



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG



MEDIZINISCHE FAKULTÄT

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der  
Medizinischen Fakultät der  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Untersuchungen zum Verletzungspotential handelsüblicher  
Soft-Air-Waffen mit einer Geschossenergie  
zwischen 0,08 Joule und 0,5 Joule

**D i s s e r t a t i o n**

zur Erlangung des akademischen Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von:

Sandra Siedentopf, geb. Böttcher

geb. am 19.05.1976 in Beckendorf/Neindorf

Betreuer:

Prof. Dr. med. R. Lessig

Magdeburg 2015

# Dokumentationsblatt

## Bibliographische Beschreibung:

Siedentopf, Sandra:

Untersuchungen zum Verletzungspotential handelsüblicher Soft-Air-Waffen mit einer Geschossenergie zwischen 0,08 Joule und 0,5 Joule. 2014.

77 S., 78 Lit., 11 Abb., 15 Tab., 6 Anl., Bildanhang:19 Abb.

## Kurzreferat

Soft-Air-Waffen sind Nachbildungen echter Waffen aus denen Kunststoffkugeln mit einer Masse bis 0,2 g verschossen werden. Ziel dieser Arbeit war es zu klären, welches Verletzungspotential von Waffen mit Energien bis 0,5 J ausgeht. Dazu wurden zunächst die physikalischen Parameter Energie, Geschwindigkeit, Reichweite der Waffen in Bezug auf Masse der Geschosse untersucht. Anschließend wurden Schussversuche mit 5 freiverkäuflichen handelsüblichen Soft-Air-Waffen mit Energien zwischen 0,079 J und 0,469 J in der Polizeifachhochschule Aschersleben durchgeführt.

Es wurden bei 40 Probanden (Studenten der Fachhochschule) 2 Hautpartien (Rücken und Unterarminnenseite) aus Entfernungen von 0 bis 2 m beschossen. Das dabei entstandene Verletzungsmuster wurde im zeitlichen Verlauf (unmittelbar nach Beschuss bis max. 1 Woche nach Beschuss) bewertet. Dabei kamen insgesamt 1500 Trefferbilder zur Auswertung. Es wurden ausschließlich oberflächliche Hautverletzungen, im Sinne von Prellungen mit Hämatombildung sowie auch Abschürfungen beobachtet. In keinem der Schussversuche kam es zu penetrierenden Verletzungen. Bleibende Schäden, insbesondere eine Narbenbildung wurden nicht beobachtet. Zudem mussten die Probanden das Schmerzempfinden auf einer Skala von 1-10 bewerten. Es wurden insgesamt 295 Treffer hinsichtlich ihrer Schmerzhaftigkeit ausgewertet. Weiter wurde die Besonderheit der Verletzungen im Augenbereich tierexperimentell untersucht und es kamen Kasuistiken aus der Universitätsaugenklinik Magdeburg zur Auswertung. Hier zeigte sich ein Verletzungsmuster mit Abschürfungen der Hornhaut und Einblutungen in die Augenkammer.

Abschließend wurde das Verletzungspotential mit dem durch höherenergetische Waffen, insbesondere Luftdruckwaffen und SRS-Waffen verglichen.

Schlüsselwörter: *Soft-Air-Waffen – Geschossenergie - Schussversuche – Verletzungspotential - Hautverletzungen – Augenverletzungen*

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	5
<b>1. Einleitung.....</b>	<b>6</b>
1.1. Kurze Ausführung zur Historie der waffenrechtlichen Einstufung von Soft-Air-Waffen.....	6
1.2. Zusammenfassung der Veröffentlichungen zur Thematik Soft-Air-Waffen und ähnlicher Waffenarten.....	8
1.3. Paintball.....	10
1.4. Andere freiverkäufliche Schusswaffen.....	11
1.5. Die Problematik der Anscheinwaffen.....	12
1.6. Aufbau und Funktion von Soft-Air-Waffen.....	12
1.6.1. Allgemeines und Einteilung.....	12
1.6.2. Funktion und Technik.....	13
1.7. Physik und Ballistik.....	16
1.7.1. Wirkungsgrad.....	16
1.7.2. Ballistik.....	16
1.7.3. Physikalische Gesetzmäßigkeiten.....	17
1.7.4. Hop-Up Effekt.....	17
<b>2. Zielstellung.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>20</b>
3.1. Auswahl der Waffen.....	20
3.1.1. Beschreibung der verwendeten Waffen.....	20
3.2. Auswahl der Geschosse.....	24
3.3. Bestimmung der physikalisch technischen Parameter.....	25
3.3.1. Bestimmung der tatsächlichen Geschossenergie.....	25
3.3.2. Geschwindigkeit der Geschosse.....	26
3.3.3. Energie der Geschosse.....	26
3.3.4. Durchschlagkraft der Geschosse.....	26
3.4. Schussversuche auf Probanden.....	27
3.4.1. Auswahl der Versuchspersonen.....	27
3.4.2. Versuchsaufbau.....	28
3.4.3. Dokumentation der erhobenen Befunde.....	30
3.4.4. Auswertung der Befunde.....	30
3.5. Orientierende Untersuchungen am Tierauge.....	31

3.6.	Fallberichte aus der Universitäts-Augenklinik Magdeburg.....	32
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>33</b>
4.1.	Physikalisch technische Parameter der einzelnen Waffen.....	33
4.1.1.	Geschwindigkeit der Geschosse innerhalb einer Reichweite bis 4 m.....	33
4.1.2.	Energie der Geschosse innerhalb einer Reichweite bis 4 m.....	35
4.1.3.	Durchschlagkraft der Geschosse.....	37
4.2.	Ergebnisse der Schussversuche.....	38
4.2.1.	Subjektives Schmerzempfinden.....	38
4.2.2.	Befundbeschreibung nach Inspektion im zeitlichen Verlauf.....	44
4.3.	Befunde bei besonderen Schusssituationen.....	47
4.3.1.	Mehrfachbeschuss bei automatischen Waffen.....	47
4.3.2.	Schräg- bzw. Streifschuss.....	48
4.3.3.	Beschuss auf durch Kleidung bedeckte Haut.....	48
4.4.	Trefferbilder in Abhängigkeit von der getroffenen Region.....	49
4.5.	Befundbeschreibung bei Beschuss von Schlachttieraugen.....	49
4.6.	Befunde bei Beschuss von Augen frisch eingeschläferter Tiere.....	50
4.7.	Ergebnisse der Fallberichte aus der Universitätsaugenklinik Magdeburg.....	50
4.7.1.	Fallvorstellung Nr. 1.....	50
4.7.2.	Fallvorstellung Nr. 2.....	51
4.7.3.	Fallvorstellung Nr. 3.....	51
4.7.4.	Fallvorstellung Nr. 4.....	52
<b>5.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>54</b>
5.1.	Geschwindigkeit und Energie der Geschosse, Durchschlagkraft der Geschosse...	54
5.2.	Schussversuche.....	56
5.2.1.	Subjektive Schmerzempfindung.....	56
5.2.2.	Bewertung der Trefferbilder.....	58
5.2.3.	Tierversuche.....	60
5.3.	Fallberichte.....	62
5.4.	Vergleich der Befunde mit Verletzungsmustern von anderen Waffen.....	64
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>69</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>70</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>76</b>
	<b>Bildanhang.....</b>	<b>87</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
Abschn.	Abschnitt
AEG	Automatic Electric Gun
Anl.	Anlage
Art.	Artikel
BAX	Bullet aligned axis
BB	Baby Bullett, Ball Bearing
BKA	Bundeskriminalamt
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
DGRM	Deutsche Gesellschaft für Rechtsmedizin
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
ff	fortfolgend
g	Gramm
i.S.	im Sinne
i.S.d.	im Sinne des
i.V.m	im Vergleich mit
J	Joule
lt.	laut
m	Meter
max	maximal
min	minimal
m/s	Meter pro Sekunde
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt
Ref.	Referat
sog.	sogenannt
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
UA	Unterabschnitt
usw.	und so weiter
Unterabschn.	Unterabschnitt
WaffG	Waffengesetz
z.B.	zum Beispiel

## 1. Einleitung

Vor dem Hintergrund der Neuregelung des geltenden Waffenrechtes <sup>(77)</sup> wurde im Jahr 2007 vom Bundesinnenministerium die Frage aufgeworfen, ob und wenn ja welche Gefahren von sogenannten Soft-Air-Waffen ausgehen. Diese teils auch als Erbsenpistolen oder Kugelpistolen bezeichneten Schusswaffen weisen eine geringe Energie auf und sind für Spielzwecke entwickelt worden.

2007 gab es im Hinblick auf die Regelungen im Umgang mit Soft-Air-Waffen Unstimmigkeiten zwischen dem geltenden Waffenrecht <sup>(77)</sup> und der EU-Spielzeugrichtlinie. <sup>(20)</sup>

Es wurde eine Anhebung des waffenrechtlichen Grenzwertes für die Geschossenergien von damals geltenden 0,08 J auf 0,5 J erwogen, um die Diskrepanz zwischen dem Waffengesetz einerseits und der EU-Spielzeugrichtlinie und der zugeordneten DIN EN 71-1 <sup>(20)</sup> aufzulösen.

### 1.1. Kurze Ausführung zur Historie der waffenrechtlichen Einstufung von Soft-Air-Waffen

Die Waffen wurden in der Zeit nach dem Ende des 2. Weltkrieges in Japan entwickelt und ihr Besitz war teilweise lange Zeit in Deutschland laut Waffenrecht <sup>(76)</sup> verboten, da Soft-Air-Waffen zum Teil als sog. Anscheinwaffen galten.

Sie erfüllten grundsätzlich die waffenrechtliche Definition von Schusswaffen für Spielzwecke im Sinne § 1 Abs. 1 (WaffG). Die Waffen wurden lt. der Neubekanntmachung vom 08.03.1976 <sup>(76)</sup> nicht im Waffenrecht erfasst wenn die Energie der aus ihnen verschossenen Projektile nicht mehr als 0,5 J betrug und wenn keine flüssigkeitsgefüllte Geschosse, wie z.B. Farbkugeln verschossen werden konnte.

Diese Regelung führte in der Folgezeit zu einer unklaren Rechtslage, da z.B. handelsübliche Soft-Air-Waffen Kaliber 6 mm und einer Geschossenergie unter 0,5 J vom Waffengesetz erfasst wurden, weil es für dieses Kaliber Farbmunition gab, während Soft-Air-Waffen Kaliber 5,5 mm ohne erhältliche Farbmunition vom Waffengesetz befreit waren.

Zum 01.04.2003 <sup>(77)</sup> trat eine Neuregelung des Waffengesetzes in Kraft. Nun wurde der Grenzwert für die Bewegungsenergie von Geschosse aus Schusswaffen, die zum Spiel bestimmt sind, einheitlich und unabhängig von den Geschosstypen auf 0,08 J reduziert. Der Grenzwert von 0,08 J stammt aus der Europäischen Richtlinie „Sicherheit von Spielzeug“. Die zugeordnete DIN EN 71-1 <sup>(20)</sup> beschreibt die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Geschossspielzeuge. Unter der Nr. 4.17.3 werden für die maximal zulässige kinetische Energie folgende Werte genannt: 0,08 J für starre Geschosse ohne

elastische Aufprallspitzen und 0,5 J für elastische Geschosse oder Geschosse mit elastischen Aufprallspitzen.

Diese Grenzwerte sind nach dem EU-Recht maßgeblich für den Vertrieb von Spielzeug für Kinder ab 3 Jahren. Allgemeine Hinweise auf Sicherheitsvorschriften sind ebenso in der DIN-Norm enthalten.

Mit der allgemeinen Reduzierung des Grenzwertes der kinetischen Energie auf 0,08 J blieben jedoch die Unterschiede in den Geschossen vom Gesetzgeber unberücksichtigt. Damit ergab sich zumindest für das Verschießen elastischer Geschosse ein Regelungswiderspruch zwischen dem WaffG 2003 und dem europäischen Recht, da laut EU-Recht (Art. 4 der Richtlinie 88/378/EWG) <sup>(20)</sup> der freie Vertrieb solcher, den Bestimmungen der DIN EN 71-1 entsprechenden Spielzeuge nicht behindert werden darf. In der Praxis gestaltet sich eine, den strafrechtlichen Anforderungen genügende eindeutige Abgrenzung zwischen starren und elastischen Geschossen äußerst schwierig. Zudem lassen sich aus nahezu jeder Soft-Air-Waffe starre und elastische Kugeln verschießen. Zur Klärung der Rechtslage wurde im Jahr 2004 ein Feststellungsbescheid des BKA <sup>(24)</sup> veröffentlicht, der bis zur Angleichung des Waffenrechtes die Energiegrenze für Spielzeugwaffen auf 0,5 J festlegte.

Es war somit eine Nachbesserung des geltenden Rechts notwendig.

Mit Wirkung zum 01.04.2008 trat das nun aktuell geltende Recht <sup>(77)</sup> in Kraft. Vom Waffenrecht werden nun Waffen mit einer Geschossenergie von < 0,5 J erfasst. (§ 1, Abs. 4, Anlage 1, Abschn. 3, Unterabschn. 2): *“Vom Gesetz mit Ausnahme des § 42a ausgenommene Waffen: Schusswaffen (Anlage 1 Abschnitt 1 Unterabschnitt 1 Nr. 1.1, ausgenommen Blasrohre), die zum Spiel bestimmt sind, wenn aus ihnen nur Geschosse verschossen werden können, denen eine Bewegungsenergie von nicht mehr als 0,5 Joule (J) erteilt wird, es sei denn, sie können mit allgemein gebräuchlichen Werkzeugen so geändert werden, dass die Bewegungsenergie der Geschosse über 0,5 Joule (J) steigt.“*

Im Rahmen der geplanten Neuregelung des Gesetzes wurde im Juli 2007 das Institut für Rechtsmedizin der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und die Physikalisch Technische Bundesanstalt in Braunschweig vom Bundesministerium des Inneren, Ref. IS 7, Waffen- und Sprengstoffrecht, vertreten durch Dr. Maik Pawlowsky mit gutachterlichen Untersuchungen zum „Verletzungsrisiko sogenannter Soft-Air-Waffen“ beauftragt. Das gleichlautende Gutachten <sup>(9)</sup> wurde am 14.11.2007 dem Bundesministerium des Inneren übergeben.

Die in diesem Zusammenhang von uns und der PTB durchgeführten Untersuchungen bilden die Grundlage dieser Arbeit.

## 1.2. Zusammenfassung der Veröffentlichungen zur Thematik Soft-Air-Waffen und ähnlicher Waffenarten

Während für andere freiverkäufliche Schreckschusswaffen und insbesondere Luftgewehre umfangreiche Untersuchungsergebnisse hinsichtlich ihrer technischen Ausstattungen, Physik, Ballistik und Verletzungspotential vorliegen, existieren sowohl im deutsch- als auch im englischsprachigen Raum nur wenige Untersuchungen zur Thematik der Soft-Air-Waffen.

Diese beschränken sich auf Fallberichte und orientierende Untersuchungen. Die gängige Literatur <sup>(2)</sup> zu diesem Thema beschränkt sich auf die Darstellung der technischen Details und erfasst die Thematik des Verletzungspotentials kaum.

*H. Nadjem, R. Braunwarth und St. Pollak* <sup>(46)</sup> veröffentlichten 2004 im „Archiv für Kriminologie“ eine Kasuistik über mittels einer Soft-Air-Waffe hervorgerufene Verletzungen und führten orientierende Schussversuche durch.

Im Fallbericht wies ein achtjähriges Mädchen nach Beschuss mit einer Soft-Air-Waffe unbekannter Geschossenergie Hautwunden auf, welche bis in das Unterhautgewebe (Subkutis) reichten. Ein Sweatshirt wurde durchschossen, die Schussentfernung betrug 10 -15 cm, die verwendeten Geschosse waren Kunststoffkugeln mit einem Gewicht von 0,20 g, die Kugeln wurden durch ein Gas-Treibmittel beschleunigt.

In orientierenden Experimenten wurden die Mündungsgeschwindigkeit, die Entfernungsabhängigkeit der Schusswirkung und die Durchschlagkraft an 2 Soft-Air-Waffen untersucht.

Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass das Verletzungspotential von Soft-Air-Pistolen nicht zu unterschätzen ist, insbesondere im Hinblick auf die Gefahr der Entstehung penetrierender Verletzungen, da Mündungsgeschwindigkeiten von > 50 m/s erreicht werden können, die nach Misliwetz <sup>(7)</sup> über der Mindestgeschwindigkeit liegen, die zum Eindringen eines Geschosses in die Haut nötig ist.

Auch auf der Jahrestagung der DGRM 2007 in Mainz setzten sich die Autoren *M. Vosswinkel, PF Schmidt, S. Thanos und B. Brinkmann* <sup>(75)</sup> in einem Vortrag mit dem Gefahrenpotential von Soft-Air-Waffen auseinander.

Die Mitarbeiter des Institutes für Rechtsmedizin sowie der Klinik für Augenheilkunde am Universitätsklinikum Münster führten Beschussversuche mit Soft-Air-Waffen und Druckluftwaffen der kinetischen Energien von 0,08 J bis 2,4 J durch. Dabei wurden ein menschliches Hautareal und enukleierte Schweineaugen beschossen.



Die Untersuchungen ergaben, dass in Abhängigkeit der Geschossenergie Hautverletzungen und irreversible Augenverletzungen auftreten können. Es wurden insbesondere die Ergebnisse der Schussversuche mit Soft-Air-Waffen im Energiebereich zwischen 0,08 J bis 0,5 J vorgestellt. Nähere Angaben über die Geschossart fehlten. Ein Beschuss der Haut mit 0,08 J in einer Entfernung von 10 cm führte zu einem Erythem der Haut. Bei gleicher Entfernung und einer Mündungsenergie von 0,5 J wurde ein kalibergroßes Erythem mit saumartigen Einblutungen dokumentiert. Nach Beschuss enukleierter Schweineaugen zeigte sich bei einer Mündungsenergie von 0,08 J eine oberflächliche Verletzung des Hornhautepithels. Bei Anwendung einer kinetischen Energie von 0,5 J fand sich ein Aufreißen der Hornhaut. Weiter wurden auch Beschussversuche auf Schweineaugen mit höherenergetischen Waffen (0,7 J, 2,4 J) und mit flüssigkeitsgefüllten Geschossen durchgeführt. Dabei wurde bei Verwendung der flüssigkeitsgefüllten Geschosse eine Zerberstung der Geschosse bei Aufprall auf den Augapfel und Schädigungen an der Hornhaut durch Kunststofffragmente beobachtet. Ab einer kinetischen Energie von 2 J wurde ein wahrscheinlicher Verlust des Auges postuliert.

Beim Literaturstudium wird deutlich, dass in den Veröffentlichungen zur Thematik der Verletzungen durch Soft-Air-Waffen die Problematik der Augenverletzungen im Vordergrund steht.

In ophthalmologischen Fachzeitschriften sind Fallberichte <sup>(1,11,27,54,60,61,67)</sup> und experimentelle Untersuchungen <sup>(37)</sup> zur Problematik der Augenverletzungen durch Soft-Air-Waffen zu finden. Sie basieren zumeist auf retrospektiver Betrachtung von Kasuistiken und Untersuchungen an Schweineaugen. In den Fallberichten werden am häufigsten oberflächliche Augenverletzungen, z.B. Hornhauterosionen, Einblutungen in die Bindehaut und in die Augenvorderkammer erörtert. Zudem zeigen sich auch schwerere Verletzungen wie Einblutungen in den Glaskörper, Abriss der Stellmuskulatur der Augenlinse und eine traumatische Erhöhung des Augeninnendruckes.

Aufgrund dieser Ergebnisse entschlossen wir uns, auch in unsere Arbeit orientierende Untersuchungen zu potentiellen Augenverletzungen sowie Kasuistiken einzuschließen.

Von unseren untersuchten Soft-Air-Waffen sind höherenergetische, auf dem gleichen Prinzip basierende Waffen abzugrenzen, welche zum einen in sog. Paintball-Spielen eingesetzt werden oder Luftgewehre, die ebenso freiverkäuflich und ohne erforderliche Erlaubnisse erhältlich sind. Diese werden im englischsprachigen Raum auch als „BB-Gun“ oder „Air Gun“ bezeichnet. Sie fallen z.B. in den Vereinigten Staaten unter die Kategorie der Spielzeugwaffen, weisen jedoch ein erheblich höheres Verletzungspotential bis hin zu letal verlaufenden Ereignissen auf.

### 1.3. Paintball

Das Paintball-Spiel <sup>(31)</sup> erfreut sich seit den frühen 80er Jahren, insbesondere in den USA einer stetig wachsenden Beliebtheit und auch in Deutschland gibt es zahlreiche Anhänger dieser „Extremsportart“. Paintball ist ein Teamspiel, bestehend aus 2 Mannschaften mit einer unterschiedlichen Anzahl von Spielern. Das Ziel des Spieles ist, im Rahmen eines Turniers die gegnerische Fahne in Besitz zu bringen. Für das Markieren gegnerischer Spieler werden Punkte vergeben. Mittels eines sog. Markierers, ein schusswaffenähnliches Gerät mit einer kinetischen Energie bis max. 7,5 J (Grenzwert in Deutschland), welches durch ein Druckmittel, meist CO<sub>2</sub> mit flüssiger Farbe gefüllte Gelatine-Kugeln auf eine Geschwindigkeit von über 200 km/h beschleunigt, werden dabei Schüsse auf die gegnerische Mannschaft abgegeben. Die maximale Reichweite der Geschosse beträgt ca. 100 m. Im professionellen internationalen Regelwerk ist entsprechende Schutzkleidung und insbesondere eine Gesichtsmaske vorgeschrieben. Das Spielfeld muss zum Schutz der Zuschauer durch ein Fangnetz abgesichert sein. 1981 fand das 1. Spiel dieser Art in Amerika statt, 1983 wurde dort die 1. Meisterschaft ausgetragen, 1985 gelangte das Spiel in England auf den europäischen Kontinent und 1988 wurden die ersten Spieler in Deutschland aktiv.

Während im professionellen Sektor großer Wert auf entsprechende Sicherheitskleidung gelegt wird und Unfälle meist in Form von sturzbedingte Verletzungen der Extremitäten zu beobachten sind, ist das Verletzungspotential durch die Geschosse im privaten Sektor, zumeist in sog. Hinterhofspielen, erheblich höher. <sup>(40)</sup>

Bereits 1985 wurde in der englischsprachigen Literatur auf die Gefahren, insbesondere bei Treffern auf das ungeschützte Auge, hingewiesen. <sup>(40)</sup> Trotz vorgeschriebenen Gesichtsschutz-Vorrichtungen thematisieren zahlreiche in den letzten Jahren, zumeist in ophthalmologischen Fachzeitschriften veröffentlichte Fallberichte <sup>(4,25,26,49,62,72)</sup> Paintball-assozierte Augenverletzungen. Die Verletzungen entstehen häufig in unangeleiteten Spielen, in die meist Kinder involviert sind oder im professionellen Spiel, wenn wegen Beschlagens der Brille oder Beschmutzung der Gläser der Gesichtsschutz entfernt wird. Treffer auf das ungeschützte Auge können erhebliche, das Sehvermögen stark beeinträchtigende bis hin zum Verlust des Auges führende Verletzungen herbeiführen.

Im deutschsprachigen Raum findet sich jedoch sowohl zur Thematik der Verletzungen durch Soft-Air-Waffen als auch durch Paintball-Markierer kaum entsprechende Literatur in Fachzeitschriften. Systematische Untersuchungen fehlen ebenso. Trotzdem ist das Thema in den Medien regelmäßig präsent. Insbesondere nach Amokläufen von Jugendlichen, so wie z.B. der Fall des Amoklaufes in Winnenden im März 2009, wurde der Ruf der Öffentlichkeit nach einer Verschärfung des Waffengesetzes und dem Verbot von Paintball-Spielen lauter, da diese Spiele eine Simulation des

Tötens darstellen. Auch wurde bekannt, dass der Täter neben gewalthaltigen Computerspielen im Besitz von Soft-Air-Waffen war. Im Mai 2009 wurde ein Paintball-Verbotsantrag in den Bundestag eingebracht <sup>(31)</sup>, der allerdings nicht umgesetzt wurde.

Paintball-Markierer und Soft-Air-Waffen sind nur bedingt vergleichbar, denn sie unterscheiden sich im Aussehen und in der Handhabung grundsätzlich. Während Soft-Air-Waffen äußerlich kaum von real existierenden Waffen zu unterscheiden sind, weist ein Paintball-Markierer keinerlei Ähnlichkeit mit einer „echten“ Waffe auf. Der Gebrauch findet ausschließlich auf geeigneten Plätzen (Spielfelder) statt, die Verletzungsgefahr ist gering, da innerhalb der Spielfelder strikt auf das Tragen der Schutzkleidung geachtet wird. In der praktischen gutachterlichen Tätigkeit von Landeskriminalämtern und Rechtsmedizinern ist das Paintball-assozierte Verletzungspotential von eher geringer Bedeutung.

#### 1.4. Andere freiverkäufliche Schusswaffen

Unter die Kategorie der freiverkäuflichen Waffen fallen auch Luftgewehre sowie auch sog. Schreckschusspistolen oder Gas-Alarm-Waffen, welche ohne eigentliche Projektilen eine Schwarzpulver- bzw. Nitrozellulosepulver-haltige Kartusche zünden. Auch zu diesen Waffen existieren zahlreiche Beiträge in der Fachliteratur.

M. A. Rothschild widmet der Problematik der „Freiverkäuflichen Schreckschusswaffen“ <sup>(59)</sup> ein Buch, in dem er sich ausführlich mit Ballistik, rechtlicher Einordnung und dem Verletzungspotential beschäftigt. Dabei stellte er fest, dass allein der Gasstrahl (Jet) dem Charakter eines Geschosses entspricht. Schwere, teils tödliche Verletzungen können nach Fallrecherche und nach mathematisch-physikalischen Berechnungen auch ohne Manipulation der Waffe entstehen. Als wesentlichen Faktor für das Verletzungspotential sieht Rothschild die Energiedichte, d.h. die auf die Flächeneinheit einwirkende Energie, an. Die Grenzennergiedichte menschlicher Haut liegt bei  $0,1 \text{ J/mm}^2$ . Überschreitet ein Projektil diesen Wert, kann er die menschliche Haut durchdringen und tieferes Gewebe schädigen. Die von ihm erhobenen Messwerte liegen bei  $0,45 - 0,75 \text{ J/mm}^2$  für kurzläufige Schreckschusswaffen und bei  $0,25 \text{ J/mm}^2$  für SRS-Waffen mit Laufattrappen. Beeinflussend wirkt u.a. auch die Schussdistanz. So sind schwere penetrierende, potentiell letale Verletzungen bei einem aufgesetzten und absoluten Nahschuss durchaus möglich.

Die Literaturrecherche zeigt, dass von Luftgewehren und Druckluftwaffen eine erhebliche Gefahr ausgeht, insbesondere, wenn sie von Kindern benutzt werden. So sind in der Literatur <sup>(17,23,38,42,68,71)</sup> zahlreiche Fallberichte über schwere, penetrierende Verletzungen, teils auch mit einem letalen Ausgang zu finden. Schon in den 60er Jahren wurde auf das Gefahrenpotential dieser Waffen hingewiesen. <sup>(56)</sup>

In den 90er Jahren <sup>(12,15,18,28,45,47,50)</sup> und im 1. Jahrzehnt <sup>(6,8,16,21,22,52,66)</sup> des neuen Jahrtausends wurden zahlreiche Artikel in medizinischen Fachzeitschriften veröffentlicht, die insbesondere die Problematik der schwerwiegenden Verletzungen durch vermeintlich harmlose, teils als Spielzeug angesehene Waffen thematisierten. Opfer und Schütze waren zumeist Kinder unter 10 Jahren. Forderungen nach gesetzlichen Sanktionen wurden gestellt. Auch in den letzten Jahren hat diese Thematik nichts an ihrer Aktualität verloren, wie neuere Artikel <sup>(7,51,71)</sup> beweisen.

