 3970, 4592; 2003 I S. 1957), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1626)
- Fleischhauer JC, Goldblum D, Frueh BE, Koerner F (1999) Ocular injuries caused by Airsoft guns. Arch Ophthalmol 117(10):1437–1439
- Saunte ME (2006) 33 cases of airsoft gun pellet ocular injuries in Copenhagen, Denmark, 1998–2002. Acta Ophthalmol Scand 84(6):755–758
- Ramstead C, Ng M, Rudnisky CJ (2008) Ocular injuries associated with Airsoft guns: a case series. Can J Ophthalmol 43(5):584–587. <https://doi.org/10.3129/i08-131>
- Bizrah M, Verma S (2017) Nerf gun eye injuries: traumatic hyphema. BMJ Case Rep. <https://doi.org/10.1136/bcr-2017-220967>
- Henry T, Palakkamail M, Rubin U, Tennant M (2019) Traumatic retinal dialysis resulting from Nerf foam bullet. Can J Ophthalmol 54(3):e100–e102. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2018.08.008>
- Yang U, Greer C, Kim J, Nagiel A (2020) Ocular trauma from toy guns with foam projectiles in 4 children. Clin Pediatr (Phila) 59(1):92–94. <https://doi.org/10.1177/000922819884573>
- ASTM International (2017) F963-17 consumer safety specification for toy safety <https://doi.org/10.1520/F0963-17>
- Kneubuehl B (2008) Wundballistik. Grundlagen und Anwendungen, 3. Aufl. Springer, Heidelberg
- Niiranen M, Raivio I (1981) Eye injuries in children. Br J Ophthalmol 65(6):436–438. <https://doi.org/10.1136/bjo.65.6.436>
- MacEwen CJ, Baines PS, Desai P (1999) Eye injuries in children: the current picture. Br J Ophthalmol 83(8):933–936. <https://doi.org/10.1136/bjo.83.8.933>
- Canavan YM, Archer DB (1982) Anterior segment consequences of blunt ocular injury. Br J Ophthalmol 66(9):549–555. <https://doi.org/10.1136/bjo.66.9.549>
- Tumbocon JAJ, Latina MA (2002) Angle recession glaucoma. Int Ophthalmol Clin 42(3):69–78. <https://doi.org/10.1097/00004397-200207000-00009>
- Rocha KM, Martins EN, Melo LAS, Moraes NS (2004) Outpatient management of traumatic hyphema in children: prospective evaluation. J AAPOS 8(4):357–361. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2004.04.001>
- Kennedy E, Duma S (2010) Eye injury risk functions for human and FOCUS eyes: hyphema, lens dislocation, and retinal damage
- Hartung B, Korbmacher J, Nordhaus M, Ritz-Timme S (2017) Neue Risiken durch neues Spielzeug: Miniarmbrust für Zahntochterbolzen. Arch Kriminol 241(1/2):29–34
- Grehn F (2019) Augenheilkunde, 32. Aufl. Springer, Berlin
- Duma SM, Crandall JR (2000) Eye injuries from airbags with seamless module covers. J Trauma 48(4):786–789. <https://doi.org/10.1097/00005373-200004000-00036>
- Ng DS-C, Ching RH-Y, Chan CW-N (2015) Angle-recession glaucoma: long-term clinical outcomes over a 10-year period in traumatic microhyphema. Int Ophthalmol 35(1):107–113. <https://doi.org/10.1007/s10792-014-0027-5>
- Pellis SM, Pellis VC (2007) Rough-and-tumble play and the development of the social brain. Curr Dir Psychol Sci 16(2):95–98. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00483.x>
- Smith S, Ferguson CJ, Beaver KM (2018) Learning to blast a way into crime, or just good clean fun? Examining aggressive play with toy weapons and its relation with crime. Crim Behav Ment Health 28(4):313–323. <https://doi.org/10.1002/cbm.2070>
- Horaczek S (2018) Exclusive first look: Nerf's AR-powered laser ops pro blasters. Pew pew the home game. <https://www.popsi.com/nerf-laser-ops-pro-review/>. Zugriffen: 11. Jan. 2020
- Vorderer P (2003) Explaining the enjoyment of playing video games: the role of competition. Hannover University of Music and Drama, Hannover