## 1.5. Die Problematik der Anscheinwaffen

Soft-Air-Waffen sind äußerlich täuschend echte Nachbauten scharfer Pistolen, Langwaffen und Revolver. Sie sind äußerlich nicht von einer echten Waffe zu unterscheiden. Hieraus ergibt sich die Problematik der Anscheinwaffen.

Laut Gewerkschaft der Polizei (GdP) ist es in der Vergangenheit schon des Öfteren zu heiklen Begegnungen zwischen Polizisten und Soft-Air-Schützen gekommen, insbesondere bei Nachbildungen von Sturmgewehren. Für Polizeistreifenbeamte ist in einer solchen Situation nicht sofort erkennbar, ob es sich um eine echte scharfe Waffe oder einen Nachbau handelt. Im schlimmsten Falle könnte es bei Bedrohung der Polizisten durch eine Anscheinwaffe zur Tötung des Schützen kommen.

Die GdP forderte ein Verbot der täuschend echten Nachbauten. Der Gesetzgeber hat in der Novellierung des Waffenrechtes laut § 42a Abs. Nr. 1 WaffG <sup>(77)</sup> diesem Umstand zumindest teilweise Rechnung getragen, indem das Tragen von Anschein-Waffen in der Öffentlichkeit nunmehr verboten ist. Soft-Air-Waffen fallen lt. *Anl. 1 Abschn. 1 Unterabschn. 1 Nr. 1.6 ff WaffG* unter die Legaldefinition von Anscheinwaffen.

## 1.6. Aufbau und Funktion von Soft-Air-Waffen

### 1.6.1. Allgemeines und Einteilung <sup>(41,44)</sup>

Soft-Air-Waffen sind Nachbauten von real existierenden oder auch imaginären Schusswaffen. Die Ähnlichkeit zum Original ist dabei durchaus erwünscht. Der Maßstab ist meist 1:1, selten auch kleiner. Soft-Air-Waffen gelten jedoch nicht als sogenannte „getreue Nachahmung“ einer echten Schusswaffe im Sinne des Waffengesetzes, da sie zwar von ihrem äußeren Erscheinungsbild häufig nicht von real existierenden Waffen abzugrenzen sind, jedoch im Inneren nicht baugleiche Komponenten einer echten Schusswaffe aufweisen. <sup>(41)</sup>

Das Material besteht meist aus Kunststoff, bei höheren Preislagen wird auch Metall verwendet. Die Waffen sind in der Regel so verarbeitet, dass jeder Versuch eines Umbaus, z.B. zur Erhöhung der kinetischen Energie, nicht möglich ist und zur Zerstörung der Waffe führt.

Sie gehören zu den Modellwaffen und werden nach Ihrer Geschossenergie teils vom Gesetzgeber, teils von der Spielzeugindustrie in 3 verschiedene Kategorien eingeteilt.

Gruppe 1: Eingeschlossen sind Waffen mit einer Geschossenergie zwischen 0,5 – 7,5 J.

Hierunter fallen Druckluftwaffen und sogenannte „Markierer“. Letztere werden für „Paintball“- bzw. „Gotcha“-Spiele (hergeleitet von englischen „I have got you“ in der umgangssprachlichen Kurzform „got ya“) eingesetzt.

Für den Erwerb und Gebrauch der Waffen ist vom Gesetzgeber ein Mindestalter von 18 Jahren festgelegt. Die Regelungen für diese Waffen unterliegen dem Waffengesetz. Zum Führen der Waffe ist eine Erlaubnis erforderlich. Das Schießen ist nur auf Schießständen bzw. innerhalb des befriedeten Besitztums, z.B. speziell für „Paintball-Spiele“ vorgesehene abgegrenzte Areale erlaubt.

Gruppe 2: Diese Gruppe schließt Waffen mit einer Geschossenergie  $< 0,08$  J ein.

Sie gelten als Spielzeug und dürfen von Kindern ab 3 Jahren benutzt werden. Dabei ist die Altersfreigabe von 3 Jahren eine Einordnung der Spielzeugindustrie und nicht in der Gesetzgebung geregelt.

Gruppe 3: Hierzu gehören Waffen mit einer Schussenergie zwischen 0,08 J und 0,5 J.

Bei Waffen dieser Art handelt es sich um Schusswaffen i.S.d. §1 (2) Nr. 1 WaffG i.V.m. Anl. 1 Abschn. 1 UA 1 Nr. 1.1 WaffG. Wenn sie den Anforderungen zur Bewegungsenergie des § 2 (4) WaffG i.V.m. Anl. 2 Abschn. 3 UA 2 Nr. 1 WaffG genügen, sind die Waffen von den Bestimmungen des WaffG, mit Ausnahme des §42a WaffG, ausgenommen. Das Mindestalter liegt bei 14 Jahren (lt. freiwilliger Einordnung des Handels). Auf das Verbot des Führens von Anscheinwaffen gemäß §42a WaffG sowie die zugehörige Begriffsbestimmung i.S.d. §1 (4) WaffG i.V.m. Anl. 1 Abschn. 1 UA 1 Nr. 1.6.1 WaffG wird hingewiesen.

Für unsere Schussversuche wurden Waffen der Gruppen 2 und 3 benutzt.

### 1.6.2. Funktion und Technik

(nach E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>

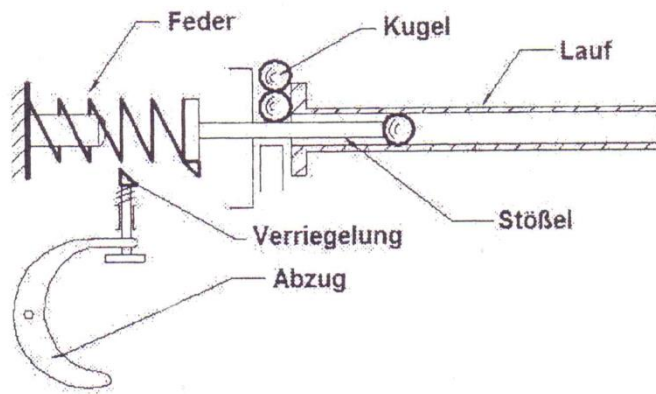
Es handelt sich vom Funktionsprinzip um schwache Luftdruckwaffen.

Bezüglich der Antriebsart sind folgende Systeme zu unterscheiden: Federdruckwaffen (sog. Springs), elektrisch angetriebene Waffen sowie Waffen, bei denen zum Antrieb der Geschosse gasförmige Treibmittel Verwendung finden.

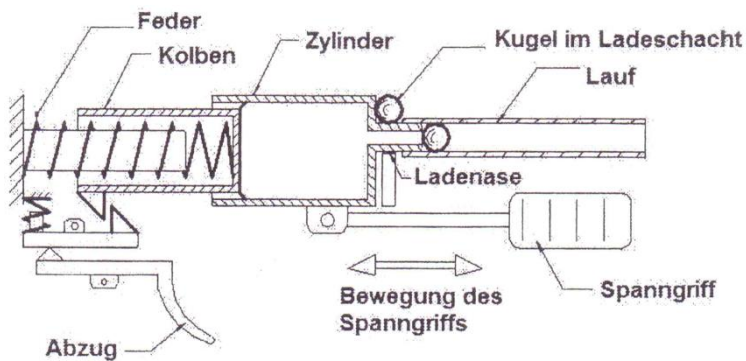
Die 2 erstgenannten Waffenarten wurden von uns untersucht. Waffen mit einem Treibmittel fanden keine Verwendung in unseren Versuchen, da kalte Treibgase vorzüglich bei Waffen mit einer kinetischen Energie von deutlich über 0,5 J verwendet werden. Diese Waffenenergien sind nicht Gegenstand unserer Untersuchungen.

Das allgemeine Funktionsprinzip aller Soft-Air-Waffen erklärt sich wie folgt.

Durch Federkraft wird über einen Kolben Luft komprimiert, welche im Lauf eine Kunststoffkugel beschleunigt. Die Antriebsfeder kann entweder per Hand oder über einen batteriebetriebenen Elektromotor (AEG = Automatic Electric Gun) gespannt werden.



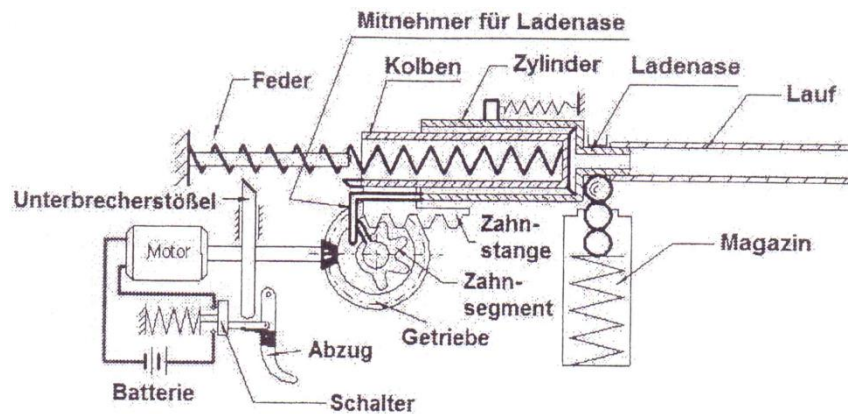
**Abb. 1** schematischer Aufbau einer Federdruck-Waffe (Abb. E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>



**Abb. 2** schematischer Aufbau einer Pumpgun (Abb. E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>

#### Funktionsprinzip einer Federdruckwaffe

Wird der Abzug betätigt, drückt die gespannte Feder den Kolben durch den Zylinder bis zum Anschlag. Der Luftdruck treibt die Kugel durch den Lauf. Bei erneuten Laden wird der Zylinder mit Kolben zurückgedrückt, bis der Kolben verriegelt ist und die Feder gespannt bleibt. Dabei fällt die Kugel in den Laderaum. Durch Vorziehen des Spanngriffes in die Ausgangsstellung wird die Kugel in den Lauf geschoben. Somit steht die Waffe für die nächste Schussabgabe bereit.



**Abb. 3** schematischer Aufbau einer AEG (Abb. E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>

### Funktionsprinzip einer AEG

In der Grundstellung ist die Feder entspannt und keine Kugel im Lauf. Der Abzug betätigt einen Schalter, der einen Elektromotor in Gang setzt. Über ein Getriebe wird ein Zahnradsegment gedreht, das über eine Zahnstange den Kolben zurückdrückt und die Feder spannt. Wenn der letzte Zahn des Zahnradsegmentes die Zahnstange verlassen hat, schnellt durch die Spannkraft der Feder der Kolben zurück und treibt mittels komprimierter Luft die Kugel durch den Lauf. Die Kugel muss aus dem Magazin in die Ladekammer gelangt sein. Das geschieht folgendermaßen: „Am Zahnradsegment ist ein Mitnehmer für die Ladenase. Die Ladenase wird kurz zurückgezogen, die gespannte Magazinfeder drückt die Kugel in den Lauf und die Ladenase befördert sie an die richtige Position weiter. Bei diesem Funktionsprinzip kann man zwischen ständiger Schussabgabe (Dauerfeuer) oder Einzelschüssen wählen. Beim Dauerfeuer-Betrieb ist eine Schussfolge von bis zu 500 Schuss/Minute möglich.“ <sup>(44)</sup>

### Geschosse

Mit Soft-Air-Pistolen werden Kunststoffkugeln mit einem Durchmesser von meist 6 mm verschossen. Sie werden auch BB's genannt. Der Begriff steht für „Baby Bullett“ (kleine Kugel) oder „Ball Bearing“ (Kugellager).

Selten beträgt der Durchmesser 5,5 mm oder 8 mm. Das Gewicht liegt zwischen 0,12 g und 0,85 g, wobei die schweren Kugeln meist beschichtet bzw. aus Stahl gefertigt sind.

Für unsere Schussversuche wurden Kugeln mit einem Durchmesser von 6 mm und einem Gewicht von 0,12 g bzw. 0,20 g verwendet, da diese der üblicherweise für die getesteten Waffen gebräuchlichen Geschosse entsprechen. Auf Versuche mit speziell präparierter bzw. beschichteter sowie farbgefüllter Geschosse wurde verzichtet, da diese Fragestellungen nicht Teil dieser Arbeit waren.

## 1.7. Physik und Ballistik

### 1.7.1. Wirkungsgrad <sup>(44)</sup>

Der Wirkungsgrad einer Soft-Air-Pistole entspricht dem Verhältnis der potentiellen Energie der gespannten Feder zur kinetischen Energie der Kugel bei Austritt aus der Mündung. Im Vergleich mit anderen Waffenarten haben Soft-Air-Waffen einen relativ schlechten Wirkungsgrad. Er liegt im Durchschnitt zwischen 2 und ca. 20 %. Zum Vergleich können z.B. eine Schleuder oder ein Bogen einen Wirkungsgrad von 70 – 80 % erreichen. <sup>(36)</sup>

Grund für diesen relativ niedrigen Wirkungsgrad ist zum einen das geringe Gewicht der Geschosse sowie Energieverluste durch Reibung und Luftwiderstand etc.

### 1.7.2. Ballistik <sup>(44,64)</sup>

Der Begriff Ballistik bezeichnet die Bahn des Geschosses als Ergebnis der beeinflussenden und einwirkenden Kräfte. Dabei unterteilt man: Innenballistik, Außenballistik und End- bzw. Zielballistik.

#### Innenballistik

Die Innenballistik beschäftigt sich mit Vorgängen innerhalb des Waffenlaufes nach Auslösen des Schusses. Gegenstand der Innenballistik ist u.a. die Bestimmung des zeitlichen und örtlichen Druckverlaufes anhand von Energiebilanzen usw. <sup>(64)</sup> Bezogen auf die Innenballistik der Soft-Air-Waffen werden die Geschosse im Lauf durch die entspannte Feder beschleunigt, die Luft dient als Übertragungsmedium. Die Beschleunigung der Kugel im Lauf verhält sich direkt proportional zu der Federkraft. Anfangs ist die Beschleunigung stark, mit zunehmender Ausdehnung der Feder wird die Beschleunigung schwächer. <sup>(44)</sup>

#### Außenballistik

Als Außenballistik bezeichnet man Vorgänge zwischen dem Austritt der Geschosse aus dem Lauf und dem Auftreffen des Geschosses auf das Ziel. Es wird sich also mit Einflüssen auf das Geschoss während seines Fluges von der Mündung zum Ziel befasst. Hier werden der Luftwiderstand und das dadurch bedingte Drehmoment, die Bewegung des Geschosses um seinen Schwerpunkt als Folge des Mündungsabganges, Störkräfte, Stoßnutation usw. bewertet. Das Ziel der Außenballistik ist die Berechnung der Flugbahn des Geschosses. <sup>(64)</sup>

#### End- bzw. Zielballistik

Dieser Begriff bezeichnet die einwirkenden Kräfte bei Auftritt des Geschosses auf das Ziel. Er beschreibt ferner die Vorgänge, die das Geschoss nach Auftreffen auf das Ziel in Gang setzt und die wiederum auf das Geschoss zurückwirken. Als Ziel ist in diesem Zusammenhang jeder Gegenstand definiert, der vom Geschoss getroffen wird.



Handelt es sich dabei um biologisches Gewebe, so spricht man von *Wundballistik*. Der End- und Wundballistik liegen bestimmte physikalische Gesetzmäßigkeiten zugrunde.

### 1.7.3. Physikalische Gesetzmäßigkeiten <sup>(64)</sup>

Bei wundballistischen Vorgängen spielen Energie und Arbeit und ihre Beziehungen zu Kraft, Leistung, Impuls und Geschwindigkeit eine Rolle.

Arbeit  $W$  ist definiert als Produkt aus der einwirkenden Kraft  $F$  und dem unter dieser Einwirkung zurückgelegten Weg  $x$  ( $W = F \cdot x$ ). Die kinetische Energie  $E_{kin}$  ist eine Eigenschaft bewegter Körper, also eine Bewegungsenergie. Hier wird die Masse der Geschosse mit deren Geschwindigkeit in Verbindung gebracht.

Die Formel lautet:  $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ . Die Maßeinheit lautet Joule [J].

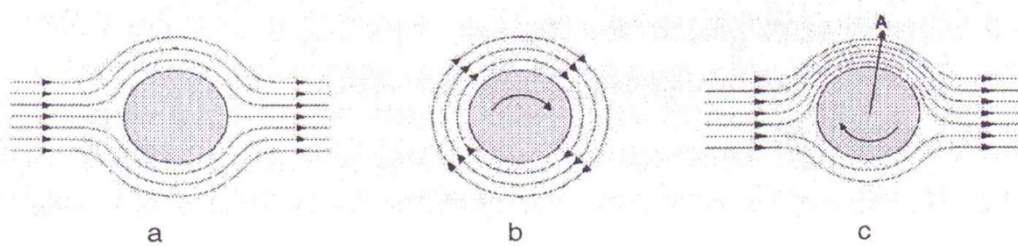
Waffenart	Mündungsenergie [J]
Luftgewehr	bis 30
Pistole	500
Militärgewehr	1600
Jagdgewehr	10000

**Tab. 1** Geschossenergien von ausgewählten Waffen <sup>(64)</sup>

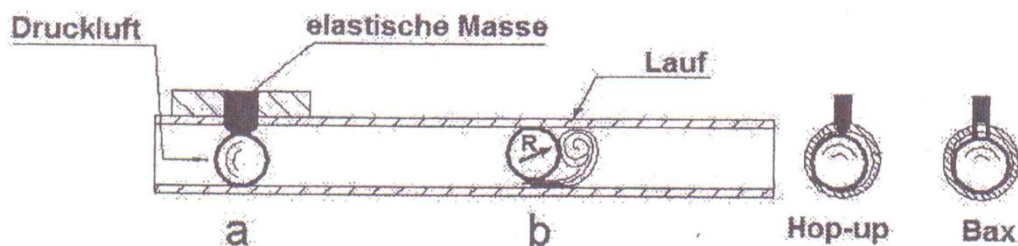
### 1.7.4. Hop-Up Effekt <sup>(44)</sup>

Zur Erhöhung der Zielgenauigkeit ist eine der von uns untersuchten Waffen mit einem sog. Hop-Up – bzw. Bax-System ausgestattet. Dies soll nun nachfolgend erklärt werden.

Hauptursache der Zielungenauigkeit ist die Abweichung der Kugel von der Geschossbahn durch ihre Rotation um die eigene Achse in Flugrichtung (Drall). Durch die Rotation der Kugel und Reibung an der Oberfläche entsteht eine Kreisströmung. Diese Strömung führt auf der einen Seite zu verengten, auf der anderen Seite zu erweiterten Stromfädenquerschnitten, es bildet sich ein Quertrieb. Dieses Phänomen ist als Magnuseffekt nach dem Gesetz von Bernoulli beschrieben. Bei schwereren Geschossarten, z.B. Bleikugeln oder gar Kanonenkugeln ist dieser Effekt verschwindend gering, bei den in den Soft-Air-Waffen verwendeten leichten Kunststoffkugel ist er jedoch bedeutend für die Zielgenauigkeit.



**Abb. 4** schematische Darstellung der Strömungsverläufe bei Rotation der Kugel (Abb. E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>



**Abb. 5** Schematische Darstellung des Hop-Up- bzw. BAX-Systemes (Abb. E. Müller „Soft-Air-Waffen – Funktion, Ballistik, Technik“) <sup>(44)</sup>

Da die Rotation der Kugel nicht zu verhindern ist, wird in Hop-Up-Systemen versucht, die Eigenbewegung der Kugel in eine Richtung zu lenken, wo sie am wenigsten störend ist bzw. wo der Magnuseffekt zu einer Streckung der Kurve der Geschossbahn führt. Das geschieht folgendermaßen. In die Oberseite des glatten Laufes der Waffe wird ein elastisches Hindernis (meist eine gummierte Kontaktfläche) eingebaut. Dieses besteht beim Hop-up-System aus einer einfachen Nase, beim Bax-System aus 2 Nasen. Die Geschosskugel kann sich nun beim Hop-Up links oder rechts an der elastischen Nase vorbeidrücken. Beim Bax-System wird die Kugel zwischen den Nasen zentriert. Durch dieses Rollen der Kugel an der oberen Laufseite bewirkt der Magnuseffekt eine Ablenkung nach oben, entgegen der Schwerkraft.

Diese Systeme funktionieren nur, wenn der Lauf und die Kugeln nicht verunreinigt sind.

## 2. Zielstellung

In der nun vorgelegten Arbeit sind folgende Fragestellungen zu klären:

Im Hinblick auf die physikalisch technischen Parameter soll eine Abschätzung der maximalen Reichweite der getesteten Soft-Air-Waffen erfolgen. Innerhalb einer bestimmten Reichweite (4 m) unter besonderer Berücksichtigung des Nahbereiches sollen die Geschwindigkeit, die Energie sowie die Durchschlagkraft von üblichen in Soft-Air-Waffen verwendeten Geschossen untersucht werden.

Es soll zudem geprüft werden, ob und wenn ja, welche Verletzungen beim bestimmungsgemäßen Gebrauch von Soft-Air-Waffen mit einer Geschossenergie von 0,08 Joule bis 0,5 Joule entstehen können, wenn damit aus unmittelbarer Nähe bis aus einer Entfernung von 2 m menschliche Haut getroffen wird.

Weiterhin sollen vergleichend unterschiedliche Hautregionen hinsichtlich ihrer Schmerzwahrnehmung und des Verletzungsmusters untersucht werden. Neben der Einzelschussabgabe sind bei automatischen Waffen mehrere Schüsse in Folge zu prüfen. Es ist weiterhin auf die Problematik der Augenverletzungen durch die getesteten Waffen einzugehen. Dieses soll durch experimentelle Untersuchungen an Tieraugen und durch retrospektive Betrachtungen von Fallberichten aus der hiesigen Universitätsaugenklinik geschehen.

Abschließend sind die erhobenen Ergebnisse mit dem Verletzungspotential von Waffen mit höheren Geschossenergien zu vergleichen, um eine Einordnung des von den Soft-Air-Waffen möglicherweise ausgehenden Gefahrenpotentials vorzunehmen.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Auswahl der Waffen

Für unsere Schussversuche wurden 5 frei im Handel erhältliche Soft-Air-Waffen mit einer vom Hersteller angegebenen Geschossenergie zwischen  $< 0,08 \text{ J}$  und  $< 0,5 \text{ J}$ , entsprechend den Kategorien der Gruppen 2 ( $< 0,08 \text{ J}$ , Gebrauch ab 3 Jahren) und 3 ( $< 0,5 \text{ J}$ , Gebrauch ab 14 Jahren) ausgewählt. Sie sind Nachbildungen real existierender Waffen. Die Waffen wurden über die Firma Umarex bezogen.

##### 3.1.1. Beschreibung der verwendeten Waffen

Lfd. Nummer	Bezeichnung der Waffen	Geschossenergie lt. Herstellerangabe	Geschossenergie tats. ermittelter Wert
1.	Walther P 99 Dao, Ausführung Special Operations	$< 0,5 \text{ Joule}$	0,133 Joule
2.	Walther P 99 Dao	$< 0,08 \text{ Joule}$	0,079 Joule
3.	Umarex MP 5 A5	$< 0,5 \text{ Joule}$	0,469 Joule
4.	Walther P 99	$< 0,5 \text{ Joule}$	0,288 Joule
5.	Umarex Shot Gun 112	$< 0,5 \text{ Joule}$	0,390 Joule

**Tab. 2** Auflistung der untersuchten Waffen

##### Waffe Nr. 1: Walther P 99 Special Operations

Die Waffe wurde vom Hersteller als originalgetreue Nachbildung einer echten „Walther P 99“ ausgezeichnet. Sie besteht größtenteils aus Kunststoff, eine aufsetzbare Schalldämpferimitation ist aus Metall gefertigt. Das Gewicht beträgt ohne Lauf 240 g. Die Länge ohne aufgesetzten Lauf liegt bei 180 mm. Die vom Hersteller ausgewiesene Energieklasse ist  $< 0,5 \text{ J}$ . Die von uns tatsächlich ermittelte Geschossenergie liegt mit 0,133 J im unteren Mittelfeld der zu untersuchenden Waffen. Somit fällt das Modell in die Einstufung Gruppe 3 (ab 14 Jahren). Sie ist mit 4 AAA-Batterien zu betreiben und als automatische Waffe beschrieben. Man kann zwischen der Einzelschussabgabe, einem Halbautomatik- und Vollautomatik- Modus wählen. Die angegebene Geschwindigkeit der Geschosse beträgt 46 m/s. In das in der Ausstattung enthaltene Magazin passen 16 Kugeln des Kalibers 6 mm.

In der Bedienungsanleitung sind Sicherheitsinstruktionen enthalten. Diese sind zudem bebildert. Es wird darauf hingewiesen, nicht in den Lauf zu schauen, nicht auf andere Personen und Tiere zu zielen und nicht auf harte Oberflächen zu schießen, wo die Geschosse abprallen können.

Bei Gebrauch sollte eine Schutzbrille getragen werden, eigenmächtige Manipulationen an der Waffe sind unzulässig und führen zu einer Änderung der waffenrechtlichen Einstufung, es erlischt zudem der Garantieanspruch. Bei Nichtbenutzung sollte die Waffe sicher verwahrt werden.



**Abb. 6** Waffe Nr. 1 (Abbildung ohne Schalldämpfer)



**Abb. 7** Waffe Nr. 1 (Abbildung mit aufgesetztem Schalldämpfer und herausgenommenem Magazin)

#### 3.1.1.2. Waffe Nr. 2 : Walther P 99 Dao

Dieses Modell besteht ähnlich wie die zuvor beschriebene Waffe, aus Kunststoff und wiegt 250 g. Sie misst ebenso 180 mm. Die vom Hersteller angegebene Geschossenergie beträgt  $< 0,08 \text{ J}$ , der tatsächlich ermittelte Wert liegt bei  $0,079 \text{ J}$ . Somit hat diese Waffe die geringste Energie der von uns begutachteten Modelle und sie ist laut Einstufung als Modell der Gruppe 2 für Kinder ab 3 Jahren zulässig. Sie besitzt ebenso einen elektrischen Antrieb mit 4 AAA-Batterien und man kann zwischen Einzelschussabgabe, Halbautomatik- und Vollautomatikmodus auswählen. Die Magazinkapazität beträgt 16 Kugeln, das Kaliber ist 6 mm. Außerdem ist das Modell mit einem Sicherungsschalter versehen, um ein versehentliches Abfeuern der Geschosse zu vermeiden.

Die Sicherheitsinstruktionen sind analog zu der 1. Waffe. Zudem wird auf die Verwendung der richtigen Geschosse hingewiesen.



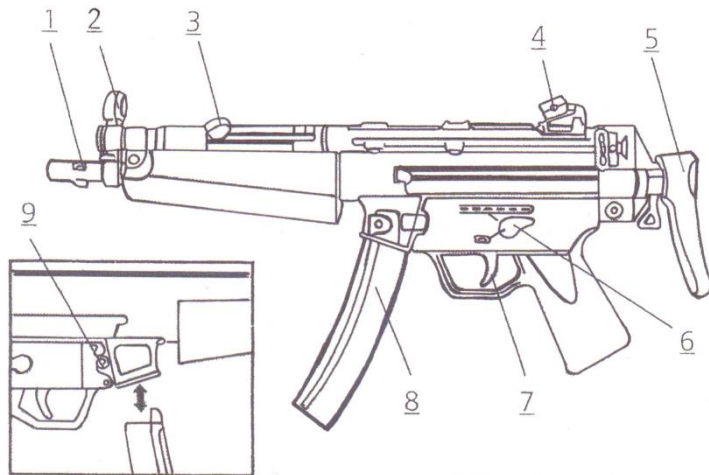
1	Mündung	7	Elektrischer Sicherungsschalter
2	Korn	8	Abzug
3	Kimme	9	Umschalter Einzel-/Dauerfeuer
4	Batteriefach	10	Schlitten
5	Magazin	11	Batterien (4 x Mignon AAA)
6	Magazinschuh		

**Abb. 8** Waffe Nr. 2

#### Waffe Nr. 3 : Umarex MP 5 A5

Dieses Gewehr gleicht augenscheinlich einer Maschinenpistole und weist mit 760 g ein deutlich höheres Gewicht als die zuvor beschriebenen Waffen auf. Die angegebene Geschossenergie ist  $< 0,5 \text{ J}$  (Gruppe 3), die tatsächlich ermittelte kinetische Energie der Geschosse liegt bei  $0,469 \text{ J}$ . Diese Waffe hat somit die höchste Geschossenergie der von uns untersuchten Modelle. Das verwendete Material besteht aus Kunststoff, die Länge der Waffe wird zwischen 515 und 665 mm angegeben. Die Waffe ist mit einer Abzugssicherung ausgestattet, die zum Schießen in der Position verändert werden muss. Die Kapazität der Geschosse im Magazin beträgt 32 Kugeln des Kalibers 6 mm. Eine Automatik ist nicht vorhanden, es ist somit nur eine Einzelschussabgabe möglich.

Wie bei den schon beschriebenen Modellen gibt es seitens des Herstellers Sicherheitshinweise und einen Verweis auf die Verwendung der vorgeschlagenen Kugeln.



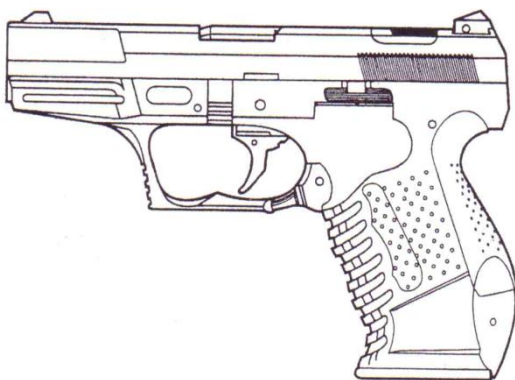
1	Mündung	6	Sicherungsschieber
2	Korn	7	Abzug
3	Spannhebel	8	Magazin
4	Visierung	9	Magazinhalter
5	Schiebeschäft		

**Abb. 9** schematische Abbildung Waffe Nr. 3

#### Waffe Nr. 4: Walther P99

Diese Pistole ist aus schlagfestem ABS-Kunststoff gefertigt und wiegt 420 g bei einer Länge von 180 mm. Die Waffe fällt mit der angegebenen Geschossenergie von < 0,5 J in die Kategorie 3, die von uns ermittelte Energie lag bei 0,288 J. Bei einem Kaliber von 6 mm fasst das Magazin 12 Kugeln. Es ist nur eine Einzelschussabgabe möglich, denn die Waffe verfügt nicht über eine Automatik. Zur Schussabgabe muss ein Sicherungsknopf in die richtige Position gebracht werden.

Wie bei den schon beschriebenen Modellen ist in der Bedienungsanleitung des Herstellers ein Hinweis zum Gebrauch von Kugeln mit einem Kaliber von 6 mm und einem Gewicht von 0,12 g enthalten. Darüber hinaus finden sich die gleichen Sicherheitsinstruktionen.

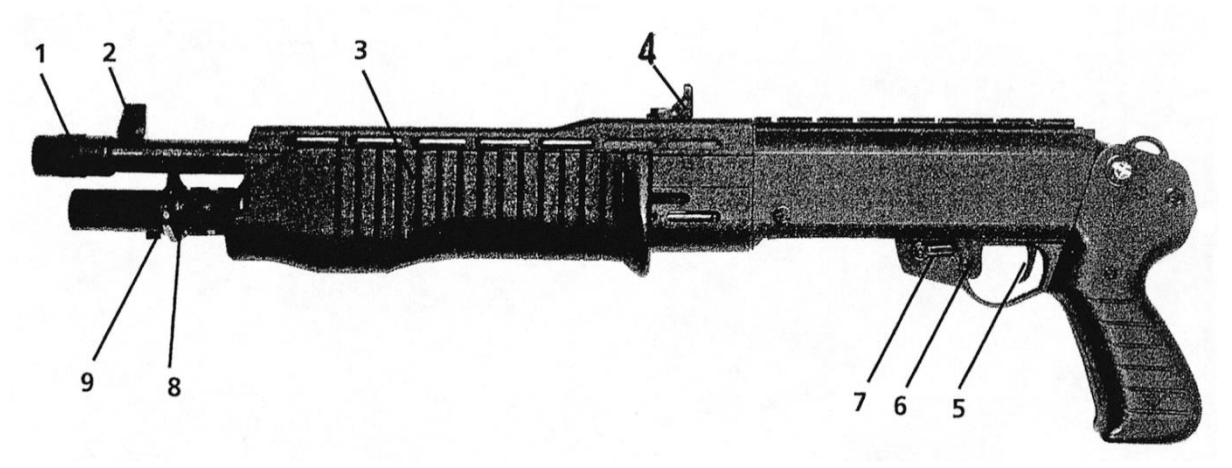


**Abb. 10** schematische Abbildung Waffe Nr. 4

### Waffe Nr. 5 Umarex Shot Gun 112

Dieses Gewehr ist ein Nachbau einer sog. Pumpgun. Sie fällt mit einer Geschossenergie von 0,39 J (< 0,5 J) in die Kategorie 3. Das Modell ist mit einer Länge von 660 mm und einem Gewicht von 1250 g die größte, der von uns untersuchten Waffen. Eine Automatik ist nicht enthalten, so dass nur eine Einzelschussabgabe möglich ist. Die Waffe verfügt über eine Sicherung. Des Weiteren ist als Besonderheit eine sogenannte „Shoot-Up“-Funktion verfügbar. Mit dieser Technik wird das Geschoss beim Abfeuern in Drehung versetzt. Das beeinflusst positiv die Flugeigenschaften der Kugel im Sinne des zuvor beschriebenen Hop-Up-Systems. Die Zielsicherheit wird verbessert und es ist möglich, die Schussentfernung zu erhöhen. Die Magazinkapazität beträgt 60 Schuss bei einem Kaliber von 6 mm.

In der ausführlich gestalteten Bedienungsanleitung wird wie schon bei den vorherigen Beschreibungen auf die Benutzung der richtigen Geschosse verwiesen, ebenso sind die bekannten Sicherheitsinstruktionen aufgeführt.



1	Mündung	7	Sicherungshebel
2	Korn	8	Trageriemenöse
3	Vorderschaft	9	Magazinhalter
4	Kimme mit Salvenwahlschalter für Einzelschuss oder Salve		
5	Abzug		
6	Sicherung		

**Abb. 11** Waffe Nr. 5

### 3.2. Auswahl der Geschosse

Alle von uns verwendeten Waffen weisen ein Kaliber von 6 mm auf. Die Herstellerempfehlung für die zu benutzenden Kugeln liegt bei einem Durchmesser von 6 mm und einem Gewicht von 0,12 g. Der Hersteller weist weiterhin in der Bedienungsanleitung der Waffen ausdrücklich darauf hin, dass keine Kugeln mit einem größeren Kaliber, einem Grat, versetzten Hälften sowie gebrauchte oder verschmutzte Kugeln verwendet werden sollten.



Somit entschieden wir uns für die Herstellerempfehlung 6 mm / 0,12 g sowie für die nächsthöhere Geschossart gleichen Kalibers 6 mm / 0,20 g, um zu untersuchen, welche Verletzungen die vom Hersteller empfohlenen Geschosse verursachen und ob möglicherweise das leicht höhere Gewicht der Kugel bei gleichem Kaliber einen signifikanten Einfluss auf das Verletzungsmuster hat.

Nicht untersucht wurden metallbeschichtete Kugeln, Bleikugeln und Stahlkugeln sowie Kugeln anderer Kaliber, da diese nicht in der Herstellerempfehlung enthalten sind und wir nur den bestimmungsgemäßen Gebrauch der Waffen untersuchen wollten. Aus gleichen Gründen wurden von uns nur runde Projektile untersucht. Projektile mit einer konischen bzw. einer spitzen Form (z.B. sog. Diabolos) würden per se penetrierende Verletzungen hervorrufen und können ohnehin nicht mit den untersuchten Waffen verschossen werden.

### 3.3. Bestimmung der physikalisch technischen Parameter

Alle Versuche zur Bestimmung der technischen und physikalischen Parameter wurden im Oktober 2007 in der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig durchgeführt.

#### 3.3.1. Bestimmung der tatsächlichen Geschossenergie

Die Stärke der Schussabgabe wird bei den verwendeten Waffen in Joule angegeben. Die Einheit Joule beschreibt, wie viel Energie nötig ist, um über eine Strecke von einem Meter die Kraft von 1 Newton aufzubringen. Die entsprechende Formel lautet:

$$1\text{J} = \frac{\text{kg} \times \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1\text{ Nm}$$

Der Hersteller ist nicht verpflichtet, auf der Verpackung und in der Beschreibung der Waffe detaillierte Angaben über die genaue Geschossenergie zu treffen. Es genügt die Angabe der Kategorie < 0,08 J und < 0,5 J, um die Waffen einzuordnen.

Uns interessierte jedoch die exakte Energie der Waffen. Zum einen war es in Kategorie 2 (< 0,08 J) wichtig, wieviel weniger Energie als 0,08 J die Waffe aufweist. Zum anderen ergab sich in der Kategorie 3 die Frage nach der Streubreite der Energien zwischen > 0,08 J und < 0,5 J.

Die Angaben über die tatsächliche Geschossenergie sind in Datentabellen der Waffen, welche uns vom Lieferanten (Firma Umarex) zur Verfügung gestellt wurden, enthalten und im Anhang, **Anlage 1** einzusehen. Diese sind jedoch nicht Gegenstand des üblichen Lieferumfangs.

### 3.3.2. Geschwindigkeit der Geschosse

Die Schussabgabe erfolgte über eine Druckluftkanone mit den eingestellten Geschossenergien 0,08 Joule, 0,2 Joule, 0,3 Joule, 0,4 Joule und 0,5 Joule. Es wurden 2 verschiedene 6 mm Rundkugeln aus Plastik mit einer Masse von 0,12 g und 0,2 g benutzt. Für die Ermittlung der Zeitabschnitte zur Berechnung der Geschwindigkeiten in den vorgegebenen Mündungsabschnitten wurden unterschiedliche Lichtschranken verwendet:

- LS 1: Eigenbau PTB, Messbasis 135 mm,
- LS 2: Eigenbau PTB (Referenzanlage), Messbasis 999,11 mm,
- LS 3: Drello 19i3, Messbasis 1000 mm.

*Mittlerer Messabstand des Lichtschrankenpaares vor der Mündung:*

LS 1: 0,1 m, 0,2 m, 0,5 m. Der Messort wurde nacheinander verändert, 3 unabhängige Durchläufe.

LS 2: 1 m, Bezugsbasis gemäß Anlage VI der Beschussverordnung.

LS 3: 2 m und 4 m.

Die Ermittlung der Geschwindigkeit erfolgte mittels Messung der Flugzeit über die Messbasislänge.

### 3.3.3. Energie der Geschosse

Zur Ermittlung der Energie der Geschosse in Abhängigkeit von der Entfernung wurden 6 mm Rundkugeln unterschiedlicher Dichte mit einer Druckluftkanone verschossen. Die Druckluftkanone simulierte die Geschossenergien 0,08 J, 0,2 J, 0,3 J, 0,4 J und 0,5 J.

### 3.3.4. Durchschlagkraft der Geschosse

Zur Ermittlung der Durchschlagkraft wurde Endlos-Lagenpapier beschossen. Es wurde herkömmliches Druckerpapier mit einem Gewicht von 5 g/Blatt (entspricht  $78 \text{ g/m}^2$ ) verwendet.

Dieses wurde über Gewindestangen aufgehängt und mit Stahlstäben (Gewicht je 76 g) beschwert. Der mittlere Abstand zwischen den Lagen betrug 10 mm, der Abstand der 1. Lage zur Mündung 1 m.

Die Schussabgabe erfolgte aus einer Druckluftkanone, welche die Geschossenergien 0,08 J, 0,2 J, 0,3 J, 0,4 J und 0,5 J simulierte. Diese Kanone hatte eine Druckluft-Bereichseinstellung von 1,5 bar bis 1,8 bar und verfügte über einen glatten Lauf mit einem Durchmesser von 6 mm. Die verwendeten Geschosse bestanden aus Kunststoff, hatten einen Durchmesser von 6 mm und eine Masse von 0,12 g und 0,2 g.

Abbildungen zum Versuchsaufbau sind im Bildanhang (**Abb. 18**) eingefügt.

In der physikalisch technischen Bundesanstalt wurde die maximale Reichweite der getesteten Waffen nicht bestimmt. Die max. effektive Reichweite ist abhängig von Umgebungsbedingungen, z.B. Windverhältnissen. Eindeutige Aussagen über die maximale effektive Reichweite der untersuchten Geschossenergien bis 0,5 J sind schwierig, da in der gängigen Literatur konkrete Werte fehlen. Kneubuehl <sup>(36)</sup> untersuchte Distanzen bis 40 m, merkte jedoch an, dass die Zielgenauigkeit ab Reichweiten über 10 m deutlich nachlässt. In Untersuchungen von Kratz et al <sup>(37)</sup> wurden Werte von 30 – 50 m angegeben.

### 3.4. Schussversuche auf Probanden

#### 3.4.1. Auswahl der Versuchspersonen

Im Vorfeld wurde durch die mitwirkenden Personen dieser Arbeit in orientierenden Vorversuchen die Planung und Ergebnisaufbereitung in verschiedenen Varianten erprobt und schließlich das dargestellte Konzept präferiert.

Der Versuchsaufbau wurde schriftlich formuliert und der Ethikkommission der Otto- von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R. vorgelegt und erörtert. Das positive Votum erging am 10.10.2007 und ist im Anhang, **Anlage 6** einzusehen.

Die Schussversuche wurden am 30.10.2007 in einem Raum der Fachhochschule der Polizei in Aschersleben durchgeführt.

Die an den Versuchen mitwirkenden Personen sind nachfolgend aufgelistet:

- Herr Prof. Dr. med. Dieter Krause, bis 30.09.2007 Direktor des Institutes für Rechtsmedizin der Universitätsklinik Magdeburg (Durchführung der Schussversuche, Begutachtung der Ergebnisse)
- Sandra Böttcher, Assistenzärztin am Institut für Rechtsmedizin der Universitätsklinik Magdeburg (Protokollführung, Aufklärung der Probanden, Dokumentation der Ergebnisse, Begutachtung)
- Lara Maroska, Medizinstudentin im Praktischen Jahr (Protokollierung)
- 40 Studierende des Hauptstudiums Studienjahrgang 29/ I /06 Studiengruppe 21
- Fachgruppe II (Kriminalwissenschaften)
  - o Fotografie Herr PHK Peter Eichardt
  - o Organisation Herr KK Tim Liebe
  - o Leitung Herr KOR Ralf Heidrich
- Fachgruppe I Einsatzlehre
  - o Waffenhandling Herr PHK Rene Hornung

- Dez. 23.2 Informationsstelle der Polizei Sachsen-Anhalt
  - o Videografie Herr KHK Uwe Lehmann und PHK Ralf Rappl

Die Versuchspersonen waren Studierende der Fachhochschule. Es wurden insgesamt 40 Personen im Alter von 21 bis 33 Jahren beschossen. Dabei waren 30 Probanden und 10 Probandinnen. Als Ausschlusskriterien galten akute und chronische Erkrankungen, Hauterkrankungen sowie eine erhöhte Blutungsneigung durch angeborene Erkrankungen bzw. Medikamenteneinnahme. Für die Teilnahme an den Versuchen wurde jedem Probanden ein Betrag von 25,00 € ausgezahlt. Das Probandeninformationsblatt ist in der **Anlage 4** des Anhangs einsehbar.

Es wurden insgesamt 5 Waffen mit einer Geschossenergie von  $< 0,08$  Joule bis  $< 0,5$  Joule und 2 Geschossarten (6 mm / 0,12 g, 6 mm / 0,2 g) eingesetzt.

Jede Waffe wurde an 6 Versuchspersonen getestet. Pro Waffe wurden je 3 Probanden mit der 1. Geschossart und je 3 Probanden mit der 2. Geschossart beschossen. Anschließend erfolgten separate Beschussversuche, um Streifschüsse, Mehrfachtreffer bei vollautomatischen Waffen und andere Situationen zu simulieren. Zum Beschuss der durch Bekleidung geschützten Haut trugen ausgewählte Probanden Sweatshirts. Für alle Schussversuche wurden 2 unterschiedliche Hautpartien ausgewählt, da die Haut nicht an allen Regionen gleich aufgebaut ist und ein möglicher Einfluss der unterschiedlichen Beschaffenheit der Haut auf das Verletzungsbild untersucht werden sollte.

Zum einen wurde die Haut der Innenseite des Unterarmes beschossen. Diese Haut ist verhältnismäßig dünn und durch die relativ hohe Dichte an in der Unterhaut gelegenen Schmerzrezeptoren recht schmerzempfindlich. Die der Unterhaut angrenzende Fettschicht ist meist spärlich ausgeprägt.

Zum anderen wurde die Rückenhaut als 2. Region für den Beschuss ausgewählt. Die Haut ist hier von relativ derber Beschaffenheit, die Schmerzrezeptoren liegen etwas weniger dicht beieinander und das darunter liegende Fettgewebe ist meist etwas stärker ausgeprägt.

### 3.4.2. Versuchsaufbau

Eine von jeder Versuchsperson unterzeichnete Einwilligungserklärung (siehe Anhang, **Anlage 5**) lag vor. Während der Versuche stand es jedem Probanden frei, jederzeit, ohne Angabe von Gründen, seine Einwilligung zurückzuziehen.

Die Versuche erfolgten in einem separaten Raum, welcher von Schussexperten der Fachhochschule als für diese Zwecke tauglich deklariert wurde. Alle Beteiligten trugen während der Versuche spezielle Schutzbrillen, um die Augen vor eventuellem Beschuss durch fehlgeleitete Geschosse zu schützen. Der Schusswinkel betrug bei den Versuchen (mit Ausnahme der Schräg- und Streifschussversuche) 90°.

Zunächst wurden 6 Schüsse auf den entblößten Unterarm abgegeben. Dabei wurde die Innenseite des Unterarmes beschossen.

Die Schussentfernungen betrugen:

- aufgesetzte Mündung
- 5 cm
- 10 cm
- 50 cm
- 1 m
- 2 m.

In der Situation stellte sich heraus, dass auf weiter gelegene Schussentfernungen, wie z.B. 1 m oder 2 m verzichtet werden konnte, da die Treffsicherheit mit steigender Entfernung abnahm. Da nicht regelmäßig bei jedem Probanden aus einer größeren Entfernung getroffen wurde, kamen die wenigen gelungenen Treffer nicht zur Auswertung.

Die Probanden hatten eine gewisse Schmerzerwartung, wurden aber nicht darüber informiert, welche Geschossenergie die jeweils benutzte Waffe aufwies. Unmittelbar nach jedem Treffer wurde der Proband gebeten, den empfundenen Schmerz auf einer Skala von 1 bis 10 zu bewerten.

Anschließend erfolgte der Beschuss der unbedeckten Rückenhaut (je 6 Schüsse). Die Entfernungen betrugen:

- Mündung aufgesetzt
- 5 cm
- 10 cm
- 50 cm
- 1 m
- 2 m.

Das Trefferareal lag zwischen den Schulterblättern bis seitlich der Lendenwirbelsäule.

Auch hier bewertete der Proband den empfundenen Schmerz unmittelbar nach jedem Treffer mittels einer Skala, wie bereits oben aufgeführt.

Zuletzt wurden besondere Schusssituationen simuliert. Diese waren: Mehrfachbeschuss (schnell aufeinander folgende Schussabgabe) und Schräg- bzw. Streifschuss.

Die Mehrfachbeschuss-Versuche erfolgten mit vollautomatischen Waffen Nr. 1 (0,133 J, zur Bewertung der Waffenkategorie 3) und Nr. 2 (0,079 J, Waffenkategorie 2). Für die Schräg- und Streifschussversuche wurde ein Aufprallwinkel von 45° und weniger bis hin zum fast horizontalen Schusswinkel gewählt.

### 3.4.3. Dokumentation der erhobenen Befunde

Das subjektive Schmerzempfinden der einzelnen Probanden wurde auf einer Skala mit den Endpunkten 1 und 10 erfasst, wobei die „1“ eine Berührung ohne Schmerzcharakter und die „10“ den maximal vorstellbaren Schmerz darstellt. Die Versuchspersonen gaben nach jedem Treffer eine Zahl an, die vom Protokollführer vermerkt wurde.

Wenige Minuten nach dem Beschuss erfolgten die fotografische Dokumentation mit angelegtem Maßstab (maßstabsbeschriftete Klebmarken bzw. angelegter Zollstock, Nummerierung der Trefferareale durch Kugelschreiber) sowie die Beurteilung der entstandenen Verletzungen durch ärztliches Personal.

Eine weitere fotografische Dokumentation erfolgte nach 1 Stunde, nach 2 Tagen sowie nach 1 Woche durch Personal der Fachhochschule Aschersleben. Für die Fotoaufnahmen wurde eine digitale Spiegelreflexkamera der Marke Nikon benutzt.

Bei einigen ausgewählten Versuchspersonen wurden die Beschüsse mittels einer Hochgeschwindigkeitsvideokamera (1000 Bilder pro Sekunde, Aufzeichnungsdauer max. 2 Minuten) gefilmt. Dieses Verfahren ermöglicht eine bessere Darstellung der Wirkung der Geschosse auf die Haut.

Pro Waffe (5) und Geschossart (2) wurden je 3 Probanden getestet. Damit wurden 30 Probanden zuerst am Unterarm und anschließend am Rücken beschossen. Bei den übrigen 10 Probanden wurden spezielle Schusssituationen simuliert. Insgesamt kamen somit ca. 1500 digitale Farbaufnahmen der Trefferbilder zur Auswertung.

### 3.4.4. Auswertung der Befunde

Für jeden Probanden wurde ein Dokumentationsblatt angelegt. Darauf wurden zunächst die Ergebnisse der subjektiven Schmerzempfindung vermerkt und die Trefferbilder in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf bewertet. Dabei wurden die Befunde der Ersterhebung unmittelbar nach dem Treffer mit den fotografischen Aufnahmen der Folgezeitpunkte verglichen. Die Ergebnisse der Schmerzskala wurden in Abhängigkeit von den benutzten Waffen, der verwendeten Geschosse, der getroffenen Hautpartie sowie der Entfernung ausgewertet. Weiter wurden für jede Waffe, jede Geschossart, jede Hautpartie und jede Entfernung die Trefferbilder in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf begutachtet und verglichen. Die Befunde der besonderen Schusssituationen wurden gesondert bewertet.

Die statistische Auswertung erfolgte unter Anwendung einfacher Mittelwert-Berechnungen und unter Angabe der Extremwerte.

### 3.5. Orientierende Untersuchungen am Tierauge

Bei unseren Schussversuchen wurde stets von allen Mitwirkenden eine Schutzbrille getragen. Letztlich ist aber für die Bewertung der Gefährlichkeit dieser Waffen eine Abschätzung der Befunde beim Treffen des ungeschützten Auges besonders interessant, da bei den untersuchten Waffen auch davon auszugehen ist, dass die Benutzer beim Spiel unter Umständen keine Schutzbrille tragen, auch wenn der Hersteller der Waffen ausdrücklich darauf hinweist, die Augen zu schützen.

Somit wurde entschieden, dass sich zu orientierenden Untersuchungen am ehesten Augen von Kaninchen und Schweinen eignen, da sie in der Anatomie und Größe dem menschlichen Auge ähneln. Die Tierexperimente wurden am gleichen Tag wie die Schussversuche in den Räumen der Polizei-Fachhochschule Aschersleben durchgeführt.

Es wurden 5 Schweine- bzw. Kaninchen-Augäpfel mit und ohne Lidbedeckung verwendet. Die Schlachtung der Tiere lag 1 - 2 Tage zurück, die Augen wurden bis zur den Versuchen bei 5-7 °C gekühlt gelagert.

Der Beschuss erfolgte aus einer Distanz von minimal 5 cm bis maximal 1 m. Es wurden Waffen der niedrigsten (0,079 J), der mittleren (0,288 J) und der höchsten (0,469 J) Geschossenergie und Geschosse mit einem Kaliber von 6 mm und einem Gewicht von 0,20 g verwendet. Die Befunde wurden in Augenschein genommen und von ärztlichem Personal begutachtet und fotografisch dokumentiert.

Aufgrund der fehlenden Durchblutung der Augen ergaben sich Überlegungen zu weiteren Tierversuchen. Diese Beschussversuche sollten möglichst in einer Tierarztpraxis zeitnah nach Einschläferung der Tiere erfolgen, da zu diesem Zeitpunkt noch eine gewisse Durchblutung der Augäpfel gegeben ist.

In einer Magdeburger Tierarztpraxis wurden im Oktober 2007 im Einvernehmen mit dem behandelnden Tierarzt und den Besitzern der Tiere Schussversuche auf die geöffneten Augen der Tiere durchgeführt. Die Einschläferung der Hunde erfolgte aus medizinischen Gründen mittels eines für diesen Gebrauch üblichen Narkosemedikamentes.

Es wurden 2 Hunde (der Rassen Rottweiler und Cocker Spaniel) 1 Stunde nach deren Einschläferung als Versuchsobjekte ausgewählt. Die Hundekörper waren noch nicht ausgekühlt, die Totenstarre war noch nicht ausgebildet. Augenerkrankungen waren nicht erkennbar. Die Augenlider wurden geöffnet und aus einer Entfernung von 5 cm erfolgte der Beschuss des einen Augapfels mit der Waffe Nr. 2 (Geschossenergie 0,079 J) und des anderen Augapfels und mit der Waffe Nr. 4 (0,288 J). Wir verwendeten die Geschossart 2 (6 mm / 0,20 g). Das Ergebnis wurde begutachtet und fotografisch dokumentiert.

### 3.6. Fallberichte aus der Augenklinik

Nach orientierenden Untersuchungen durch Beschuss von Tieraugen erfolgte anschließend eine Fallrecherche im Untersuchungsgut der hiesigen Augenklinik des Universitätsklinikums Magdeburg.

Zunächst wurde in der elektronischen Datenbank der letzten 10 Jahre nach Verletzungen durch Soft-Air-Waffen gesucht. Dabei fanden sich 4 Treffer-Fälle. Mit Genehmigung durch Herrn Oberarzt Dr. med. Thoralf Wecke erfolgte daraufhin eine Einsicht in die Krankenakten und die Bereitstellung der fotografischen Dokumentation. Die Patientendaten wurden anonymisiert.

Da diese Fälle teils mehrere Jahre zurückliegen und retrospektiv betrachtet werden, sind zumeist die Geschossenergie, der Abstand sowie die Art der Geschosse unbekannt. Aufgrund des Alters der Patienten ist jedoch davon auszugehen, dass es sich bei den verwendeten Waffen um die für diese Arbeit interessanten Modelle der Kategorie 3 (Geschossenergie bis 0,5 J) handelt, welche frei im Handel erhältlich sind und somit auch für Jugendliche zugänglich waren.

Über den Krankheitsverlauf der 4 Patienten wird im Teil Ergebnisse (Unterpunkt 4.7.) berichtet. Bilder des Augenhintergrundes, einer Spaltlampenaufnahme sowie Röntgenaufnahmen der jeweiligen Fälle sind im Bildanhang angefügt.



## 4. Ergebnisse

### 4.1. Physikalisch technische Parameter der einzelnen Waffen

(Daten laut experimenteller Auswertung der Physikalisch Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, vom 16.10.2007, Herr Franke)

#### 4.1.1. Geschwindigkeit der Geschosse innerhalb einer Reichweite von 4 m

Betrachtet wird zunächst die Geschwindigkeit der Geschosse an verschiedenen Messpunkten in Bezug auf die jeweilige Geschossenergie und die unterschiedliche Masse der Kugeln.

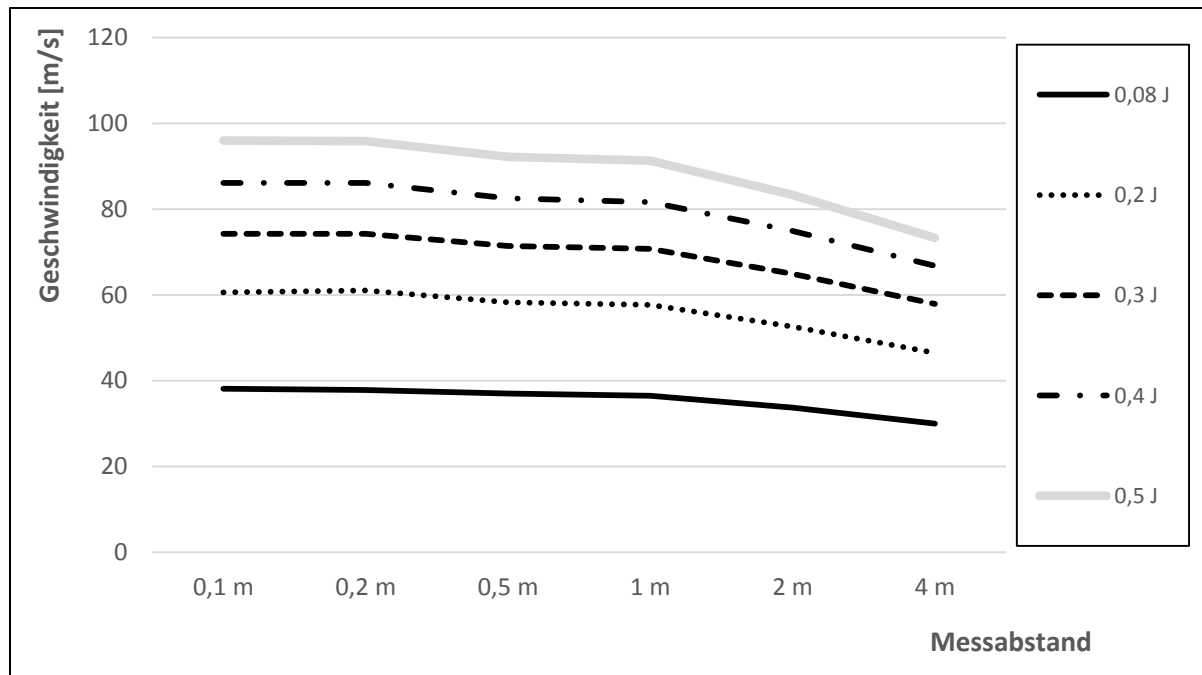
Bei Vergleich der Werte unter Berücksichtigung des Gewichtes der Geschosse lag die maximale Geschwindigkeit bei einer Geschossenergie von 0,5 J und einer Masse des Geschosses von 0,12 g bei einem Wert von 96 m/s am Messpunkt von 0,1 m. Die mit den schwereren Geschossen bei Verwendung von 0,5 J erreichte Maximalgeschwindigkeit lag bei 72,9 m/s am Messpunkt 0,1 m. Bei der niedrigsten Geschossenergie von 0,08 J wurde bei Verwendung der leichteren Geschosse (0,12 g) eine Geschwindigkeit von 38,1 m/s gemessen. Bei gleicher Energie ergab sich mit der 2. Geschossart (0,20 g) ein Wert von 28,8 m/s.

Eine Auflistung aller Werte erfolgt in den Tabellen (3 und 4), eine grafische Darstellung des Verlaufes sieht man in den dazugehörigen Diagrammen (1 und 2).

Anzumerken ist, insbesondere bei den Werten der Geschosse mit einer Masse von 0,20 g, dass es am 2. Messpunkt eine Erhöhung der Geschwindigkeit auffällt, die am ehesten durch einen systematischen Messfehler zu erklären ist, da die Beschleunigung mit Austritt der Kugeln aus dem Lauf beendet ist und die Geschosse nun durch Luftreibung abgebremst werden.

Kunststoffkugeln 0,12 g						
Energie	0,1 m	0,2 m	0,5 m	1 m	2 m	4 m
0,08 J	38,1	37,8	37	36,5	33,7	30
0,2 J	60,6	61	58,3	57,7	52,6	46,5
0,3 J	74,2	74,2	71,4	70,7	64,9	57,9
0,4 J	86,1	86,1	82,5	81,6	74,9	66,8
0,5 J	96	95,8	92,2	91,3	83,3	73,3

**Tab. 3** Geschwindigkeit der Geschosse (m/s) mit einem Gewicht von 0,12 g in Abhängigkeit von der Geschossenergie und von der Schussentfernung

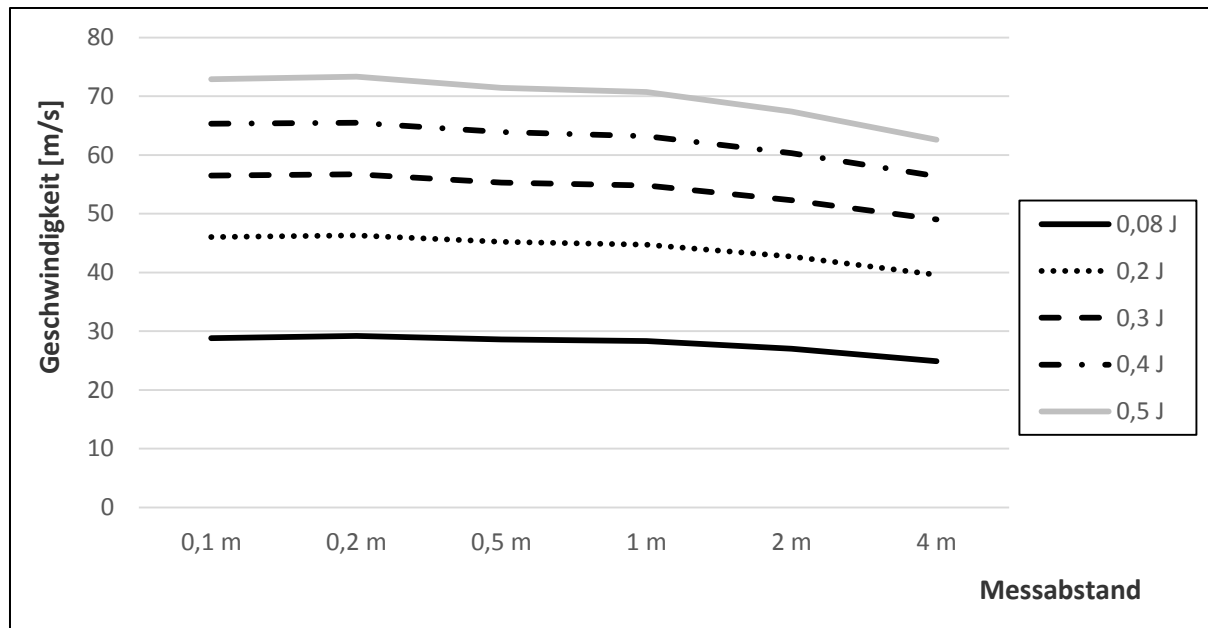


**Diagramm 1** Geschwindigkeit der Geschosse (m/s) mit einem Gewicht von 0,12 g in Abhängigkeit von der Geschossenergie und von der Schussentfernung

Der Kurvenverlauf (Trend) wird durch die nichtlineare Darstellung der x-Achse (Messabstand) verstärkt

Kunststoffkugeln 0,20 g						
Energie	0,1 m	0,2 m	0,5 m	1 m	2 m	4 m
0,08 J	28,8	29,2	28,6	28,3	27	24,9
0,2 J	46	46,3	45,2	44,7	42,7	39,6
0,3 J	56,5	56,7	55,3	54,8	52,3	49
0,4 J	65,3	65,5	63,9	63,2	60,3	56,4
0,5 J	72,9	73,3	71,4	70,7	67,4	62,6

**Tab. 4** Geschwindigkeit der Geschosse (m/s) mit einem Gewicht von 0,20 g in Abhängigkeit von der Geschossenergie und von der Schussentfernung



**Diagramm 2** Geschwindigkeit der Geschosse (m/s) mit einem Gewicht von 0,20 g in Abhängigkeit von der Geschossenergie und von der Schussentfernung

Der Kurvenverlauf (Trend) wird durch die nichtlineare Darstellung der x-Achse (Messabstand) verstärkt

#### 4.1.2. Energie der Geschosse innerhalb einer Reichweite von 4 m

Bei vergleichender Betrachtung der Geschossgewichte zeigten sich keine unterschiedlichen Ergebnisse.

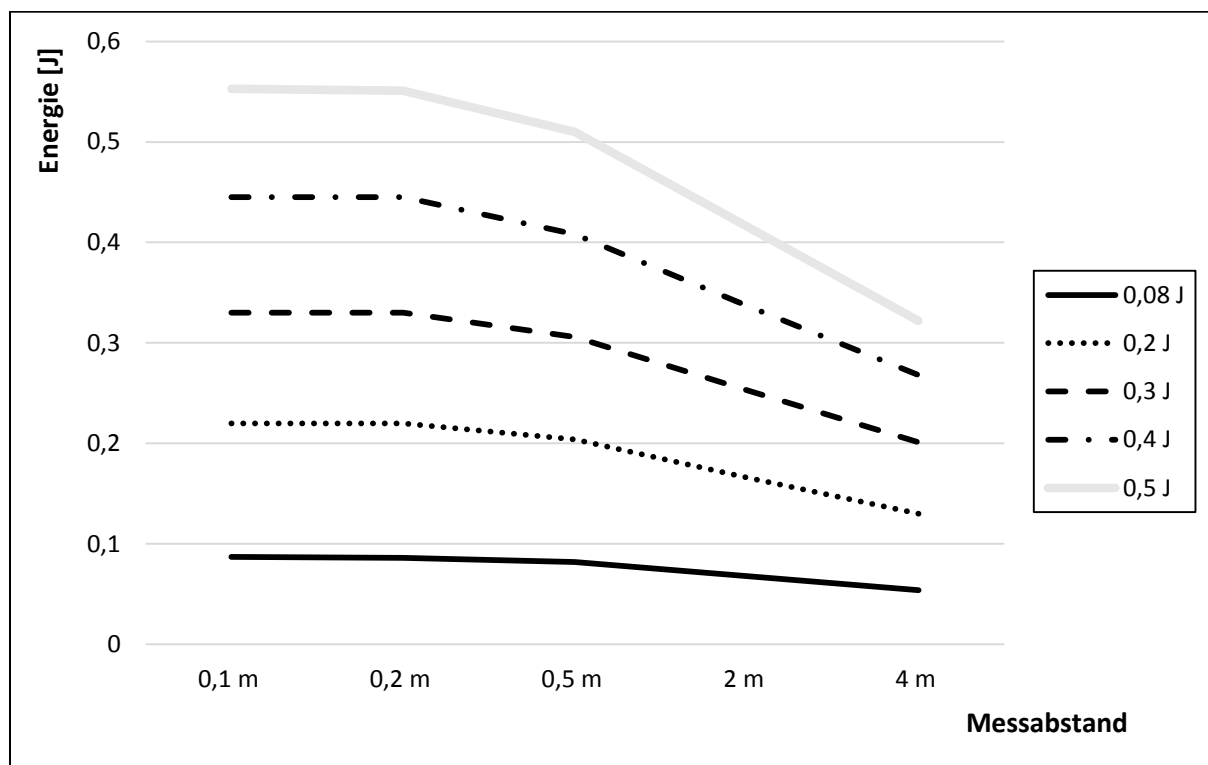
Die Geschosse erreichten unabhängig vom ihrem Gewicht die maximale Energie innerhalb des Nahbereiches von 0,05 m bis zu 0,5 m. Im Bereich ab 1 m nahm die Geschossenergie stetig ab. Betrachtet man zunächst die leichteren Geschosse so bestand bei einer Energie von 0,08 J im Vergleich vom 1. Messpunkt (0,1 m) mit dem letzten Messpunkt (4 m) ein Abfall der Energie von 38 %. Bei einer Geschossenergie von 0,5 J zeigte sich in der Entfernung von 4 m ein Energieabfall um 42 %. Angeglihen waren die Werte bei Bewertung der schwereren Geschosse. Hier stand ein Energieabfall von 25 % bei einer Energie von 0,08 J einem Wert von 26 % bei einer Geschossenergie von 0,5 J gegenüber.

Laut Energieerhaltungssatz kann Energie nicht verloren gehen, sie wird lediglich umgewandelt. So ergibt sich eine Umwandlung der kinetischen Energie in thermische Energie auf Grund des Luftwiderstandes.

Eine detaillierte Auflistung der Werte sind den Tabellen 5 und 6 zu entnehmen, der schematische Verlauf wird in den Diagrammen 3 und 4 dargestellt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass der Trend durch die nichtlineare Darstellung der X-Achse verstärkt wird.

Kunststoffkugeln 0,12 g					
Energie [J]	0,1 m	0,2 m	0,5 m	2 m	4 m
0,08 J	0,087	0,086	0,082	0,068	0,054
0,2 J	0,22	0,22	0,204	0,166	0,13
0,3 J	0,33	0,33	0,306	0,253	0,201
0,4 J	0,445	0,445	0,408	0,337	0,268
0,5 J	0,553	0,551	0,51	0,416	0,322

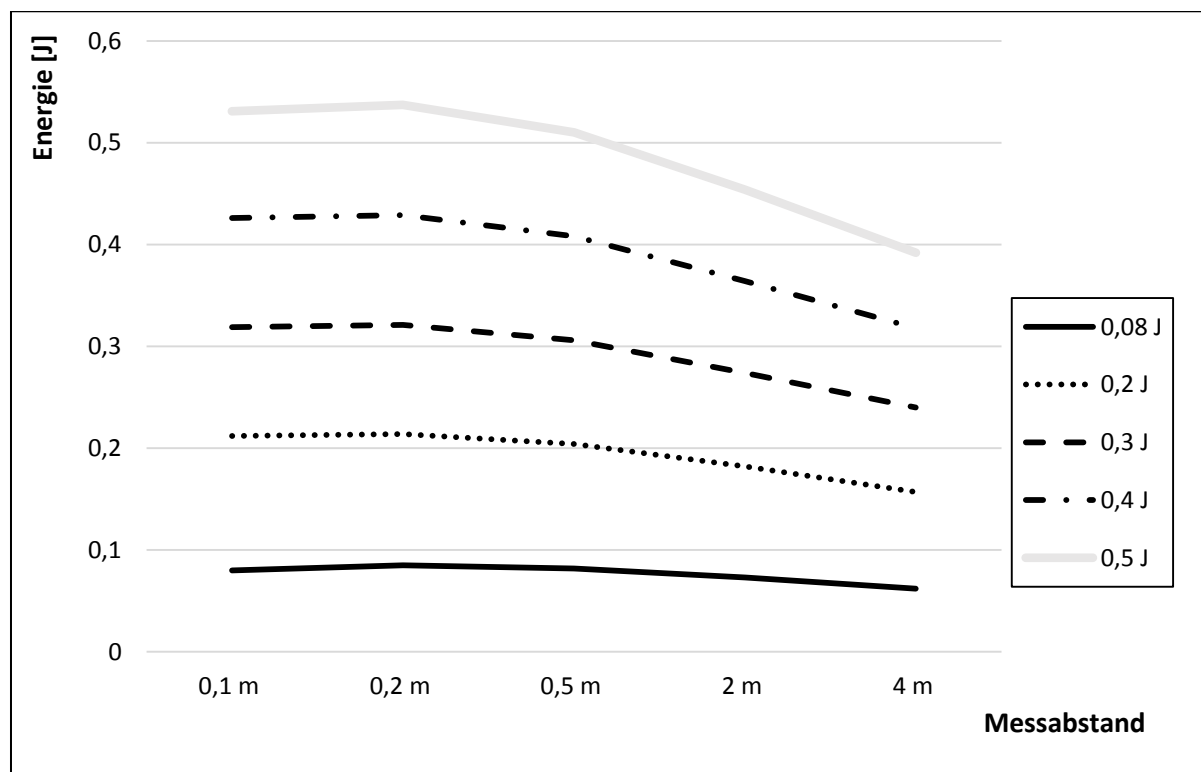
**Tab. 5** Energie der Geschosse (J) in Abhängigkeit vom Abstand zur Mündung (Schussentfernung)



**Diagramm 3** Energie der Geschosse (J) in Abhängigkeit vom Abstand zur Mündung (Schussentfernung), Der Kurvenverlauf (Trend) wird durch die nichtlineare Darstellung der x-Achse (Messabstand) verstärkt

Kunststoffkugeln 0,20 g					
Energie [J]	0,1 m	0,2 m	0,5 m	2 m	4 m
0,08 J	0,08	0,085	0,082	0,073	0,062
0,2 J	0,212	0,214	0,204	0,182	0,157
0,3 J	0,319	0,321	0,306	0,274	0,24
0,4 J	0,426	0,429	0,408	0,364	0,318
0,5 J	0,531	0,537	0,51	0,454	0,392

**Tab. 6** Energie der Geschosse (J) in Abhängigkeit vom Abstand zur Mündung (Schussentfernung)



**Diagramm 4** Energie der Geschosse (J) in Abhängigkeit vom Abstand zur Mündung (Schussentfernung)  
Der Kurvenverlauf (Trend) wird durch die nichtlineare Darstellung der x-Achse (Messabstand) verstärkt

#### 4.1.3. Durchschlagkraft der Geschosse

Von den Mitarbeitern der PTB wurden 2 Kugelarten unterschiedlicher Masse getestet. Dabei handelte es sich um Kunststoffkugeln mit einem Gewicht von 0,12 g und 0,20 g

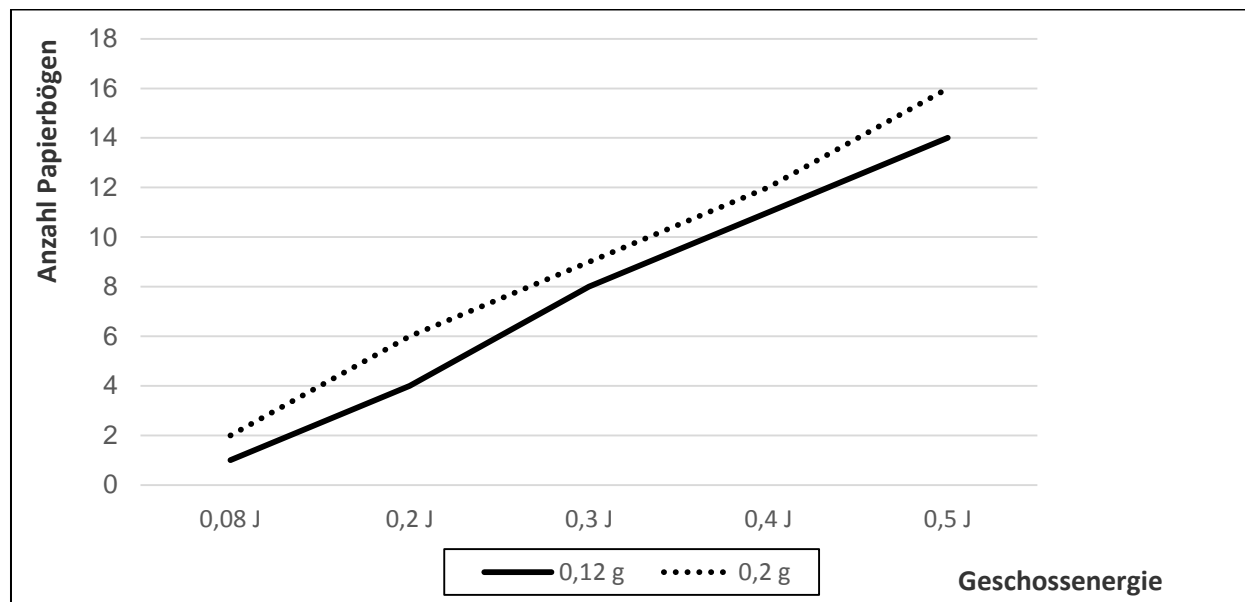
Bei der niedrigsten Geschossenergie (0,08 J) und niedrigsten Masse der Kugeln (0,12 g) wurde 1 Lage Papier durchschossen, bei 0,2 J waren es 4 Lagen Papier, bei 0,3 J 8 Lagen Papier, bei 0,4 J 11 Lagen Papier und bei einer Geschossenergie von 0,5 J wurden 14 Lagen Papier durchdrungen.

Die schwerere Geschossart 2 (0,20 g) wies bei einer Geschossenergie von 0,08 J 2 durchschossene Lagen Papier auf, bei 0,2 J 6 Lagen Papier, bei 0,3 J 9 Lagen Papier, bei 0,4 J wurden 12 Lagen Papier durchdrungen und bei einer maximalen Geschossenergie von 0,5 J waren 16 Lagen Papier durchschossen.

Eine Auflistung der Werte und eine schematische Darstellung sind der Tabelle 7 und dem Diagramm 5 zu entnehmen.

	0,08 J	0,2 J	0,3 J	0,4 J	0,5 J
0,12 g	1	4	8	11	14
0,2 g	2	6	9	12	16

**Tab. 7** Anzahl der durchschlagenen Seiten Druckerpapier in Abhängigkeit von der Geschossenergie und der Masse der Geschosse



**Diagramm 5** Anzahl der durchschlagenen Seiten Druckerpapier in Abhängigkeit von der Geschossenergie und der Masse der Geschosse

## 4.2. Ergebnisse der Schussversuche

### 4.2.1. Subjektives Schmerzempfinden

Alle Probanden hatten vor dem Beschuss eine gewisse Schmerzerwartung. Zur Bewertung des Schmerzereignisses mussten die Versuchspersonen einen Wert zwischen minimal 1 bis maximal 10 benennen, wobei der Wert 1 lediglich eine Berührung ohne Schmerzcharakter und der Wert 10 den maximal vorzustellenden Schmerz darstellte. Das Schmerzereignis wurde insgesamt in einer Zeit von 1 bis 2 Sekunden als anschwellend und nur langsam abklingend geschildert.

Eine Auflistung aller Werte mit Bezug auf die Entfernung, die Körperpartie, die Geschossenergie und –masse sowie das Geschlecht der Probanden ist im Anhang (**Anlage 1 und 2**) einzusehen.

#### Schmerzempfinden in Abhängigkeit von der Geschossenergie

Es kamen insgesamt 295 Treffer zur Auswertung. In der Mehrzahl der Treffer wurde von den Probanden ein deutlicher Schmerz verspürt. 8x wurde von den Probanden sowohl bei Beschuss der Arme als auch des Rückens lediglich der Wert 1 angegeben, welcher einer Berührung ohne Schmerzcharakter entsprach. Dieses war nur beim aufgesetzten Schuss aus der Waffe Nr. 1 (0,133 J) zu beobachten. 11x vergaben die Probanden den Höchstwert 10, als Ausdruck des maximal vorstellbaren Schmerzes, davon 9x bei Beschuss mit Waffe Nr. 3 (0,469 J), welche die höchste Geschossenergie der verwendeten Waffen aufwies.

Die Probanden verspürten bei Beschuss durch die niedrigenergetischen Waffen 1 und 2 eine nahezu gleichartige Schmerzstärke. Die Werte liegen hier im Mittel zwischen 4 - 5 mit einer Streubreite von 1 – 8. Der am häufigsten (jeweils 13x) angegebene Wert lag bei beiden Waffen bei 5.

Bei Waffe Nr. 4, welche mit 0,288 J im mittleren Energiebereich liegt, wurde von den Probanden ein mittlerer Wert von 6 angegeben, am häufigsten (in 20 von 60 Schussversuchen wurde der Schmerz bei einer Intensität von 7 eingeordnet. Die minimale Schmerzintensität lag bei 3, die maximale bei 8.

Bei Beschuss mittels der höherenergetischen Waffen Nr. 5 (0,39 J) und Nr. 3 (0,469 J) kam es zu den intensivsten Schmerzwahrnehmungen mit Werten von im Mittel 7 – 8. Insbesondere bei Treffern der Waffe Nr. 3 wurde mehrfach eine Intensität von 10 angegeben.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Mittelwerte und die Streubreite aufgeführt.

Waffe	Geschossenergie [J]	durchschnittliche Schmerzstärke (auf einer Skala von 1-10, Mittelwerte + Streubreite)
2	0,079	5 (2 – 8)
1	0,133	4 (1 – 8)
4	0,288	6 (3 – 8)
5	0,39	8 (3 – 10)
3	0,469	7 (3 – 10)

**Tab. 8** Durchschnittliche Schmerzintensität in Abhängigkeit von der Geschossenergie (alle Geschossarten, alle Entfernungen gemittelt)

### Schmerzempfinden in Abhängigkeit von der Geschossenergie und der getroffenen Hautpartie

Die niedrigsten Schmerzintensitäten wurden bei Beschuss des Unterarmes mit der Waffe Nr. 1 (0,133 J) angegeben. Hier schwankten die Angaben zwischen 1 bis 5. Der Mittelwert lag bei **4**. Ein Proband bewertete das Schmerzereignis im oberen Bereich mit einem Wert von 7.

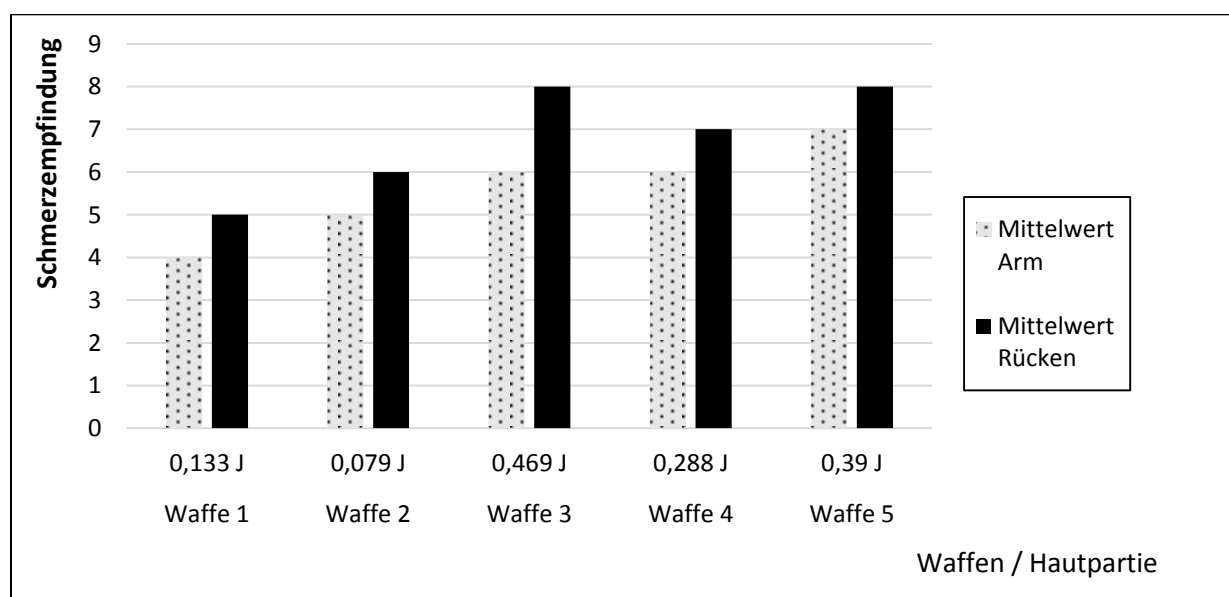
Bei Beschuss der Rückenpartie mit der gleichen Waffe lag die Streubreite der Schmerzintensitäten zwischen den Werten 1 bis 8, im Mittel bei **5**.

Die intensivsten Schmerzempfindungen wurden bei Beschuss mit der Waffe der höchsten Geschossenergie (0,469 J) verspürt. Dabei wurde das Schmerzereignis ebenfalls nach Beschuss der Rückenhaut mit einem Wert von **10** als leicht intensiver im Vergleich zu einem Wert von **9** nach Beschuss der Unterarmregion angegeben.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse in Bezug auf die Hautpartie sowie eine graphische Darstellung sind in Tabelle 9 und dem dazugehörigen Diagramm 6 dargestellt.

Waffe	Geschossenergie [J]	Geschossart [g]	Mittelwert Arm	Mittelwert Rücken
2	0,079	0,12	5	6
1	0,133	0,12	4	5
4	0,288	0,2	6	7
5	0,39	0,2	7	8
3	0,469	0,2	6	8

**Tab. 9** subjektive Schmerzempfindung in Abhängigkeit von der Geschossenergie und der getroffenen Hautregion



**Diagramm 6** subjektive Schmerzempfindung in Abhängigkeit von der Geschossenergie und der getroffenen Hautregion



### Schmerzempfinden in Abhängigkeit von den Geschossen

Für die Mittelwerts-Berechnungen der entsprechenden Waffen wurden alle Schussdistanzen und alle Hautregionen einbezogen.

Bei Verwendung der leichteren Geschosse (0,12 g) zeigte sich bei der Waffe mit der niedrigsten Geschossenergie (Waffe Nr. 2, 0,079 J) im Mittel ein Wert von **6** (min. 3 bis max. 7). Dazu wurde im Vergleich mit Verwendung der schwereren Geschosse (0,20 g) bei gleicher Geschossenergie ein Mittelwert von gerundet **4** (min. 2 bis max. 5) erreicht.

Die Waffe mit der nächsthöheren Geschossenergie (Nr. 1, 0,133 J) zeigte bei Verwendung der leichteren Geschosse 1 einen Mittelwert von gerundet **5** (min. 1 bis max. 7), unter Verwendung der 2. Geschossart einen mittleren gerundeten Wert von **4** (min. 1 bis max. 6).

Bei Verwendung der höherenergetischen Waffen (Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5) zeigten sich nahezu gleiche Mittelwerte der Schmerzempfindung.

Dabei lag bei Verwendung der Geschossart 1 der gerundete Mittelwert für die Waffe Nr. 4 (0,288 J) bei **7** (min. 4 bis max. 8). Bei Verwendung der 2. Geschossart zeigte sich ein mittlerer gerundeter Wert von **6** (min. 3 bis max. 8).

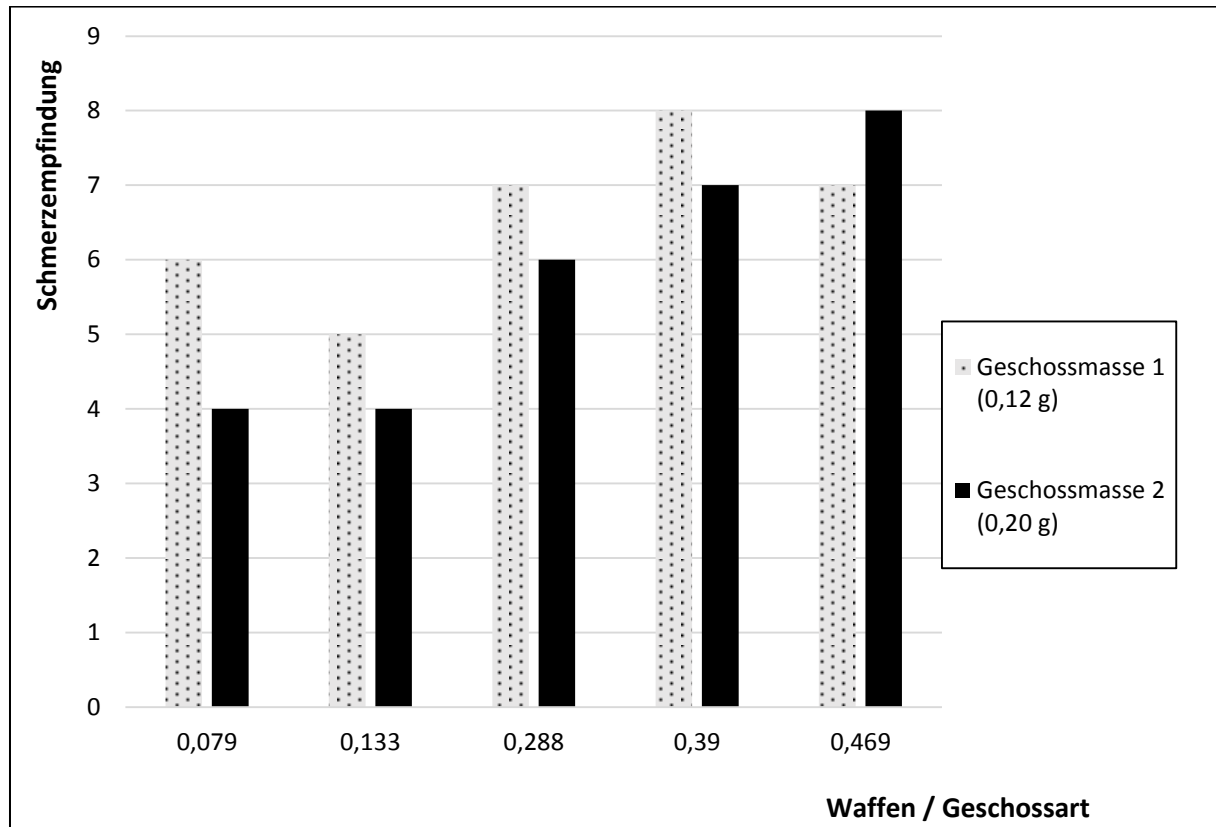
Der mittlere Wert bei Waffe Nr. 5 und Verwendung der leichteren Geschosse lag bei gerundet **8** (min. 5 bis max. 9). Unter Verwendung der 2. Geschossart lag der Mittelwert bei gerundet **8** (min. 3 bis max. 9).

Die Waffe mit der höchsten Geschossenergie (Nr. 3, 0,469 J) zeigte einen gerundeten Mittelwert von **7** (min. 4 bis max. 10) unter Einbeziehung der Geschossart 1. Vergleichend dazu lag der Mittelwert der subjektiven Schmerzwahrnehmung bei Verwendung der gleichen Waffe und schwereren Geschossart bei gerundet **8** (min. 3 bis max. 10).

Genaue Angaben zu den errechneten Mittelwerten sind in Tabelle 10 aufgeführt. Eine schematische Darstellung der Ergebnisse ist Diagramm 7 zu entnehmen.

Waffe	Energie [J]	Geschossmasse 1 (0,12 g)	Geschossmasse 2 (0,20 g)
2	0,079	6	4
1	0,133	5	4
4	0,288	7	6
5	0,39	8	7
3	0,469	7	8

**Tab. 10** Vergleich der subjektiven Schmerzwahrnehmung in Abhängigkeit von der verwendeten Geschosse (alle Hautregionen, alle Schussdistanzen)



**Diagramm 7** Vergleich der subjektiven Schmerzwahrnehmung in Abhängigkeit von der verwendeten Geschosse

#### Schmerzempfinden in Abhängigkeit von der Entfernung der Schussabgabe

Bei Beschuss beider Hautregionen führte der aufgesetzte Schuss unter Verwendung der Waffe mit der geringsten Geschossenergie (Nr. 2, 0,079 J) zu einer mittleren Schmerzintensität von **3-4** (min. 2 bis max. 5). Bei steigender Entfernung der Schussabgabe steigerte sich die Schmerzwahrnehmung auf einen Wert von **6** (min. 3 bis max. 7) bei 0,05 m und 0,1 m. In den höheren Schussdistanzen von 0,5 m, 1 m und 2 m zeigten sich Schmerzintensitäten im Mittel von **5-6** (min. 3 bis max. 8).

Die niedrigste Bewertung der Schmerzintensität fand im Bereich des aufgesetzten Schusses und einer Geschossenergie von 0,133 J statt. Hier ordneten 5 von 6 Probanden die Schmerzintensität bei einem Wert von **1** ein.

Bei Beschuss mit den Waffen 3 und 5 (entsprechend 0,469 J und 0,39 J) zeigte sich eine Steigerung des Schmerzempfindens mit Zunahme der Schussentfernung. Hier führte der aufgesetzte Schuss zu einer mittleren Schmerzintensität von **5** (min. 3 bis max. 8) bei Verwendung einer Geschossenergie von 0,469 J. Eine Schmerzwahrnehmung von **7** (min. 3 bis max. 9) wurde bei einer Geschossenergie von 0,39 J angegeben. Im Bereich von 0,05 m bis 0,1 m lag der Mittelwert bei einer Energie von 0,469 J bei **7** (min. 5 bis max. 10). Bei gleicher Entfernung und Verwendung einer Geschossenergie von 0,39 J lag der mittlere Wert bei **8** (min. 5 bis max. 9).

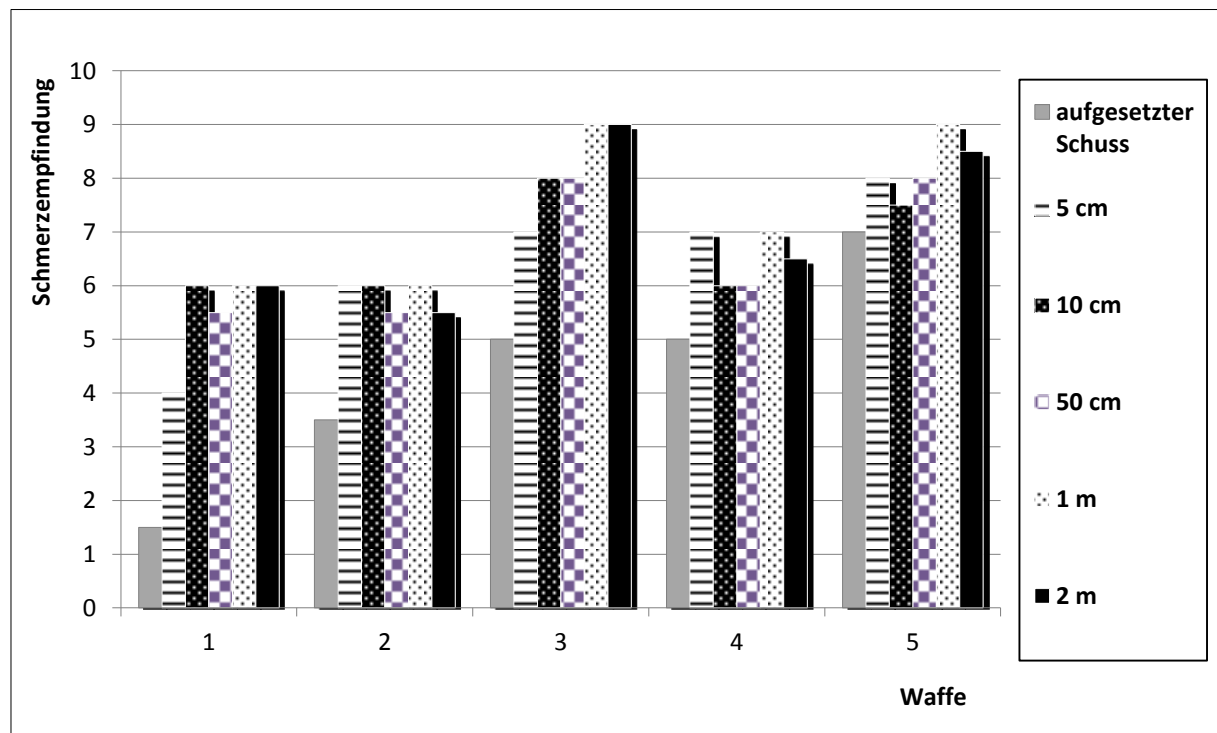
Auch eine relativ große Schussentfernung von bis zu 2 m führte, insbesondere bei den höheren Geschossenergien (0,39 J, 0,469 J) zu einem sehr intensiven Schmerzereignis mit Werten bis 9 (Geschossenergie 0,469 J).

Die Waffe mit der niedrigsten Geschossenergie führte unabhängig von den Schussdistanzen zu einem gleich stark empfundenen Ereignis (Mittelwert 6).

Eine detaillierte Auflistung der Werte und eine schematische Darstellung der Ergebnisse sind der Tabelle 11 und dem Diagramm 8 zu entnehmen.

Waffe	aufgesetzter Schuss	5 cm	10 cm	50 cm	1 m	2 m
1 (0,133 J)	1,5	4	6	5,5	6	6
2 (0,079 J)	3,5	6	6	5,5	6	5,5
3 (0,469 J)	5	7	8	8	9	9
4 (0,288 J)	5	7	6	6	7	6,5
5 (0,390 J)	7	8	7,5	8	9	8,5

**Tab. 11** Abhängigkeit des Schmerzempfindens in Abhängigkeit von der verwendeten Waffe und der Schussentfernung



**Diagramm 8** Abhängigkeit des Schmerzempfindens in Abhängigkeit von der verwendeten Waffe und der Schussentfernung

#### 4.2.2. Befundbeschreibung nach Inspektion im zeitlichen Verlauf

Nahezu alle abgegebenen Schüsse trafen auf die beabsichtigte Hautregion. Sofort nach dem Auftreffen des Geschosses auf die Haut der Probanden war an der Auftreffstelle ein kurzes Muskelzucken erkennbar. Die Kugel fiel unmittelbar nach dem Auftreffen zu Boden, lediglich in einem Fall blieb das Geschoss an der schweißnassen Haut kleben. Verletzungen im Sinne einer Durchtrennung oder eines Aufplatzens der Haut sowie Steckschüsse wurden nicht beobachtet.

Bei Betrachtung der Schussabgabe und Aufprall der Kugel auf die Haut mittels einer Hochgeschwindigkeitskamera (**Abb. 1/2**, Bildanhang) konnte man eine kraterförmige Hautvertiefung mit radiärer Erweiterung unmittelbar nach Auftreffen der Kugel beobachten. Anschließend sah man eine elastische Reposition der anfangs überdehnten Weichteile in Umgebung der Trefferstelle.

Wenige Sekunden nach dem Treffer begann die initial blasse Haut des Trefferareals anzuschwellen und spätestens nach 30 Sekunden war die Region in Umgebung der Aufprallstelle auf unterschiedliche Weise rötlich demarkiert. In Abhängigkeit von der Geschossenergie und zum Teil auch der Schussentfernung waren die Trefferbilder sehr unterschiedlich und zeigten in der Mehrheit der Fälle bis zu 1 Stunde nach dem Ereignis ihre volle Ausprägung. Innerhalb dieser Zeit erfolgte die fotografische Dokumentation. Wesentliche Unterschiede im Verletzungsmuster in Abhängigkeit zu den verschiedenen hier verwendeten Geschossarten waren bei diesen Untersuchungen nicht zu beobachten.

Es folgt nun eine detaillierte Beschreibung der Verletzungen in Bezug auf die verwendeten Waffen. Zur besseren Veranschaulichung sind die beschriebenen Befunde im Bildanhang beigelegt (**Abb. 3-12**).

##### 4.2.2.1. Waffe Nr. 2 (0,079 Joule)

Auf die Haut des Unterarmes wurden 4 Schüsse aus folgenden Entfernungen abgegeben: aufgesetzte Mündung, 5 cm, 10 cm und 50 cm. Die getroffenen Stellen wiesen wenige Minuten nach Beschuss eine leichte Rötung in einer Ausdehnung von ca. 0,5 cm im Durchmesser ohne erkennbare Schwellung auf. Wesentliche Unterschiede im Hautbefund in Abhängigkeit von der Schussdistanz waren nicht erkennbar.

Am Rücken wurde die Haut zusätzlich aus 1 m und 2 m Entfernung beschossen, somit wurden hier 6 Schüsse abgegeben. Auch hier verfärbten sich die getroffenen Stellen in einem schwachen Rotton. In der unmittelbaren Umgebung von ca. 1 bis 2 cm um das Treffergebiet ließ sich eine flächige Rötung der Haut (Erythem) beobachten.

Etwa 1 Stunde nach Beschuss waren die Treffer an Arm und Rücken gerade noch als kreisrunde blassrosa Verfärbungen der Haut wahrnehmbar.

Bei erneuter Inaugenscheinnahme 2 Tage nach Beschuss (Auswertung der fotografischen Dokumentation) waren sowohl an der Unterarm- als auch an der Rückenhaut keinerlei Veränderungen des beschossenen Hautareals erkennbar. Die anfangs beschriebenen Hautverfärbungen hatten sich vollständig zurückgebildet. Auf eine abschließende Besichtigung nach 7 Tagen wurde daraufhin verzichtet.

(Fotografische Dokumentation im Bildanhang **Abb. 3**)

#### 4.2.2.2. Waffe Nr. 1 (0,133 Joule)

Am Unterarm stellte sich der Treffer mit aufgesetzter Mündung unmittelbar nach Beschuss als hellrote punktförmige Hautverfärbung in einer maximalen Ausdehnung von ca. 0,4 cm Durchmesser dar.

Der Beschuss aus 5 cm Entfernung führte zu einer Hautveränderung mit einem zentralen blassrosafarbenen Bereich, der von einer intensiveren ringförmigen Rötung auf ca. 0,6 cm im Durchmesser umgeben war. In die Rötung eingelagert fanden sich einzelne punktförmige Unterblutungen (Petechien).

Die Schüsse aus 10 cm und 50 cm Entfernung führten zur flächigen Rötung der Haut (Erythem) mit einzelnen petechialen Einblutungen auf einen Durchmesser bis zu 1 cm in Umgebung der Trefferstelle, welche sich zentral abgeblasst darstellte. Eine Schwellung der Regionen war nicht erkennbar.

Am Rücken zeigte sich wenige Minuten nach Beschuss ein ähnliches Trefferbild wie am Unterarm. Auch hier stellten sich die Treffer als ringförmige Rötung der Haut um eine zentrale Abblassung herum dar.

1 Stunde nach Beschuss waren die Treffergebiete deutlich blasser und nur noch als hellrote punktförmige Verfärbungen von der Umgebung abgrenzbar.

Die Auswertung der fotografisch dokumentierten Befunde in den Folgetagen ergab folgende Ergebnisse: nach 2 Tagen waren die Treffer am Unterarm noch als hellrote kreisrunde Gebiete sichtbar. Am Rücken war eine Unterscheidung von der Haut der Umgebung nicht mehr möglich.

Bei Besichtigung nach 7 Tagen waren in der Haut des Unterarmes vereinzelt Trefferstellen als fleckförmige hellrote Verfärbungen sichtbar. Die Mehrzahl der Treffer hatte sich vollständig zurückgebildet. Eine Narbenbildung wurde nicht beobachtet.

(Fotografische Dokumentation im Bildanhang **Abb. 4/5**)

#### 4.2.2.3. Waffe Nr. 4 (0,288 Joule)

Der aufgesetzte Schuss an der Unterarminnenseite zeigte unmittelbar nach dem Beschuss eine zentrale ringförmige Rötung mit vereinzelt punktförmigen Einblutungen (Petechien). Um diese Rötung fand sich ein schwach erkennbarer Abdruck der Waffenmündung. Die Haut der Umgebung war auf einige Zentimeter flächig gerötet.

Bei den Treffern aus 5 bis 50 cm Entfernung fand sich eine zentrale Abblassung mit umgebender ringförmiger intensiv blaurötlicher Verfärbung. Die Haut um die Trefferstelle war leicht geschwollen. Am Rücken war ein fast identisches Verletzungsbild zu beobachten. Alle getroffenen Stellen waren deutlich geschwollen, die Umgebung war flächig gerötet (Erythem).

Nach 1 Stunde stellten sich in beiden Hautregionen die Rötungen der Haut deutlich blasser dar. Die ehemals blaurötlich verfärbten Gebiete erschienen nun in hellroter Farbe. Die umgebende Haut war blass, eine Schwellung war nicht mehr erkennbar.

Nach 2 Tagen waren die Treffer am Unterarm noch als kreisrunde blassrosafarbene Gebiete erkennbar. Am Rücken stellten sich die Treffer als punktförmige hellrote Verfärbungen dar. Die umgebende Haut war sowohl am Arm als auch am Rücken ohne Auffälligkeiten.

Nach 1 Woche waren alle Treffergebiete an Rücken und Unterarm noch gut erkennbar. Sie stellten sich als hellrote ringförmige Verfärbungen um eine zentrale Abblassung herum dar. Narbenbildungen wurden nicht beobachtet.

(Fotografische Dokumentation im Bildanhang **Abb. 6/7**)

#### 4.2.2.4. Waffe Nr. 5 (0,39 Joule)

Wenige Minuten nach dem Aufprall des Geschosses zeigten die beschossenen Stellen am Unterarm eine deutliche zentrale Abblassung von 0,2 cm Durchmesser. Um diese Abblassung war ein intensiv dunkelblau-rot verfärbtes ringförmiges Gebiet erkennbar. Die Haut der Umgebung war flächig gerötet und deutlich geschwollen. Die Treffergebiete am Rücken waren auch bei Beschuss aus weiterer Entfernung nahezu identisch mit dem Trefferbild des Armes.

1 Stunde nach Beschuss hatte sich in beiden Hautregionen die Schwellung und flächige Rötung der Umgebung deutlich zurückgebildet. Die ringförmige dunkelblau-rote Verfärbung und der blasse Hof waren noch deutlich erkennbar.

Nach 2 Tagen war die Schwellung vollständig zurückgegangen, die Treffer waren in beiden Regionen erkennbar. Die ringförmige Verfärbung stellte sich nunmehr rötlich dar, die zentrale Abblassung war gut sichtbar. Bei Inaugenscheinnahme der 7 Tage nach dem Beschuss fotografisch dokumentierten Areale waren alle Treffer noch deutlich sichtbar. Sie ließen sich als kleine rundliche Hautverfärbungen von bis zu 0,4 cm Durchmesser um eine zentrale helle Stelle herum beschreiben.

(Fotografische Dokumentation im Bildanhang **Abb.8/9**)

#### 4.2.2.5. Waffe Nr. 3 (0,469 J)

An der Haut der Unterarminnenseite zeigte sich unmittelbar nach Beschuss in den Schussentfernungen „Mündung aufgesetzt“ bis 10 cm in den getroffenen Gebieten eine zentrale Abblassung mit umgebender ringförmiger intensiv dunkler Rötung. Die getroffenen Gebiete waren

deutlich geschwollen. In der ringförmigen Rötung waren punktförmige Einblutungen erkennbar. Bei einem Schuss aus 0,5 m Entfernung kam es zu einer oberflächlichen leicht blutenden Wunde.

Der aufgesetzte Schuss führte an der Rückenhaut zu einer flächigen Rötung (Erythem) von ca. 2 cm im Durchmesser. Die Schüsse aus den Entfernungen 5 cm bis 2 m zeigten wie am Unterarm eine zentrale Abblassung mit umgebender ringförmiger intensiver Rötung. Innerhalb dieser Rötung waren flächige Einblutungen (Hämatom) der obersten Hautschicht erkennbar. Das Areal um die getroffene Stelle war flächig gerötet und geschwollen.

Innerhalb einer Stunde hatte sich an der Unterarmhaut das Verletzungsbild nur geringfügig verändert. Die Schwellung war leicht zurückgegangen, auf der blutenden Wunde hatte sich nun etwas Schorf gebildet. Auch in der Rückenhaut zeigte sich innerhalb einer Stunde nach Beschuss kaum eine Veränderung im Verletzungsgebiet. Die Schwellung war noch deutlich erkennbar, die Rötung der umgebenden Haut ging langsam zurück. Die ringförmigen Verfärbungen stellten sich weiterhin intensiv dunkelrot dar.

Bei der Auswertung der fotografischen Aufnahmen 2 Tage nach Beschuss hatte sich die Schwellung und Rötung der Umgebung vollständig zurückgebildet. Die getroffenen Stellen, besonders im Unterarmbereich, waren noch deutlich sichtbar und stellten sich ähnlich wie das Trefferbild nach 1 Stunde dar. Die ringförmige Verfärbung war noch deutlich erkennbar.

Nach 7 Tagen stellte sich das Trefferbild insbesondere am Unterarm nahezu unverändert dar. Bleibende Läsionen im Sinne einer Narbenbildung konnten nicht erkannt werden.

(Fotographische Dokumentation im Bildanhang **Abb. 10/11**)

#### 4.3 Befunde bei besonderen Schusssituationen

##### 4.3.1. Mehrfachbeschuss bei automatischen Waffen

Bei schnell aufeinander folgender Schussabgabe, wie sie mit automatischen Waffen möglich ist, konnten keine signifikanten Hautveränderungen im Vergleich zur einfachen Schussabgabe festgestellt werden.

Lediglich beim aufgesetzten Schuss war es möglich, exakt die gleiche Region mehrfach zu treffen. Das Trefferbild zeigte auch hier keinerlei Unterschied zu einem Eintreffer mit der gleichen Waffe und Geschossart. Das subjektive Schmerzempfinden wurde durch den Mehrfachbeschuss nicht verstärkt.

Ab einer Entfernung von 5 cm ist es nicht mehr möglich, mehrfach auf den gleichen Punkt zu treffen und so kommt es zu einer Gruppe von einzelnen punktförmigen Verletzungen, die in unmittelbarer Nähe zueinander liegen (siehe **Abb. 12**, Bildanhang). Diese sind in der Erscheinung identisch mit den Einzelschusstrefferbildern der jeweiligen Waffen.

Dabei sind von den Verletzungen nur die obersten Hautschichten betroffen. Verletzungen mit einer höheren Eindringtiefe sowie Steckschüsse wurden nicht beobachtet.

#### 4.3.2. Schräg- bzw. Streifschuss

Während bei allen bislang beschriebenen Trefferbildern darauf geachtet wurde, dass der Schuss in einem Winkel von ungefähr 90 Grad auf die Haut traf, wurden in einigen nachfolgenden Versuchen Schrägschüsse (ca. 45 Grad) oder Streifschüsse tangential abgegeben.

Die getroffenen Stellen waren intensiv großflächig gerötet und geschwollen. Die typische rundliche Veränderung mit blassem Zentrum und intensiver kreisrunder Rötung fand sich bei diesem Aufprallwinkel nicht. Die Auftreffstelle zeigte eine längliche Abblassung und Schwellung im Zentrum der Läsion (siehe **Abb. 12**, Bildanhang) von 2 cm x 0,8 cm. Umgebend stellte sich bis auf eine Ausdehnung von 5 cm um die zentrale Schwellung eine asymmetrische flächige Rötung (Erythem) dar. Häufig kam es zu oberflächlich blutenden Schürfwunden, insbesondere bei Mehrfachbeschuss aus automatischen Waffen.

Im zeitlichen Verlauf zeigte sich in Abhängigkeit von der Geschossenergie der verwendeten Waffen ein mehr oder weniger deutlich rückläufiger Befund. Auf den blutenden Wunden war eine Schorfbildung zu beobachten. Bei den Trefferbildern der Waffen 4 und 3 war auch nach 7 Tagen eine längliche Rötung der Hautstellen erkennbar, während sich die Schwellung zurückgebildet hatte. Das Trefferbild der Waffe 4 imponierte 2 Tage nach Beschuss als kaum von der Umgebung zu unterscheidende schwache Rötung.

#### 4.3.3. Beschuss auf durch Kleidung bedeckte Haut

Bei Beschuss der Haut am Unterarm und am Rücken mittels der Waffe mit der höchsten Geschossenergie (0,469 J) im Nahschussbereich (0,1 m bis 0,5 m) zeigte sich nach Entfernung der Kleidung, welche unversehrt war, auf der Haut eine unscharf begrenzte flächige Rötung ohne Schwellung in einer maximalen Ausdehnung von 2 cm. Der typische rundliche Abdruck, der sich bei den anderen Beschussversuchen darstellte, fehlte hier. Eine Unterblutung im Sinne von Petechien bzw. die Ausbildung eines Hämatoms war nicht zu beobachten. Nach 1 Stunde war die getroffene Region nicht mehr von der Umgebung abzugrenzen.



#### 4.4. Trefferbilder in Abhängigkeit von der getroffenen Region

Es wurden, wie bereits beschrieben, 2 unterschiedliche Hautpartien für den Beschuss ausgewählt, unter der Überlegung, dass die menschliche Haut nicht an allen Regionen gleich stark aufgebaut ist und ein möglicher Einfluss der unterschiedlichen Beschaffenheit der Haut auf das Verletzungsbild untersucht werden sollte.

Auf die Haut des Rückens konnten zusätzlich Schüsse aus einer Entfernung von 1 und 2 m abgegeben werden. Dies gelang beim Unterarm wegen der Treffunsicherheit der Waffen bei weiterer Entfernung nicht regelmäßig, so dass diese Trefferbilder nicht in die Auswertung aufgenommen werden konnten.

Dabei zeigte sich, trotz der differenten Beschaffenheit der Hautareale mit unterschiedlicher Ausprägung der Dicke des Unterhautfettgewebes und verschiedener Hautdicke, ein relativ gleichförmiges Trefferbild in Abhängigkeit von der verwendeten Geschossenergie. An der Rückenhaut gestaltete sich die flächige Rötung in der Ausdehnung teilweise etwas ausgeprägter.

Bei den Waffen Nr. 2, 4 und 5 waren die Befunde, wie bereits beschrieben sowohl an der Rückenhaut als auch am Unterarm gleich stark ausgeprägt.

Bei Waffe Nr. 1 (Geschossenergie 0,133 J) zeigte sich ein unterschiedliches Bild im zeitlichen Verlauf. Während auf der Unterarmhaut nach 2 Tagen die Treffer noch erkennbar waren, zeigten sich am Rücken keine Unterschiede zur umgebenden Haut.

Nach Beschuss mit Waffe Nr. 3 (0,469 J) kam es am Unterarm zu oberflächlich blutenden Verletzungen. Diese Art von Verletzungen konnte dahingegen an der Rückenhaut nicht beobachtet werden.

#### 4.5. Befundbeschreibung bei Beschuss von Schlachttieraugen

Es wurden Schussversuche auf die ungeschützten oder durch die Augenlider bedeckten Augen von Schlachttieren (Schweine, Kaninchen) durchgeführt. Beim Auftreffen der Kugel auf das lidbedeckte Auge dellte die Kugel die Haut lediglich ein (siehe **Abb. 19**, Bildanhang), Unterblutungen waren jedoch nicht zu beobachten, was sich am ehesten mit der nicht mehr gegebenen Durchblutung erklären lässt.

Bei Beschuss der ungeschützten Augen zeigten sich in Abhängigkeit vom Auftreffwinkel des Geschosses, insbesondere bei tangential abgegebenen Schüssen, oberflächliche Abschürfungen der Hornhaut. Diese waren bei jeder Geschossenergie erkennbar, besonders ausgeprägt bei Beschuss mit der höchstenergetischen Waffe unserer Versuchsreihe, bei Verwendung der Waffe mit der niedrigsten Geschossenergie waren die Abschürfungen allerdings nur unter der Lupe erkennbar.

Eine Penetration oder Sprengung des Augapfels zeigte sich nicht.

#### 4.6. Befunde bei Beschuss der Augen frisch eingeschläferter Tiere (Hunde)

Nach Beschuss mit einer Energie von 0,079 J konnten keine äußerlich sichtbaren Verletzungen erkannt werden. Nach Betrachtung mittels einer Lupe zeigten sich oberflächliche Abschürfungen der Hornhaut (Erosionen). Bei Beschuss mit einer Geschossenergie von 0,288 J sahen wir Zerreißen der Bindehaut sowie Einblutungen in die Bindehaut mit einer maximalen Ausdehnung von bis zu 0,3 cm im Durchmesser.

Penetrierende Verletzungen wurden nicht beobachtet. Eine Abbildung der Verletzungen ist im Bildanhang (**Abb. 20**) ersichtlich.

#### 4.7. Ergebnisse der Fallberichte aus der Universitätsaugenklinik Magdeburg

##### 4.7.1 Fallvorstellung Nr. 1

*Patient M.D.*

Der 15-jährige Patient wurde im Mai 2006 in der Ambulanz vorstellig. Die stationäre Behandlungsdauer betrug 3 Tage. Krankenunterlagen sind aus den Jahren 2006 bis 2010 einsehbar gewesen.

Nach eigenen Angaben wurde der junge Mann beim gemeinschaftlichen Spiel mit einer Soft-Air-Waffe unbekannter Geschossenergie am ungeschützten linken Auge getroffen. Der Abstand der Waffe zum Auge war ebenso unbekannt. Das Ereignis lag zum Zeitpunkt der Vorstellung 2 Wochen zurück. Der Patient klagte über „Blitze im linken Auge“ sowie eine Eintrübung. Keine Vorerkrankungen.

Klinisch zeigte sich im Bereich des linken Auges bei Zustand nach Prellung des Augapfels (Contusio bulbi) neben einer Unterblutung der Bindehaut (Hyposphagma) eine Einblutung in die Augenvorderkammer (Hyphäma) sowie in den Glaskörperraum. Weiter fand sich ein Ödem der Netzhaut, ein sogenanntes Berlin'sches Ödem. Im weiteren Verlauf musste der Jugendliche mehrfache Kontrolltermine in der Augenklinik wahrnehmen. Beim ersten Kontrolltermin, ca. 1 Monat nach der stationären Behandlung, stellte sich eine Lochbildung im Bereich der Netzhaut dar, welche mit einer Laserbehandlung zur Verhinderung einer Zunahme der Größe umstellt wurde.

Der Patient hatte bei den Kontrollterminen Einschränkungen im Gesichtsfeld und zeigte eine Glaskörpertrübung. Über Spätkomplikationen wie eine vollständige Netzhautablösung und Erblindung wurde er aufgeklärt.

Eine Bilddokumentation dieser Befunde ist im Bildanhang (**Abb. 13/14**) eingefügt.

#### 4.7.2. Fallvorstellung Nr. 2

*Patient N.K.*

Der 16-jährige Patient stellte sich im September 2005 in der Universitätsaugenklinik Magdeburg vor. Es erfolgte aufgrund der Schwere der Verletzungen eine Aufnahme in die Klinik. Die Behandlungsdauer betrug 13 Tage.

Der Patient gab bei seiner Aufnahme an, sich durch einen von ihm selbst ausgelösten Schuss aus einer Soft-Air-Pistole ins ungeschützte rechte Auge geschossen zu haben. Geschossenergie, Entfernung und verwendete Geschosse sind unbekannt. Der Unfall ereignete sich am Tag der klinischen Vorstellung. Der Jugendliche klagte über Schmerzen im rechten Auge, Übelkeit und Kopfschmerzen, Vorerkrankungen waren nicht bekannt.

Klinisch zeigte sich das Augenlid unverletzt, die Bindehaut war nicht unterblutet. Jedoch sah man eine Blutansammlung in der vorderen Augenkammer (Hyphäma) sowie eine Ablösung der Regebogenhaut vom Strahlenkörper (Iridodialyse) durch einen traumatischen Einriss des Ziliarkörperbandes (Kammerwinkelrezession). Die Pupille war in einer sogenannten D-Form entrundet. Die Augenlinse war klar und korrekt positioniert. Weiter zeigten sich eine Hornhauterosion (Erosio corneae), ein Ödem der Netzhaut (Berlin'sches Ödem) und Blutungen in die Netzhaut. Es wurde die Diagnose einer Augapfelprellung (Contusio bulbi) gestellt.

Im klinischen Verlauf kam es zu einer Erhöhung des Augeninnendruckes auf bis zu 50 mmHg (Normalwerte: 10-21 mmHg). Eine lokale und systemische Therapie zur Drucksenkung verlief erfolglos, so dass mittels eines operativen Eingriffs (Parazentese) eine Punktion der Augenvorderkammer zur Druckentlastung durchgeführt wurde. Daraufhin normalisierten sich die Druckwerte im Auge und unter antianalgetischer (schmerzstillender) Medikation und besserte sich das Allgemeinbefinden. Der Patient konnte 13 Tage nach dem Ereignis in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden.

Er wurde auf mögliche Spätfolgen wie die Entwicklung eines Grauen Stars (Katarakt), eines Grünen Stars (Glaukom) und einer bleibenden Netzhautablösung (Ablatio retinae) hingewiesen. Er musste weiterhin Augentropfen zur Senkung des Augeninnendruckes nehmen und es wurden lebenslange augenärztliche Kontrollen empfohlen.

Im Bildanhang (**Abb.17**) sind Aufnahmen dieser Verletzungen ersichtlich.

#### 4.7.3. Fallvorstellung Nr. 3

*Patient D.P.*

Der 14-jährige Patient wurde im August 2006 in der Ambulanz der Universitätsaugenklinik Magdeburg vorstellig. Die stationäre Behandlungsdauer betrug 1 Tag.

Nach eigenen Angaben bekam der Patient beim Spiel mit einer Soft-Air-Waffe einen Treffer ins linke Auge. Die Geschossenergie der Waffe war nicht bekannt.

Die Entfernung betrug nach seinen Angaben ca. 10 m, das Geschoss war eine Kunststoffkugel. Mehrere Stunden nach dem Ereignis verspürte er starke Schmerzen im linken Auge, so dass er sich in ärztliche Behandlung begab.

Bei der Aufnahme des Patienten sahen die klinischen Kollegen eine Einblutung in die Augenvorderkammer (Hyphäma), eine verstärkte Durchblutung der Bindehaut (Hyperämie), oberflächliche Abschürfungen der Hornhaut (Erosio corneae), Einrisse der Regenbogenhaut bei 3 Uhr, 5 Uhr und 7 Uhr sowie ein sogenanntes Berlin'sches Ödem. Fotos der Spaltlampenuntersuchung (**Abb.15**, Bildanhang) zeigen die Erosion der Hornhaut. Weiter wurde mittels einer Röntgenaufnahme ein Bruch der Augenhöhlenknochen ausgeschlossen.

Die Therapie bestand aus der Gabe von entzündungshemmenden Augentropfen, außerdem bekam der Patient ein Sport- und Leseverbot für die darauffolgenden 3 Wochen. Mit dem Hinweis auf weitere Kontrolltermine wurde er in die ambulante Weiterbehandlung entlassen.

#### 4.7.4. Fallvorstellung Nr. 4

*Patient P.H.*

Der 14-jährige Patient stellte sich im Januar 2011 zunächst in der Notfallambulanz einer auswärtigen Klinik vor und bekam von dort eine Überweisung in die Universitätsaugenklinik Magdeburg. Die Behandlungsdauer betrug insgesamt 10 Tage.

Der Jugendliche wurde in den Abendstunden vorstellig, nachdem er am Nachmittag des gleichen Tages beim Spielen mit einer Soft-Air-Waffe (nach eigenen Angaben) ein Geschoss ins rechte Auge bekommen hatte. Die Geschossart war dem Patienten nicht bekannt. Ebenso fehlten Angaben über die Geschossenergie und die Entfernung. Der Junge trug zum Zeitpunkt des Beschusses keine Schutzbrille. Er gab an, etwas verschwommen zu sehen und einen Druck auf das betroffene Auge zu verspüren, starke Schmerzen hatte er nicht.

Die klinische Untersuchung zeigte schläfenwärts am Oberlid eine nässende Wunde von 3 mm x 3 mm, einen Bluterguss (Hämatom) des Ober- und Unterlides sowie eine sehr kräftige Unterblutung der Bindehaut (Hyposphagma). Weiter fielen ein Hebungsdefizit am rechten Auge und Schmerzen beim Abblick, später auch beim Aufblick auf. Der Patient gab zudem an, in der oberen Hemisphäre Doppelbilder zu sehen.

Bei einer Röntgenaufnahme des Gesichtes (siehe **Abb. 16**, Bildanhang) zeigte sich ein 7 mm x 5 mm großer metallischer Fremdkörper, neben kleineren metallischen Fragmenten in der Augenhöhle. Die Computertomografie ergab zudem einen Bruch der vorderen Schädel-Basis mit Verschiebung des Daches der Augenhöhle. Weiter fand sich eine dichte räumliche Nähe des Fremdkörpers zum Sehnerv (N. opticus). Aufgrund der ausgeprägten Verletzungen wurden Kollegen der Kliniken für Neurochirurgie und für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie konsiliarisch einbezogen.

In der Augenklinik wurde zunächst operativ eine Inspektion der Lederhaut mit dem Versuch des Auffindens und der Entfernung der Fremdkörper durchgeführt. Ferner erfolgte eine Versorgung der oberflächlichen Wunden. Es gelang dabei lediglich die Entfernung von kleineren abgesplitterten Fragmenten aus der Augenvorderkammer, jedoch nicht die Entfernung des größten Fremdkörpers. Daraufhin wurde der Patient in die Neurochirurgische Klinik zur weiteren Behandlung verlegt. Hier wurde 2 Tage der Schüler nach dem Schussereignis erneut operiert. Dabei wurde das Schädeldach eröffnet, das Projektil, welches sich im Fettgewebe hinter dem Augapfel (retrobulbär) befand, entfernt und der Schädelbasisbruch versorgt.

Der postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos, Eine abschließende Röntgenaufnahme des Schädels zeigte, dass das Geschoss vollständig entfernt wurde.

Bei weiteren Kontrolluntersuchungen zeigten sich keine bleibenden Schäden.

## 5. Diskussion

### 5.1. Geschwindigkeit und Energie der Geschosse, Durchschlagkraft der Geschosse

Die Geschwindigkeit der Geschosse weist eine Abhängigkeit von der Geschossenergie, vom Gewicht der Geschosskugeln und von der Entfernung auf. Dieser Umstand ist durch die Proportionalität der Masse und der Geschwindigkeit von der kinetischen Energie laut Formel  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$  zu erklären.

Die höchste von uns gemessene Geschwindigkeit von 96 m/s (entspricht 346 km/h) erreichten Geschosse mit einem Gewicht von 0,12 g mit einer Geschossenergie von 0,5 J innerhalb des Nahschussbereiches von 0,1 m.

Die niedrigste gemessene Geschwindigkeit von 24,9 m/s (entspricht 90 km/h) wurde unter Verwendung von Geschossen mit einer Masse von 0,20 g und einer Geschossenergie 0,08 J in einer Entfernung der Schussabgabe von 4 m gemessen.

Unabhängig vom Gewicht der Geschosse zeigte sich ein nahezu gleichbleibender Energiewert in einer Distanz bis 0,5 m während in den höheren Distanzen (2 m, 4 m) die kinetische Energie abnahm.

Sowohl die Geschossmasse als auch die Geschossenergie haben einen Einfluss auf die Anzahl der durchschlagenen Lagen Druckerpapier. Je größer die Geschossenergie und je höher das Gewicht, desto mehr Lagen Druckerpapier wurden durchschossen, was sich ebenso durch die Proportionalität von Bewegungsenergie, Masse und Geschwindigkeit laut physikalischer Gesetzmäßigkeit erklären lässt.

Kneubuehl<sup>(36)</sup> sah den Grund, warum für die im Handel erhältlichen Soft-Air-Waffen bezüglich der Flugstreckenoptimierung Geschosse mit einer Masse von 0,12 g bis 0,20 g präferiert werden, darin, dass während die Auftreffenergie mit zunehmender Geschossmasse aufgrund des wachsenden Wirkungsgrades kontinuierlich steigt, die Auftreffenergie ein Maximum bei einer Masse von 0,15 g erreicht.

In seiner Arbeit wurden Reichweiten von Geschossen aus Soft-Air-Waffen bis 40 m angegeben, es wurde allerdings angemerkt, dass die Zielgenauigkeit bei Distanzen von über 10 m deutlich abnimmt.

Basierend auf den Untersuchungen von Misliwetz<sup>(43)</sup> zur Grenzggeschwindigkeit bei der Haut, liegen die von uns erhobenen Geschwindigkeiten insbesondere bei Verwendung höherer Geschossenergien (ab 0,2 J) über der Mindestgeschwindigkeit von 50 m/s, die zum Eindringen von Geschossen in die Haut erforderlich ist.

Anzumerken ist jedoch, dass in den Untersuchungen von Misliwetz<sup>(43)</sup> Geschosse der Kaliber 4 mm und 4,5 mm zum Einsatz kamen und die Geschwindigkeit, bei der Geschosse regelmäßig penetrierende Verletzungen verursachten mit deutlich über 100 m/s angegeben wurde.

Es wurde allerdings vermerkt, dass die Grenzggeschwindigkeit bei der recht kleinen Untersuchungsgruppe von Kindern signifikant geringer war.

Nach Kneubuehl und Sellier <sup>(64)</sup> ist jedoch nicht die Auftreffenergie sondern die Energiedichte das entscheidende Kriterium zur Eindringfähigkeit eines Geschosses in ein bestimmtes Medium. Die Energiedichte  $E'$  beschreibt die auf die Auftrefffläche  $A$  des Geschosses bezogene Energie:

$$E' = E/A.$$

Die Grenzennergiedichte  $E'_{gr}$ , d.h. die Energiedichte, die mindestens aufgebracht werden muss, um in ein Material einzudringen, richtet sich nach den physikalischen Eigenschaften des jeweiligen Mediums, weniger der Dicke, sondern vielmehr mit der Festigkeit bzw. Elastizität. Der für die menschliche Haut gültige mittlere Wert von  $E'_{gr}$  liegt um  $0,1 \text{ J/mm}^2$  <sup>(64)</sup>. Dieser Wert ist eine biologische „Konstante“, mit dessen Hilfe auch die modifizierte Grenzggeschwindigkeit  $v_{gr}$  für das jeweilige Geschoss unter Einbeziehung der Querschnittsbelastung  $S$  berechnet werden kann. Die Formel zur Berechnung der Querschnittsbelastung lautet:  $S = m/A \text{ [g/mm}^2\text{]}$ , wobei  $m$  die Masse des Geschosses und  $A$  die Auftrefffläche darstellt. Die Grenzwerte für das Eindringen eines Geschosses in das menschliche Auge schwanken die Literaturangaben zwischen Werten von  $0,02 \text{ J/mm}^2$  <sup>(44)</sup>,  $0,04 \text{ J/mm}^2$  <sup>(36)</sup> als Grenzwert für irreversible Augenschäden,  $0,06 \text{ J/mm}^2$  <sup>(43,64)</sup> und  $0,08 \text{ J/mm}^2$  <sup>(36)</sup> als Grenzwert für offene Augenverletzungen.

Für die von uns verwendeten Geschossarten (Kunststoffkugeln, 6 mm  $\varnothing$ , 0,12 g bzw. 0,20 g) errechnen sich somit Grenzggeschwindigkeiten von 217 m/s bei 0,12 g bzw. 168 m/s bei 0,20 g. Die berechnete Grenzennergie liegt bei 2,8 J und damit weit über den von uns getesteten Energien bis max. 0,5 J. Ebenso liegt die von uns mit 96 m/s gemessene Höchstgeschwindigkeit weit unter der errechneten Grenzggeschwindigkeit, so dass abschließend zu sagen ist, dass die Geschosse in den von uns untersuchten Waffen nicht in der Lage sind, in die menschliche Haut einzudringen.

Geschoss	$\varnothing d$ [ mm ]	Masse $m$ [ g ]	Querschnitts- fläche $A$ [ $\text{mm}^2$ ]	Querschnitts- belastung $S$ [ $\text{g/mm}^2$ ]	Grenz- geschwindigkeit $v_{gr}$ [ m/s ]	Grenz- energie $E_{gr}$ [ J ]
Kunststoff- kugel	6	0,12	28,27	0,0042	217,08	2,83
Kunststoff- kugel	6	0,2	28,27	0,0071	168,15	2,83

**Tab. 12** Berechnungen zur Grenzggeschwindigkeit von Kunststoffkugeln laut Ballistik-Programm LKA Sachsen-Anhalt

Im Vergleich der Energiedichten liegen Soft-Air-Waffen mit einer kinetischen Energie von 0,5 J mit einer Energiedichte von  $0,018 \text{ J/mm}^2$  bei einer Geschossmasse von 0,12 g unter den beschriebenen

Grenzwerten, wenngleich auch ein Grenzwert für das Auge von Kunststoffkugeln aus Soft-Air-Waffen fast erreicht wird.

Experimentelle Berechnungen <sup>(36)</sup> zeigten, dass selbst bei Verwendung einer schwereren metallischen Geschosse, wie z.B. Stahlkugeln keine penetrierenden Verletzungen verursacht werden, da nur eine Energiedichte von  $0,016 \text{ J/mm}^2$  erreicht wird und das höhere Gewicht zu einer deutlichen Reduzierung der Geschwindigkeit führt.

Das Nichterreichen der Grenzwerte ist wahrscheinlich der Grund für die Befreiung der Waffen vom Waffengesetz und die Einstufung als Spielzeug.

In der nachfolgenden Tabelle 13 sind exemplarisch die Energiedichten unterschiedlicher Waffen im Vergleich zu den von uns verwendeten Kugeln mit einem Durchmesser von 6 mm und einem Gewicht von 0,12 g aufgeführt.

Waffenart	Kaliber	Geschossmasse [g]	$V_0$ [m/s]	Energie [J]	Energiedichte [ $\text{J/mm}^2$ ]
Militärgewehr	7,62 mm	9,5	830	3270	71,1
Pistole	9 mm	8	350	490	7,7
Luftgewehr	Diabolo 4,5 mm	0,65	152	7,5	0,47
Soft-Air	6 mm	0,12	92	0,5	0,018

**Tab. 13** Gegenüberstellung verschiedener Waffen bezüglich ihrer Energiedichte <sup>(44)</sup>

## 5.2. Schussversuche

### 5.2.1. Subjektive Schmerzempfindung

#### *Abhängigkeit von der Geschossenergie*

Bei allen verwendeten Waffen wurde von den Probanden überwiegend ein deutliches Schmerzempfinden verspürt, in 11 von 295 Treffern wurde der Höchstwert von 10 als Ausdruck des max. vorstellbaren Schmerzes angegeben.

Es ist festzustellen, dass schon bei Treffern aus Waffen der Kategorie 2 ( $< 0,08 \text{ J}$ ) mittelstarke Schmerzen (4 – 5) verspürt werden, wenn die Haut nicht durch Kleidung geschützt ist.

Bei Waffen der Kategorie 3 ( $< 0,5 \text{ J}$ ) lösen Treffer auf die ungeschützte Haut ein intensives Schmerzempfinden aus. Es wurden durchschnittliche Werte zwischen 6 bis 8 (minimal 3 bis maximal 10) angegeben, wobei teils deutliche individuelle Unterschiede zwischen den Probanden beobachtet wurden.



*Abhängigkeit von der getroffenen Hautregion und vom Geschlecht der Probanden*

Bei den Versuchen zeigte sich ein Unterschied in der Schmerzwahrnehmung in Abhängigkeit von der beschossenen Hautregion. Im Vergleich wurden die Treffer auf den Rücken bei allen Waffenenergien intensiver als auf der Unterarmhaut beschrieben.

Obwohl die Haut der Unterarminnenseite durch die höhere Dichte an Schmerzrezeptoren und das geringer ausgeprägte Unterhautfettgewebe per se schmerzempfindlicher ist, wurden die Schmerzintensitäten hier im Mittel geringer eingestuft als an der Rückenhaut. Dies ist dadurch zu erklären, dass der Proband bei Beschuss der Rückenhaut zwar prinzipiell auf den Treffer vorbereitet war, die Schussabgabe jedoch nicht sah und das Geschoss somit relativ unvermittelt auf die Haut auftraf.

Weiter zeigte sich ein geringer Unterschied in der Schmerzwahrnehmung männlicher und weiblicher Probanden. Die Treffer wurden im Mittel bei den weiblichen Probanden etwas schmerzhafter als von den männlichen Probanden eingeschätzt.

*Abhängigkeit von der Masse der Geschosse*

Im Vergleich der Geschosse der Waffen 1 und 2, welche die niedrigeren Geschossenergien (0,133 J und 0,079 J) aufweisen, zeigt sich ein zum Teil deutlich höheres Schmerzempfinden bei Verwendung der leichteren Geschossart. Diese Ergebnisse lassen sich durch die höhere Geschwindigkeit der leichteren Geschosse erklären.

Vergleicht man bei Beschuss mit den Waffen der Geschossenergien zwischen 0,288 J bis 0,469 J die Ergebnisse zwischen beiden Geschossarten, so ergibt sich kein wesentlicher Unterschied.

*Abhängigkeit von der Entfernung der Schussabgabe*

Bei Beschuss der Unterarmregion zeigte sich bei jeder Waffenart eine Steigerung des Schmerzempfindens mit Zunahme der Schussentfernung. Im Vergleich wurde beim aufgesetzten Schuss der geringste Wert angegeben. In Abhängigkeit von der Geschossenergie wurden bei den Waffen 1, 2 und 4 (entsprechend 0,133 J, 0,079 J und 0,288 J) die höchsten Schmerzintensitäten mit Werten zwischen 4 bis 7 bei Treffern aus einer Entfernung von 0,05 m und 0,1 m verspürt, was einem Nahschussbereich entspricht. Bei einer Entfernung ab 0,5 m zeigte sich überwiegend eine geringere Intensität der Schmerzwahrnehmung, was durch die geringere Auftreffenergie bedingt ist.

Bei Beschuss mit den Waffen 3 und 5 (entsprechend 0,469 J und 0,39 J) zeigte sich eine kontinuierliche Steigerung des Schmerzempfindens mit Zunahme der Schussentfernung.

Auch eine relativ große Schussentfernung von 2 m führte, insbesondere bei den höheren Geschossenergien, zu einem sehr intensiven Schmerzereignis.

Hier zeigt sich bei den Ergebnissen wiederum der Einfluss der Unmittelbarkeit des Schusses. Zudem ist auch ein gewisser Potenzierungseffekt erkennbar. Der 1. Schuss löste im Vergleich konstant die geringste Schmerzwahrnehmung aus; die darauffolgenden Treffer wurden sehr zeitnah gesetzt. Das Trefferareal schmerzte noch vom Vorbeschuss, der neue Treffer potenziert die Schmerzintensität.

### 5.2.2. Bewertung der Trefferbilder

Zunächst ist anzumerken, dass es sich bei allen Treffern um sogenannte Prellschüsse bzw. Abpraller handelte. Im Einzelfall kam es zu einer oberflächlich blutenden Wunde. Steckschüsse und ein Eindringen des Projektils in tiefere Hautschichten wurden nicht beobachtet. Die Ausprägung und zeitliche Persistenz der Verletzungen zeigte eine deutliche Steigerung bei Zunahme der Geschossenergie. Wesentliche Unterschiede in den Verletzungen in Abhängigkeit von der Schussentfernung und Hautpartie konnten nicht beobachtet werden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen bestätigen die schon nach den physikalischen Messungen getroffenen Aussage, dass es nicht möglich ist, die Haut zu durchdringen, da die erforderliche Energiedichte und Grenzgeschwindigkeit <sup>(64)</sup> von den Kunststoffkugeln nicht erreicht wird.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei bestimmungsgemäßigem Gebrauch der Waffen insbesondere der höheren Geschossenergien und Treffern auf die ungeschützte Haut durchaus schmerzhaft und nicht unerhebliche lokal begrenzte Verletzungen entstehen können. Die Hautveränderungen waren über einen Zeitraum von mindestens 1 Woche deutlich erkennbar. Oberflächlich die Haut verletzende Läsionen sind möglich. Verletzungen mit einer höheren Eindringtiefe in die Haut wurden nicht beobachtet. Ebenso zeigten sich keine bleibenden Schäden.

Im Vergleich zum Beschuss der ungeschützten Haut mit gleicher Waffenart, Geschosse und gleicher Schussdistanz zeigt sich eine protektive Wirkung einfacher Bekleidung (Sweatshirt).

Somit ist anzunehmen, dass bei der Verwendung der getesteten Waffen keine spezielle Schutzkleidung am Körperstamm und den Extremitäten erforderlich ist.

Die von uns beschriebenen Trefferbilder weisen eine deutliche Ähnlichkeit zu den dermatologischen Befunden auf, die in der Literatur im Rahmen von Paintball-assoziierten Verletzungen <sup>(5,39,53,62,63,69)</sup> beschrieben wurden. Diese als „Paintball-Erythem“ bezeichneten Verletzungen entstehen beim Auftreffen auf die unbedeckte Haut. Sie bildeten sich jedoch auch teilweise im Gegensatz zu unseren Läsionen nicht vollständig zurück und imponierten bis zu einem Jahr als hypopigmentierte Narbe der Haut. <sup>(62)</sup> Darüber hinaus kam es zu einer Einsprengung von Farbpartikeln in die oberen Hautschichten.

<sup>(5)</sup> Das war natürlich bei unseren Trefferbildern nicht der Fall, da wir keine farbgefüllten Kugeln verwendeten.

Nachfolgend sind die von uns untersuchten Verletzungsmuster bei Beschuss von unbedeckter Haut in Abhängigkeit von der Geschossenergie sowie das Verletzungsmuster bei besonderen Schusssituationen tabellarisch dargestellt.

Geschossenergie [J]	Entstandene Verletzungen im zeitlichen Verlauf
0,079	Bis 1 Stunde nach Beschuss sichtbare Trefferbilder. Leichte Rötung der Haut 0,5 cm bis 2 cm Ø. Keine Schwellung. Keine Narbenbildung.
0,133	Teils bis 7 Tage nach Beschuss sichtbare Trefferbilder (Unterarm). Am Rücken bis 1 Stunde nach Beschuss sichtbare Treffer. Ringförmige Rötung bis 1 cm Ø um eine zentrale Abblassung. Unmittelbar nach Beschuss petechiale Blutungen. Keine Schwellung. Keine Narbenbildung.
0,288	Bis 7 Tage nach Beschuss gut abgrenzbare Trefferbilder. Intensive blaurötliche ringförmige Verfärbung mit petechialen Einblutungen und einem blassen Zentrum. Leichte Schwellung bis 1 Stunde nach Beschuss. Umgebung der Trefferstelle mit flächiger Rötung (Erythem). Keine Narbenbildung.
0,39	Deutlich sichtbare Trefferbilder bis 7 Tage nach Beschuss. Zentrale Abblassung von 0,2 cm Ø und umgebend ein ringförmiges intensiv dunkelblau-rotes Areal mit Übergang in eine flächige Rötung bis auf mehrere cm. Deutliche Schwellung bis 2 Tage nach Beschuss. Keine Narbenbildung.
0,469	Deutlich sichtbare, kaum optisch veränderte Trefferbilder bis 7 Tage nach Beschuss. Vereinzelt oberflächlich blutende Wunden mit Schorfbildung im Verlauf. Intensive ringförmige dunkle Verfärbung mit zentral blassem Hof und umgebender mehrere cm umfassende flächige Rötung. Intensive Schwellung bis 2 Tage nach Beschuss. Keine Narbenbildung.

**Tab. 14** Trefferbilder im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Geschossenergie

Situation	Verletzungsmuster
Mehrfachbeschuss aus automatischen Waffen	Kein Unterschied zum Einzelbeschuss im absoluten und relativen Nahschussbereich. Ab 5 cm Distanz Trefferbild mit mehreren punktförmigen Einzelverletzungen in gruppierter Anordnung.
Schräg-bzw. Streifschuss	Bis zu 7 Tage nach Beschuss deutlich sichtbare Trefferbilder (in Abhängigkeit von der verwendeten Geschossenergie). Häufig oberflächliche blutende Schürfwunden. Intensive flächige Rötung und Schwellung. Keine punktförmigen Läsionen. Längliche Rötung und Schwellung bis 2 cm x 0,8 cm.
Beschuss durch Kleidung (0,469 J)	Bis max. 1 Stunde nach dem Schussereignis sichtbare Läsion. Kein Durchschuss der Kleidung. Unscharf begrenzte flächige Rötung bis 2 cm Ø. Keine Schwellung. Keine Petechien, kein Hämatom.

**Tab. 15** Trefferbilder bei besonderen Schusssituationen

### 5.2.3. Tierversuche

Bei einem Treffer in das ungeschützte Auge mit einer Geschossenergie bis zu 0,08 Joule (Kategorie 2-Waffen) dürften kaum schwere oder bleibende Verletzungsfolgen entstehen. Es wurden lediglich oberflächliche Abschürfungen der Hornhaut, insbesondere bei tangentialer Schussabgabe, beobachtet.

Mit steigender Geschossenergie erhöht sich das Verletzungspotential deutlich. Die an den Tieraugen erhobenen Befunde lassen die Vermutung zu, dass neben Bindehautverletzungen auch die Prellung des Augapfels zu Blutungen im Inneren des Auges (Glaskörpereinblutungen) führen könnte. Bei Treffern im Bereich des durchsichtigen Hornhautanteiles vor der Augenlinse sind Beeinträchtigungen der Sehleistung zu befürchten.

Einige Autoren <sup>(19,29,70)</sup> beschäftigten sich bereits mittels eines tierexperimentellen Ansatzes mit dem Versuch einer systematischen Einordnung von Augenverletzungen bei Beschuss durch verschiedene Geschossarten.

So diskutierten Duma et al <sup>(19)</sup> 2005 in einer Metaanalyse von 8 Studien, welche Schussversuche auf Tieraugen (Schwein, Affe und Katze) mit verschiedenen Geschossen (BB's, Gas, metallische Geschosse, Baseball und Squashball) einschlossen, 5 Haupttypen von Augenverletzungen hinsichtlich der Geschosscharakteristika, der kinetischen Energie und der Geschwindigkeiten. Die häufigsten Augenverletzungen waren: Hornhauterosionen, Hyphäma, Linsendislokation, Netzhautablösung und Augapfelruptur. Allein unter Betrachtung der Auftreffenergien ergab sich ein 50%iges Risiko für eine Hornhauterosion bei einer Energie von 0,18 J, einer Netzhautablösung bei 1,09 J und einer Augapfelruptur bei 3,95 J. Zumindest hinsichtlich der Hornhautverletzungen korreliert dies mit unseren Untersuchungen, Netzhautablösungen sowie eine Zerstörung des Augapfels konnten wir nicht beobachten, da wir nur Schussversuche mit Waffen bis 0,5 J unternahmen. Auch die Geschosse passen nicht zu unseren Untersuchungen. Am ehesten zeigen BB-Kugeln eine gewisse Ähnlichkeit, jedoch liegt ihre Masse mit 0,52 – 1,6 g deutlich über der Masse unserer Geschosse.

Abschließend verwiesen die Autoren in dieser Arbeit auf das Energiedichtekonzept als besseren prädiktiven Faktor für die Schwere der Augenverletzungen. Hier wurde ein 50%iges Risiko für die Entstehung einer Hornhauterosion bei einer sogenannten „normalized energy“ von 1,5 J/m<sup>2</sup>, ein Hyphäma und Linsendislokation bei 20 J/m<sup>2</sup>, Netzhautablösung bei 30 J/m<sup>2</sup> und eine Ruptur des Augapfels bei 24 J/m<sup>2</sup> angegeben.

Sponsel et al. <sup>(70)</sup> untersuchten 2006/07 experimentell an enukleierten Schweineaugen den Einfluss der Geschossgeschwindigkeit auf das Ausmaß der Augenverletzungen, insbesondere bei Paintball-assoziierten Läsionen.

Es wurden Projektile mit einem Kaliber von 17 mm und einem Gewicht zwischen 2,15 g bis 3,11 g aus 3 unterschiedlichen Paintball-Markierern mit kinetischen Energien zwischen 1,02 J und 12,91 J verschossen. Dabei erreichten die Projektile Geschwindigkeiten zwischen 30 m/s bis 104 m/s.

59 enukleierte Augen von frisch geschlachteten Schweinen lagen ohne intraorbitalen Halteapparat für die Schussversuche vor, mittels eines intraokulären Katheters wurde der Augendruck gemessen. Die Augen wurden in ein Gelatinemedium in einer Acrypyramide eingebettet um die Orbitahöhle und die intraokulären Muskeln zu simulieren.

Es zeigte sich erwartungsgemäß eine Zunahme der Schwere der Augenverletzungen mit steigender Energie und Geschwindigkeit. Als Grenzwerte für eine Ruptur des Augapfels wurden eine Geschossenergie von 10 J und Geschwindigkeiten von 81 m/s bzw. Energiedichten zwischen 44,060 und 54,630 J/m<sup>2</sup> festgestellt. Weiter wurden bei geringeren Geschossenergien regelmäßig Kammerwinkelrezessionen, Hyphäma, Dislokationen der Linse bei Ruptur der Ziliarfasern sowie eine Ablösung der Netzhaut beobachtet. Letztere trat jedoch auch in den nicht beschossenen Kontrollaugen auf, a.e. durch den fehlenden intraokulären Druck post mortem.

Kennedy <sup>(31)</sup> verwies zudem darauf, dass Schweineaugen eine deutlich derbere Konsistenz als menschliche Augen aufweisen, so dass die Energien und Geschwindigkeiten möglicherweise herunterkorrigiert werden müssen.

Aufbauend auf die Ergebnisse von Sponsel <sup>(70)</sup> wurde von Gray et al <sup>(29)</sup> 2011 ein computeranimiertes Modell der Tieraugen konstruiert, anhand dessen auch der Versuch der Simulation eines menschlichen Auges möglich war. Dabei ließ sich der Mechanismus der Augenverletzungen besser veranschaulichen. Beim Auftreffen der relativ kleinen Kugel auf den Augapfel kam es zu einer Rotationsbewegung des Bulbus und die Schwingungen sowie Mechanismen im Sinne eines Coup und Contre-Coup-Effektes führten zur Ablösung adhärenter Strukturen, wie z.B. der Netzhaut oder gar zu einer Ruptur des Sehnerven. Ein hoher hydrostatischer Druck in der Vorderkammer während des Aufpralls führt zu einer Kompression der Hinterkammer, es resultieren ein Abriss der Zonulafasern und eine Dislokation der Linse.

Diese Studien veranschaulichen gut die Gefahren durch den Aufprall eines nicht-metallischen Geschosses auf das ungeschützte Auge. Allerdings wurden in den erörterten Studien weitaus höhere Geschossenergien als in unseren Experimenten untersucht.

Der nachfolgende Autor stellt die Problematik der Soft-Air-Waffen in den Vordergrund. Im Experiment wurden Waffen und Geschosse analog zu den von uns untersuchten Materialien verwendet. Kratz et al. <sup>(37)</sup> führten 2009 neben Fallanalysen auch experimentelle Untersuchungen am enukleierten Tierauge durch. In der Fallanalyse waren hauptsächlich Kinder im medianen Alter von 10 Jahren betroffen.

66% der Patienten zeigten ein Hyphäma, 61% ein Hornhautödem, 59 % eine Hornhauterosion, 25% eine traumatische Mydriasis und 1,7% entwickelten eine traumatisch bedingte Trübung der Linse. Mittels des Beschusses von Schweine- und Kaninchenaugen wurde der Schädigungsmechanismus experimentell untersucht. Dabei wurde eine Soft-Air-Waffe mit einer Geschossenergie von 0,32 J verwendet, die Geschossart war eine Kunststoffkugel (6 mm, 0,12 g), die Schussdistanz lag bei 0,2 m. Zunächst wurde auf Schweineaugen, welche auf einer Polyethylen-Platte fixiert waren geschossen, der Beschuss wurde mit einer High-Speed-Kamera gefilmt. Dabei zeigte sich eine zentrale Deformation der Cornea und des anterioren Segments.

Anschließend wurden die Augen anästhesierter Kaninchen beschossen, es erfolgte die Enukleation und histologische Aufarbeitung des Augapfels. Dabei zeigte sich eine typische „Donut-Form“ der Hornhauterosion mit einem zentral, zu der Aufprallstelle korrespondierenden intakten Hornhautepithel, einer zirkulär darum gelegenen grabenartigen Ruptur des Epithels, welche wiederum in eine äußere intakte Hornhaut überging. Zudem kam es zu einer Rissbildung zwischen Epithel und Stroma. Anhand des Schädigungsbildes kann auf eine kompressionsbedingte Ruptur infolge von Scherkräften geschlossen werden. Die Energiedichte der verwendeten Geschosse liegt hier bei  $11,3 \text{ J/m}^2$ . Wie bereits bei Duma <sup>(25)</sup> beschrieben, ist das der Bereich für eine Hornhauterosion bzw. für ein Hyphäma. Wie auch in unseren Untersuchungen wurden keine penetrierenden Verletzungen beobachtet.

### 5.3. Fallberichte

4 Kasuistiken von männlichen Jugendlichen mit einem durchschnittlichen Alter von 15 Jahren (14 bis 16 Jahre), die sich im Spiel mit einer Soft-Air-Pistole Augenverletzungen zuzogen, wurden ausgewertet. Alle Patienten mussten in einem Krankenhaus behandelt werden. Die mittlere Verweildauer betrug 7 Tage (1 Tag - 13 Tage).

Die dabei beobachteten Verletzungen waren bei mutmaßlicher Benutzung von Kunststoffkugeln (Fall 1-3): eine Prellung des Augapfels (Contusio bulbi), eine Unterblutung der Bindehaut (Hyposhagma), eine Einblutung in die Augenvorderkammer (Hyphäma) sowie in den Glaskörperraum, ein Ödem der Netzhaut (sogenanntes Berlin'sches Ödem), eine Ablösung der Regebogenhaut vom Strahlenkörper (Iridodialyse) durch einen traumatischen Einriss des Ziliarkörperbandes (Kammerwinkelrezession), eine Hornhauterosion (Erosio corneae) und eine Erhöhung des Augeninnendruckes.

In der Kasuistik 4 wurde offensichtlich ein metallische Geschoss (Diabolo) benutzt. Da diese nicht von Soft-Air-Waffen verschossen werden können, ist davon auszugehen, dass hier eine Luftdruckpistole verwendet wurde.

Hier zeigte sich ein, im Vergleich zu den Verletzungen durch Soft-Air-Waffen, weitaus ausgeprägteres Verletzungsmuster mit einem Eindringen des Geschosses in die Augenhöhle und einem Bruch der Augenhöhlenknochen. Der Patient wurde mehrfach operiert. Das Sehvermögen war durch die räumliche Nähe des Geschosses zum Sehnerven unmittelbar gefährdet.

In der ophthalmologischen Fachliteratur sind zahlreiche Kasuistiken <sup>(11,27,54,60,61,67)</sup> mit Verletzungen der Augen durch Soft-Air-Waffen beschrieben. Die Patienten waren hauptsächlich Kinder und Jugendliche, wie in unseren Fallvorstellungen. Unsere Fälle 1-3 zeigen das gleiche Verletzungsmuster wie in der Literatur beschrieben. In keiner unserer Fälle und in der oben aufgeführten Literatur zeigte sich ein penetrierendes okuläres Trauma.

2012 beschrieben Adyanthaya et al <sup>(1)</sup> nach ihren Angaben den 1. Fall einer Augapfelpenetration durch eine Kunststoffkugel aus einer Soft-Air-Waffe, allerdings ist anzumerken, dass im Text ein „röntgendichter Fremdkörper“ beschrieben wurde, so dass eher ein metallisches Geschoss verwendet wurde.

Die häufigsten Verletzungen bei einem Vorderabschnittstrauma <sup>(73)</sup> sind Hornhauterosionen und Einblutungen der Vorderkammer (traumatisches Hyphäma). Die häufigsten Verletzungen beim stumpfen Hinterabschnittstrauma <sup>(74)</sup> sind eine Dislokation der Linse durch Abriss der Zonulafasern und eine Ablösung der Netzhaut.

Der Mechanismus der Verletzung ist folgendermaßen zu erklären: Die Kunststoffkugel führt zu einem punktuellen Aufprall mit kleiner Querschnittsfläche. Der Aufprall wird nicht, wie z.B. bei Tennisbällen <sup>(63)</sup>, durch die knöchernen Strukturen der Orbita abgeschwächt. Die Energie wird zunächst an die Strukturen der Vorderkammer abgegeben, an der Hornhaut kommt es durch Scherkräfte zu oberflächlichen Erosionen <sup>(37)</sup>, weiter entsteht in der Vorderkammer ein hoher hydrostatischer Druck, der zur Kompression der Hinterkammer führt. Es resultiert ein Abriss der Zonulafasern mit Dislokation der Linse. <sup>(29)</sup>

Die Komplikationen einer Einblutung in die Vorderkammer (Hyphäma), wie es in Fall 1-3 auftrat sind Nachblutungen, eine Hämatokornea, ein erhöhter Augeninnendruck und die Ausbildung eines sekundären Glaukoms. <sup>(73)</sup> Ein sogenanntes Berlin'sches Ödem ist eine vorübergehende Trübung der Netzhaut (Retina), welche sich klinisch durch eine gelbgraue Verfärbung der Retina darstellt. Sie basiert auf einem Abscheren der Photorezeptoraußensegmente. Für die Entstehung ist nicht die Masse des auftreffenden Körpers, sondern die Aufprallgeschwindigkeit verantwortlich. Beim direkten Stoß auf die Sklera sind ca. 40 km/h, bei indirektem Stoß über das Hornhautzentrum ist eine Aufprallgeschwindigkeit von mindestens 96 km/h erforderlich. <sup>(74)</sup>

Die Komplikationen eines Berlin'schen Ödems sind in ca. 40% der Fälle ein permanenter Schaden der Makula mit bleibender Beeinträchtigung der Sehschärfe <sup>(74)</sup> sowie eine Netzhautablösung.

Ein Verletzungsmuster, wie in unserer Fallvorstellung Nr. 4 beschrieben ist, wird in der Fachliteratur häufiger bei Verwendung von Luftgewehren (im engl. BB-Guns, Air-Guns) gesehen. Dort wurde jedoch auch häufig ein letaler Ausgang der Verletzungen beschrieben, da das Projektil tiefer bis ins Hirngewebe eindrang. Das liegt einerseits an der höheren kinetischen Energie der Luftgewehre und andererseits an der Verwendung von Metallprojektilen mit einem Gewicht bis 1,5 g. <sup>(37)</sup>

In unserer Fallvorstellung 4 wurde, wie man auf den Röntgenaufnahmen gut erkennt, ein konisches metallisches Projektil (Diabolo) verwendet, welches nicht von handelsüblichen Soft-Air-Waffen verschossen werden kann. Es liegt die Vermutung nahe, dass hier eine Luftdruckwaffe verwendet wurde. Hier sind auch penetrierende Verletzungen, wie beschrieben möglich.

Obwohl in allen 4 Kasuistiken genaue Angaben über die Geschossenergie der Waffen, die verwendete Geschosse und zumeist auch die Distanz zur Mündung fehlten, zeigte sich deutlich die Schwere der Verletzungen. Hypothetisch ist aufgrund des Alters der Patienten davon auszugehen, dass es sich um Waffen mit einer Energie von über 0,08 J und unter 0,5 J handelte.

Weiter sieht man anhand der Fallbeispiele, dass in der Realität die vom Hersteller in den Bedienungsanleitungen erstellten Sicherheitsinstruktionen oftmals ignoriert werden.

Während bei Beschuss der ungeschützten Haut relativ harmlose, jedoch deutlich schmerzhaftes Läsionen entstehen, die ohne Folgen bleiben, kann es bei Beschuss des ungeschützten Auges zu erheblichen, die Sehkraft bleibend beeinträchtigenden bis hin zur Erblindung führenden Verletzungen kommen. Dies gilt insbesondere wenn die vom Hersteller beschriebenen Sicherheitsinstruktionen nicht beachtet werden.

#### 5.4. Vergleich der Befunde mit Verletzungsmustern von anderen Waffen

Zunächst soll vergleichend das Verletzungspotential einer Schleuder mit den von uns untersuchten Soft-Air-Waffen verglichen werden. Eine Schleuder besteht aus einer Kunststoff- oder Holzgabelung, um die ein Gummiband gespannt wird, als Geschosse können Steine bzw. Metallkugeln verwendet werden.

Kneubuehl <sup>(36)</sup> untersuchte die ballistischen Werte einfacher Schleudern und es zeigte sich, dass Anfangsenergien von unter 5-10 J erreicht werden. Bei Verwendung von Kupferkugeln (Kaliber 8,6 mm, Masse 3,55 g) ergibt sich bei einer Zuglänge von 35 cm eine Anfangsenergie von 4,92 J und eine Anfangsgeschwindigkeit von 52,5 m/s. Bei einer Gummikugel (Kaliber 17,8 mm, Masse 8,85) steigt die Anfangsenergie auf 10,62 J, die Anfangsgeschwindigkeit liegt bei 49 m/s.



Vergleicht man jedoch die erzielten Energiedichten (Kupferkugel  $0,084 \text{ J/mm}^2$ , Gummikugel  $0,043 \text{ J/mm}^2$ ) mit den Energiedichten von Kunststoffkugeln aus einer Soft-Air-Waffe mit einer Energie von  $0,35 \text{ J}$ , entsprechend der von uns verwendeten Waffe Nr.5 (Kaliber  $6 \text{ mm}$ ,  $0,12 \text{ g}$ :  $0,012 \text{ J/mm}^2$ ,  $0,20 \text{ g}$ :  $0,013 \text{ J/mm}^2$ ) wird klar, dass bei Gebrauch einer Schleuder im Gegensatz zu Soft-Air-Waffen bis  $0,5 \text{ J}$  irreversible Augenverletzungen bis hin zu offenen Verletzungen des Auges entstehen können. Penetrierende Verletzungen der menschlichen Haut sind auch bei Verwendung von Stahlkugeln (Kaliber  $12 \text{ mm}$ , Masse  $7,1 \text{ g}$ ) aus einer Schleuder bei einer Energiedichte von  $0,072 \text{ J/mm}^2$  eher unwahrscheinlich, da der Grenzwert von  $0,1 \text{ J/mm}^2$  nicht erreicht wird.

Abschließend sollen nun die von uns erhobenen Befunde mit dem Verletzungsmuster anderer freiverkäuflicher, jedoch höherenergetischer Waffen verglichen werden.

Es wäre ein direkter Vergleich des Verletzungspotentials mit Waffen höherer Geschossenergien ( $> 0,5 \text{ J}$  bis  $7,5 \text{ J}$ ), die zum Beispiel in höherenergetischen Soft-Air-Waffen oder bei sog. Paintball-Markierern zum Einsatz kommen, interessant. Es liegen jedoch keine experimentellen Untersuchungen vor, so dass zum Vergleich lediglich gesammelte Daten aus Fallberichten, welche ausnahmslos aus dem englischsprachigen Raum stammen, in Frage kommen.

Ebenso freiverkäuflich sind Luftgewehre, welche eine kinetische Energie von bis zu  $7,5 \text{ J}$  aufweisen. Das Analogon im englischsprachigen Raum sind „Air-Guns“, „BB-Guns“, „Pellet-Guns“, „Nonpowder-Guns“ bzw. „Air-Rifles“. Für Verletzungen durch diese Art von Waffen, bei denen zumeist Leichtblei-Geschosse mit einem Kaliber zwischen  $4,5$  bis  $6,3 \text{ mm}$  und einer Masse von bis zu  $0,8 \text{ g}$  zum Einsatz kommt, liegen sowohl im englisch- als auch im deutschsprachigen Raum zahlreiche Fallberichte <sup>(6,8,17,23,42,45,55,68,71)</sup> vor.

Zuletzt soll vergleichend auf das Gefährdungspotential sog. SRS-Waffen (Schreckschuss-/Reizstoff-/Signal-Waffen) eingegangen werden.

Die Daten zu Paintball-assoziierten Verletzungen stammen überwiegend aus dem amerikanischen Raum, wo sich diese Sportart mit ca. 12 Millionen aktiven Spielern und über 6000 Spielplätzen großer Beliebtheit erfreut. Der Schwerpunkt wurde hier die Verletzungen im Augenbereich <sup>(4,25,26,40,49,62,72)</sup> gelegt, wobei es zu ähnlichen Verletzungsmustern kam, wie bei den von uns untersuchten Soft-Air-Waffen. Das Spektrum der Verletzungen reichte von oberflächlichen Erosionen der Hornhaut bis zu Ablösungen der Netzhaut. Es wurden jedoch auch vollständige Zerstörungen des Augapfels beschrieben, was zumeist zum Verlust des Auges führte.

Neben dem bereits näher ausgeführten dermatologischen Aspekt i.S. eines sog. „Paintball-Erythem“, bei Treffern auf die bekleidete und unbekleidete Haut, wurden in der englischsprachigen Literatur einzelne Fälle von Paintball-assoziierten Verletzungen durch stumpfe Traumata, wie z.B.

Pseudoaneurysmatabildung im Kopfbereich durch Dissektion von oberflächlichen Kopfarterien <sup>(13,33)</sup>, eine Hodenruptur <sup>(34)</sup>, ein penoscotales Lymphödem <sup>(2)</sup>, ein subkapsuläres Hämatom der Niere, <sup>(30)</sup> sowie ein Herzinfarkt infolge einer traumatischen Dissektion einer Koronararterie <sup>(65)</sup> beschrieben. In keinem der Fallberichte kam es jedoch zu einer die Haut penetrierenden Verletzung.

Ein weiterer Grund dafür, dass eine Soft-Air-Waffe keine penetrierenden Hautverletzungen verursacht, liegt in der Beschaffenheit der Geschosse. Die Kugelform führt im Gegensatz zu asphärischen Projektilen zu einer erhöhten Querschnittsfläche (Bsp. Kaliber 6 mm: Querschnittsfläche 28,27 mm<sup>2</sup>), die im Zusammenspiel mit der relativ geringen kinetischen Energie an einem elastischen Medium wie der Haut eher abprallt als penetriert.

So zeigte sich in zahlreichen Fallberichten die Gefährlichkeit von Luftgewehren und Luftdruckwaffen, den sogenannten BB-Guns, welche im Nahschussbereich unter Umständen tödliche Verletzungen <sup>(17,23,38,42,68,71)</sup> verursachen können. Sowohl Schützen als auch Opfer waren überwiegend Kinder. Die tödlichen Verletzungen wurden insbesondere durch Schüsse auf den Kopf und den Thorax verursacht. Die führende Todesursache war ein neurogener Schock durch direkte Schädigung lebenswichtiger Hirnabschnitte bei Eindringen des Projektils ins Gehirn. Bei Thoraxverletzungen kam es zumeist zu Verletzungen der herznahen Blutgefäße, so dass die Kinder an einem akuten Pumpversagen des Herzens, verursacht durch eine Blutansammlung im Herzbeutel (Pericardtamponade) starben.

Waffentechnisch unterscheidet man 3 verschiedene Varianten <sup>(18)</sup> dieser im englischsprachigen Raum auch als „Air-Rifles“ oder „BB-Guns“ bezeichneten Waffen.

1. Verwendung komprimierter Luft: Dabei wird Luft in eine Kammer gepresst und bei Betätigung des Abzugs schlagartig freigesetzt. 2. Gasantrieb mit Verwendung von CO<sub>2</sub>-Kartuschen. 3. Kompressionsfederdruck. Es werden leichtmetallische konische Projektile mit einem Kaliber von 0.177, 0.20 und 0.22 (entsprechend 4,5-5,5 mm) verwendet. Die Geschosse erreichen Geschwindigkeiten bis maximal 300 m/s.

Experimentelle Untersuchungen <sup>(71)</sup> zeigten, dass Projektile mit einem Gewicht von 0,59 g und einem Kaliber von 4,5 mm bei einer kinetischen Energie von 2,95 J und einer Energiedichte von 0,19 J/mm<sup>2</sup> lediglich eine Geschwindigkeit von 100 m/s benötigen, um menschliche Haut zu penetrieren. Ein 1 g schweres 5,5 mm-Geschoss benötigt dafür eine Geschwindigkeit von 74 m/s bei einer Geschossenergie von 2,75 J und einer Energiedichte von 0,12 J/mm<sup>2</sup>. Misliwetz <sup>(43)</sup> legte für die Kaliber 4,5 mm - 5,5 mm eine Grenzggeschwindigkeit von 50 m/s experimentell fest.

Weiter untersuchten Stankov et al. <sup>(71)</sup> in einer Arbeit aus dem Jahr 2012 die Eindringtiefe der Geschosse (Kaliber 4,5 mm, konisches Metallgeschoss, Masse 0,5 g) aus einer Druckluftwaffe (Geschossenergie um 7,5 J) in Abhängigkeit von der Schussdistanz. Hier erreichen die Geschosse Geschwindigkeiten bis 305 m/s.

Es zeigte sich bei einem aufgesetzten Schuss eine Eintrittswunde mit einem Durchmesser von 4,5 mm sowie ein Schusskanal von 13 cm Länge. Bei einer Entfernung von 15 cm maß die Eintrittswunde 4,2 mm und der Schusskanal 8 cm. Bei einer Distanz von 30 cm fand sich ein 6 cm tiefer Schusskanal bei einer 4,0 mm durchmessenden Eintrittswunde.

Experimentell und auch in den Fallberichten wurde der Schusskanal als glatt begrenzt und im Durchmesser nicht wesentlich größer als das Kaliber des Projektils beschrieben. Effekte im Sinne einer Druckwelle oder Höhlenbildung, wie bei konventionellen Schusswaffen üblich waren nicht zu beobachten.

Es wird klar, dass Geschosse aus Luftgewehren und Luftdruckwaffen insbesondere bei Kindern ohne weiteres die Haut und unter Umständen auch dünne Knochen penetrieren können.

In der Literatur wurden in zahlreichen Falldarstellungen <sup>(6,8,45,47,55)</sup> weiterhin nicht letale, jedoch ausnahmslos penetrierende Verletzungen beschrieben. Die Daten stammen überwiegend aus den Vereinigten Staaten, wo ein relativ liberales Waffenrecht auf einen unbekümmerten Umgang mit Schusswaffen trifft. Die Opfer sind überwiegend Kinder, die Schüsse wurden zumeist von anderen Kindern versehentlich und in Einzelfällen auch gezielt abgegeben. Es wurden Verletzungen der Extremitäten, des Kopf-Hals-Bereiches, des Rumpfes und des Bauchraumes beschrieben, die teils nur durch chirurgische Interventionen nicht letal endeten.

Penetrierende Verletzungen können jedoch auch von Waffen verursacht werden, die keine Geschosse verschießen. Freiverkäufliche Schreckschusswaffen, welche nach *WaffG* <sup>(77)</sup> *Anl. 2, Abschn. 2, UA. 2 Nr. 1 ff.* keine erforderlichen Erlaubnisse benötigen, da sie kein Geschoss im eigentlichen Sinne verschießen, sind laut Ausführungen von M. Rothschild <sup>(59)</sup> durchaus in der Lage, ohne jegliche Manipulation der Waffen, bei absoluten bzw. relativen Nahschüssen schwere, teils auch tödliche Verletzungen hervorzurufen. Experimentell wurde deutlich, dass dabei Energiedichten bis  $0,75 \text{ J/mm}^2$  erreicht werden können. <sup>(59)</sup>

In Untersuchungen von Wasserburger et al <sup>(29)</sup> wurden Gas-Alarm-Waffen hinsichtlich ihres Verletzungspotentials untersucht. Dabei wurde neben dem Gasstrahl auch die von ausgeschleuderten Ladungsteilchen ausgehende Gefahr bewertet. Auch hier muss man hinsichtlich einer möglichen Penetration der Haut durch die kleinen Partikel die Flächenenergiedichte beachten. Der Gasstrahl entfaltet sein Maximum an Wirkung beim aufgesetzten Schuss, die Wirkung fällt nach wenigen cm deutlich ab. Die abgeschleuderten Partikel besitzen eine Reichweite von 2-3 m und erreichen Geschwindigkeiten von ca. 100 m/s. <sup>(59)</sup>

Schussversuche zeigten z.B. bei Verwendung von Schwarzpulverladung, Schuss mit einem Gas-Alarm-Revolver und einer Schussentfernung von 70 cm oberflächlich thermische Verletzungen sowie in die Haut eingedrungene Partikel, welche teils blutende Wunden hervorriefen. Berechnungen ergaben eine Flächenenergiedichte von  $0,009 \text{ J/mm}^2$  für Partikel, allerdings werden Energiedichten von  $0,1 \text{ J/mm}^2$  erreicht, wenn sie mit der schmalen Fläche auftreffen. <sup>(29)</sup> Dies erklärt die Penetration der Haut.

Im Vergleich zu anderen freiverkäuflichen Waffen verursachen die von uns untersuchten Soft-Air-Waffen, wenn sie nicht das ungeschützte Auge treffen, zwar durchaus schmerzhaft, jedoch relativ harmlose Verletzungen.

## 6. Zusammenfassung

Es wurden 5 Soft-Air-Waffen mit einer kinetischen Energie zwischen 0,079 J und 0,469 J sowie 2 Geschossarten des Kalibers 6 mm (0,12 g / 0,20 g) durch Schussversuche auf 40 freiwillige Versuchspersonen geprüft und zuvor physikalisch technische Parameter bestimmt. Zielregionen waren jeweils die Innenseite des Unterarmes und die mittlere obere Rückenpartie. Die Versuchsserie bestand aus ansteigenden Schussdistanzen, beginnend mit einem aufgesetzten Schuss bis max. 2 m Entfernung. Zudem erfolgten Beschussversuche auf Tieraugen und die Auswertung von Kasuistiken aus der Universitätsaugenklinik Magdeburg.

Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der Waffen und Geschosse sind keine penetrierenden Verletzungen der Haut und der Augen möglich. Im Vergleich der Energiedichten (Energie pro auftretende Querschnittsfläche) liegen Soft-Air-Waffen mit einer kinetischen Energie von 0,5 J mit einer Energiedichte von 0,018 J/mm<sup>2</sup> bei einer Geschossmasse von 0,12 g unter den Grenzwerten für penetrierende Verletzungen (menschliche Haut 0,1 J/mm<sup>2</sup>, menschliches Auge 0,2 J/mm<sup>2</sup>). Die Geschosse erreichten Geschwindigkeiten von bis zu 96 m/s. Für die von uns verwendeten Geschossarten (Kunststoffkugeln, 6 mm ø, 0,12 g bzw. 0,20 g) errechnen sich Grenzggeschwindigkeiten von 217 m/s bei 0,12 g bzw. 168 m/s bei 0,20 g. Die berechnete Grenzenergie liegt bei 2,8 J und damit weit über den von uns getesteten Energien bis max. 0,5 J. Ebenso liegt die von uns mit 96 m/s gemessene Höchstgeschwindigkeit weit unter der errechneten Grenzggeschwindigkeit.

Waffen mit einer Geschossenergie < 0,08 J verursachten von einem mittelstarken Schmerzreiz begleitete Bagatellverletzungen an der Haut, welche bis maximal 1 Stunde nach dem Ereignis sichtbar blieben. Waffen der Geschossenergien > 0,08 J - < 0,5 J verursachten deutlich schmerzhaftere oberflächliche Hautverletzungen im Sinne von Prellungen, Rötungen, Schwellungen und Unterblutungen, die auch noch nach 7 Tagen deutlich sichtbar waren. Alle Verletzungen sind als Prellschüsse zu werten. Alle Schüsse wurden im Nahschussbereich abgegeben. Es konnte kein signifikanter Unterschied im Verletzungsmuster in Bezug auf die unterschiedlichen Schussentfernungen und Hautpartien beobachtet werden. Bei Treffern im Bereich des ungeschützten Auges zeigten sich tierexperimentell und nach Auswertung der Kasuistiken bis zu schwerwiegende Verletzungen der Augen, die zu einer Behandlung im Krankenhaus führten und unter Umständen eine bleibende Beeinträchtigung des Sehvermögens bedingen. Auch hier sind penetrierende Verletzungen bei Gebrauch der Kunststoffkugeln nicht möglich.

Schlussfolgernd ist festzustellen, dass bei bestimmungsgemäßem und verantwortungsvollem Umgang mit den Waffen, insbesondere unter Beachtung der Sicherheitsinstruktionen, kein erhöhtes Verletzungspotential von diesen ausgeht. Werden jedoch, wie es in der Realität häufig geschieht, die Sicherheitsbestimmungen nicht beachtet, so kann es im Bereich der Augen zu erheblichen und möglicherweise das Sehvermögen dauerhaft beeinträchtigenden Verletzungen kommen.

## Literaturverzeichnis

1. Adyanthaya R, Chou T, Torab Parhiz A: Penetrating ocular trauma from airsoft gun. *Archives of ophthalmology*. 130. 944-945 (2012)
2. Agrawal V, Li C, Minhas S, Ralph D: Paint ball injury resulting in penoscrotal lymphedema. *Urology*. 67. 1288–1289 (2006)
3. Alaminos Mingorance M, Castejón Casado EJ, Valladares Mendeias JC, López-Tello C, Pérez de la Cruz, JM: Cardiac injury from an air gun pellet: a case report. *Eur J Pediatr Surg*. 9. 184-185 (1999)
4. Alliman KJ, Smiddy WE, Banta J, Qureshi Y, Miller DM, Schiffman JC: Ocular trauma and visual outcomes secondary to paintball projectiles. *Am J Ophthalmol*. 147. 239-242 (2009)
5. Ambay AR, Stratman EJ: Paintball: dermatologic injuries. *Cutis*. 80. 49–50 (2007)
6. Amirjamshidi A, Abassioun K, Roosbeh H: Airsoft pellet injuries to the head and neck. *Surg Neurol*. 47. 331-338 (1997)
7. Aslan S, Uzkeser M, Katirci Y, Cakir Z, Bilir O, Bilge F, Cakir M: Air guns: toys or weapons? *Am J Forensic Med Pathol*. 27. 260-262 (2006)
8. Bhattacharyya N, Bethel CA, Caniano DA, Pillai SB, Deppe S, Cooney DR: The childhood air gun: serious injuries and surgical interventions. *Pediatr Emerg Care*. 3. 188-190 (1998)
9. Böttcher, S., Krause, D.: Abschlussbericht zur „Wirkung von Soft-Air-Waffen auf den menschlichen Körper“. (2007)
10. Bond, Sheldon J, Schnier C, Miller F: Air-powered guns: too much firepower to be a toy. *J Trauma*. 41. 674-678 (1996)
11. Bouhaimed M, Alwohaib M, Alabdulrazzaq S, Jasem M: Toy gun ocular injuries associated with festive holidays in Kuwait. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 247. 463-467 (2009)
12. Cain D, Weeks RF: A new danger associated with airgun pellet injuries. *British Medical Journal*. 286. 21 (1983)

13. Cohen JE, Itshayek E: Traumatic pseudoaneurysm of the superficial temporal artery after paintball injury. *Isr Med Assoc J.* 12. 123–124 (2010)
14. Conn M, Annett JI, Gilchrist J, Ryan GW: Injuries from paintball game related activities in the United States, 1997-2001. *Inj Prev.* 10. 139-143 (2004)
15. David VC: The air gun – a dangerous toy. *Injury.* 15. 143-144 (1983)
16. DiGiulio GA, Kulick RM, Garcia VF: Penetrating abdominal air gun injuries: Pitfalls in recognition and management. *Annals of emergency medicine.* 26:2. 224-228 (1995)
17. DiMaio VJ. Homicidal death by air rifle. *J Trauma.* 15.1034-1037 (1975)
18. Dittmann W: Gehirnverletzungen durch Luftdruckwaffen. *Z Rechtsmed.* 96. 119-131 (1986)
19. Duma SM, Ng TP, Kennedy EA, Stitzel JD, Herring IP, Kuhn F: Determination of significant parameters for eye injury risk from projectiles. *J Trauma.* 59. 960-964 (2005)
20. EU-Richtlinie 88/378/EWG. Sicherheit von Spielzeug. DIN EN 71-1. S.3 (1988)
21. Eyres KS, Morley T: Subcutaneous emphysema of the upper limb: an airgun injury. *Journal of Hand surgery.* 18B. 251-253 (1993)
22. Fackler ML: Velocity and air gun injuries. *Annals of emergency medicine.* 27:2. 269-270 (1996)
23. Fernandez LG, Radhakrishnan J, Gordon RT, et al. Thoracic BB injuries in pediatric patients. *J Trauma.* 38. 384-389 (1995)
24. Feststellungsbescheid des BKA (AZ: KT21/ZV25-5164.01-Z-33) vom 18.06.2004
25. Fineman MS, Fischer DH, Jeffers JB, Buerger DG, Repke C: Changing trends in paintball sports-related ocular injuries. *Can J Ophthalmol.* 118. 60-64 (2000)
26. Finemann MS: Ocular paintball injuries. *Curr Opin Ophthalmol.* 12. 86-190 (2001)
27. Fleischhauer JC, Goldblum D, Frueh BE, Koerner F: Ocular injuries caused by airsoft guns. *Arch ophthalmol.* 117. 1437-1439 (1999)

28. Ford EG, Senac MO, McGrath N. It may be more significant than you think: BB air rifle injury to a child's head. *Pediatr EmergCare*. 6. 278-279. (1990)
29. Gray W, Sponsel We, Scribbick FW, Stern A, Weiss CE, Groth SL, Walker JD: Numerical Modelling of Paintball Impact Ocular Trauma: Identification of Progressive Injury Mechanisms. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 52. 7506-7513 (2011)
30. Guerrero M, Zhou W, El Sayed HF, Kougias P, Lin P: Subcapsular hematoma of the kidney secondary to paintball pellet injuries. *J Emerg Med*. 36. 300-301 (2009)
31. Hepp A, Populäre Events: Medienevents, Spielevents, Spaßevents. Kap. II: Lorig P, Vogelsang W: Paintball: Sport oder Kriegsspiel? – Räuber und Gendarm als Event für Erwachsene. S. 241-249, 260-263. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. 2. überarb. Aufl. (2010)
32. James T: Pellet gun injuries. *S Afr Med J*. 47. 2298-2230 (1973)
33. John N, Leach JL, Rachana T, Mangano FT: Traumatic aneurysm of the occipital artery secondary to paintball injury. *Clin Neurol Neurosurg*. 111. 105–108 (2009)
34. Joudi JN, Lux MM, Sandlow JI: Testicular rupture secondary to paint ball injury. *J Urol*. 171. 797 (2004)
35. Kennedy EA, Ng TP, Mc Nally C, Stitzel JD, Duma SM: Risk functions for human and porcine eye rupture based on projectile characteristics of blunt objects. *Stapp Car Crash J*. 50. 651-671 (2006)
36. Kneubuehl B: Ballistische Kolumne: Bogen, Armbrust und andere Federwaffen. *Internationales Waffenmagazin*. (3.) 160-162; (5.) 328-330 (1998)
37. Kratz A, Levy J, Cheles, D, Ashkenazy Z, Tsumi E, Lifshitz T: Airsoft gun-related ocular injuries: Novel Findings, Ballistics Investigation and Histopathologic Study. *American Journal of ophthalmology*. 149. 37-44 (2010)
38. Lawrence HS. Fatal nonpowder firearm wounds: case report and review of the literature. *Pediatrics*. 85. 177-181 (1990)
39. Levsky ME, Crowe M: What is your diagnosis? Paintball purpura. *Cutis*. 75. 157–158 (2005)
40. Listmann DA: Paintball injuries in children: More than meets the eye. *Pediatrics*. 113. 15-18. (2004)



41. Merkblatt Bayrisches Landeskriminalamt Soft-Air-Waffen, Stand Januar 2005. 1-7
42. Meyer HJ: Tödliche Schussverletzung durch ein Luftgewehrprojektil. Rechtsmedizin 1. 28-31 (2002)
43. Missliwetz, J.: Zur Grenzgeschwindigkeit bei der Haut. Eine experimentelle ballistische Untersuchung mit Geschossen vom Kaliber 4 mm und 4,5 mm. Beitr. Gerichtl. Med. 45. 411-432 (1987)
44. Müller, E.: Softair-Waffen. Fischer (Rita G.), Frankfurt, 1. Auflage (2007)
45. Myre LE, Black RE: Serious air gun injuries in children: update of injury statistics and presentation of five cases. Pediatr Emerg Care. 3. 168-170 (1987)
46. Nadjem H, Braunwarth R, Pollak St: Zum Verletzungspotential von Softair-Pistolen. Arch Krim. 213. 15-21 (2004)
47. Nakamura DS, McNamara JJ, Sanderson L, Harada R: Thoracic air gun injuries in children. Am J Surg. 146. 39-42 (1983)
48. Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S: Wound ballistics: Theory and practice. Ann Emerg Med. 13. 1113-1122 (1984)
49. Pahk PJ, Adelman RA: Ocular trauma resulting from paintball injury. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 247. 469-475 (2009)
50. Paraskevaides EC, Cooper Wilson M, Bhopal F: Two cases of near fatal airgun injury. Journal of royal college of general practitioners. 274 (1988)
51. Powel EC, Jovtis E, Tanz RR: Incidence and circumstances of nonfatal firearm-related injuries among children and adolescents. Arch pediatr adolesc me. 155. 1364-1368 (2001)
52. Radhakrishnan J, Fernandez L, Geissler G: Air rifles – Lethal weapons. Journal of Pediatric surgery. 31. 1407-1408 (1996)
53. Rahbari H, Nabai H: Paint pellet erythema. Pediatr Dermatol. 13. 174–175 (1996)
54. Ramstead C, Ng MC, Rudnisky CJ: Ocular injuries associated with Airsoft guns: a case series. Can J Ophthalmol. 43. 584-587 (2008)

55. Reddick EJ, Carter PL, Bickerstaff L: Air gun injuries in children. *Ann Emerg Med.* 14. 1108-1111 (1985)
56. Reeves B: Danger of airguns. *British Medical Journal.* 577-578 (1968)
57. Reid IS. Air gun injuries in children. *Med J Aust.* 1: 64-66 (1974)
58. Robson JW, Kumar K: Air weapon injuries in children: a case for education. *Archives of Emergency medicine.* 2. 17-24 (1985)
59. Rothschild, M.A.: Freiverkäufliche Schreckschusswaffen Medizinische, rechtliche und kriminaltechnische Bewertung. Schmidt Römhild, Lübeck, 1. Auflage (1999)
60. Saunte JP, Saunte ME: Childhood ocular trauma in the copenhagen area from 1998 to 2003: eye injuries caused by airsoft guns are twice as common as firework-related injuries. *Acta ophthalmologica.* 86. 345-347 (2008)
61. Saunte JP, Saunte, ME: 33 cases of airsoft gun pellet ocular injuries in Copenhagen Denmark, 1998-2002. *Acta ophthalmologica Scand.* 755-758 (2008)
62. Scibba J, BS, Hatch RL: Target Lesions and Other Paintball Injuries. *J Am Board Fam Med.* 25. 124-127 (2012)
63. Scott MJ Jr., Scott MJ III. Ping pong patches. *Cutis.* 43. 363–364 (1989)
64. Sellier, K., Kneubuehl, B.P.: Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen. Springer Berlin Heidelberg 2. Auflage (2001)
65. Shah SH, Sketch MH Jr., Tchong JE: Acute myocardial infarction in a young male while playing paintball. *J Invasive Cardiol.* 14. 713–715 (2002)
66. Shanon A, Feldman W: Serious childhood injuries caused by air guns. *Can med assoc J* 144(6). 723-725 (1991)
67. Shazly TA, Al-Hussaini AK: Pediatric ocular injuries from airsoft toy guns. *Journal of pediatric ophthalmology and strabismus.* 49. 54-57 (2012)
68. Sheldon Green G, Good R: Homicide by use of a pellet gun. *Am J Forensic medicine and pathology.* 3. 361-365 (1982)

69. Siegel DM, Goldberg LH, Altman AR, Kalter DC: Paint pellet purpura: a peril for pistol-packing paramilitary personnel. JAMA. 255. 3367 (1986)
70. Sponsel WE, Gray W, Scribbick FW, Stern AR, Weiss CE, Groth SL, Walker JD: Blunt Eye Trauma: Empirical Histopathologic Paintball Impact Thresholds in Fresh Mounted Porcine Eyes. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 52. 5157-5166 (2011)
71. Stankov A, Jakovski Z, Pavlovski G, Muric N, Dwork AJ, Cakar Z: Air gun injury with deadly aftermath – Case report. Legal medicine. 1-3 (2012)
72. Taban M, Taban M, Sears JE: Ocular findings following trauma from paintball sports. Eye (Lond). 22. 930-934(2008)
73. Viestenz A, Küchle M: Stumpfes Augentrauma, Teil I: Stumpfes Vorderabschnittstrauma. Ophthalmologe. 101. 1239-1258 (2004)
74. Viestenz A, Küchle M: Stumpfes Augentrauma, Teil II: Stumpfes Hinterabschnittstrauma. Ophthalmologe. 102. 89-101 (2005)
75. Vosswinkel M, Schmidt PF, Thanos S, Brinkmann B: Gefahrenpotential von Softair-Waffen. Abstract Rechtsmedizin 4. 277 (2007)
76. Waffengesetz (WaffG) In der Fassung der Bekanntmachung vom 8. März 1976 (BGBl. I, S. 432; BGBl. III 7133-3)
77. WaffG Ausfertigungsdatum: 11.10.2002, Vollzitat: "Waffengesetz vom 11. Oktober 2002 (BGBl. I S. 3970, 4592; 2003 I S. 1957), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 5 des Gesetzes vom 17. Juli 2009 (BGBl. I S. 2062) geändert worden ist" (Stand: Zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 5 G v. 17.7.2009 I 2062 Mittelbar geändert durch Art. 3 Abs. 4 G v. 17.7.2009 I 2062)  
[www.juris.de](http://www.juris.de)
78. Wasserburger L, Eichner S, Kunz S, Peschel O: Verletzungspotential von Gas-Alarm-Waffen. Rechtsmedizin. 21. 527-534 (2011)

## Anhang

### Inhalt

<b>Anlage 1</b>	Physikalisch technische Charakterisierung der Waffen
<b>Anlage 2</b>	Auflistung aller Werte subjektives Schmerzempfinden Unterarmhaut
<b>Anlage 3</b>	Auflistung aller Werte subjektives Schmerzempfinden Rückenhaut
<b>Anlage 4</b>	Probandeninformation
<b>Anlage 5</b>	Einwilligungserklärung
<b>Anlage 6</b>	Ethikvotum

## Anlage 1:

„Physikalisch-technische Charakterisierung der untersuchten Waffen“

Die nachfolgenden Datentabellen der Waffen wurden vom Lieferanten der Waffen (Firma Umarex) zur Verfügung gestellt.

<u>Waffe 01</u>									
Waffe:	Walther P 99 Dao								
Ausführung:	Special Operations						Kal.: 6 mm BB		
WE vom:	Lieferung für PTB					Art.-Nr.		2.5568	
Lieferant:	UHC								
Geschoß ø [mm]:	6	Vo	1	47,72	6	45,69	Vo,Mittel [m/s]:	47,0	
Material:	Plastik		2	47,16	7	47,62	s [%]:	1,443	
Masse [g]:	0,12		3	46,79	8	46,69			
Hersteller:	Umarex		4	47,46	9	47,84	Eo [J]:	0,133	
Marke:			5	46,97	10	46,33			
max. Vo-Sollwert:		100 m/s				Ist- Vo-Mittelwert:		47,0	
max. Eo-Sollwert:		0,5 Joule				Ist- Eo-Mittelwert:		0,133 Joule	
Datum:	12.10.07	Prüfer:		Künstler					

Die erhobenen Daten beziehen sich auf die Verwendung von der im Lieferumfang enthaltenden Geschosse mit der Masse 0,12 g.

Vo = mittlere Mündungsgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde

S = Standardabweichung in %

Eo = Geschossenergie, ermittelt in Joule

<u>Waffe 2</u>									
Waffe:	Walther P 99 Dao								
Ausführung:								Kal.: 6 mm BB	
WE vom:	Lieferung für PTB					Art.-Nr.		2.5511	
Lieferant:	UHC								
Geschoß ø [mm]:	6	Vo	1	33,18	6	36,19	Vo,Mittel [m/s]:	36,2	
Material:	Plastik		2	37,07	7	35,82	s [%]:	3,842	
Masse [g]:	0,12		3	35,17	8	36,54			
Hersteller:	Umarex		4	38,22	9	37,37	Eo [J]:	0,079	
Marke:			5	35,81	10	37,01			
max. Vo-Sollwert:							Ist- Vo-Mittelwert:		36,2
max. Eo-Sollwert:		0,08 Joule					Ist- Eo-Mittelwert:		0,079 Joule
Datum:	12.10.07	Prüfer:		Künstler					

Die erhobenen Daten beziehen sich auf die Verwendung von der im Lieferumfang enthaltenden Geschosse mit einer Masse von 0,12 g.

Vo = mittlere Mündungsgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde (m/s)

S = Standardabweichung in %

Eo = Geschossenergie, ermittelt in Joule (J)

Waffe 3									
Waffe:	Umarex MP 5 A5								

Die erhobenen Daten beziehen sich auf die Verwendung von der im Lieferumfang enthaltenden Geschosse mit der Masse 0,20 g.

Vo = mittlere Mündungsgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde (m/s)

S = Standardabweichung in %

Eo = Geschossenergie, ermittelt in Joule (J)

Waffe 4									
Waffe:	Walther P 99 Kal.: 6 mm BB								
Ausführung:									
WE vom:	Art.-Nr.							2.5181	
Lieferant:	Springtime								
Geschoß ø [mm]:	6	Vo	1	49,22	6	48,47	Vo,Mittel [m/s]:	48,7	
Material:	Plastik		2	50,44	7	48,41	s [%]:	1,892	
Masse [g]:	0,192		3	49,09	8	46,85	delta Vo	3,59	
Hersteller:	Umarex		4	49,19	9	48,09	Eo [J]:	0,228	
Marke:			5	48,84	10	48,61			
max. Vo-Sollwert:						Ist- Vo-Mittelwert:		48,7	
max. Eo-Sollwert:		0,5 Joule				Ist- Eo-Mittelwert:		0,228 Joule	
Datum:	12.10.07	Prüfer: Künstler							

Die erhobenen Daten beziehen sich auf die Verwendung von der im Lieferumfang enthaltenden Geschosse mit der Masse 0,12 g.

Vo = mittlere Mündungsgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde (m/s)

S = Standardabweichung in %

Eo = Geschossenergie, ermittelt in Joule (J)

Waffe 5									
Waffe:	Umarex Shot Gun 112                      Kal.: 6 mm BB								
Ausführung:									
WE vom:	Art.-Nr.							2.5450	
Lieferant:	Dong San								
Geschoß ø [mm]:	6	Vo	1	63,45	6	63,99	Vo,Mittel [m/s]:	63,7	
Material:	Plastik		2	63,27	7	63,84	s            [%]:	0,379	
Masse        [g]:	0,192		3	63,66	8	63,68			
Hersteller:	Umarex		4	63,88	9	64,06	Eo            [J]:	0,390	
Marke:			5	63,65	10	63,61			
max. Vo-Sollwert:							Ist- Vo-Mittelwert:		63,7
max. Eo-Sollwert:		0,5 Joule				Ist- Eo-Mittelwert:		0,390 Joule	
Datum:	12.10.07	Prüfer:		Künstler					

Die erhobenen Daten beziehen sich auf die Verwendung von der im Lieferumfang enthaltenden Geschosse mit der Masse 0,20 g.

Vo = mittlere Mündungsgeschwindigkeit, gemessen in Meter pro Sekunde (m/s)

S = Standardabweichung in %

Eo = Geschossenergie, ermittelt in Joule (J)

## Anlage 2

**Bewertung des Schmerzempfindens bei Beschuss der Unterarmhaut**

(Skala 1-10, 1 = Berührung ohne Schmerzcharakter, 10 = max. vorstellbarer Schmerz)

n.d. = nicht durchgeführt

Waffe Nr.	aufge- setzter Schuss	5 cm	10 cm	50 cm	Geschlecht der Probanden	Geschoss- masse [g]	Energie der Waffe [J]
1	3	6	7	7	m	0,12	0,133
1	2	6	5	5	w	0,12	0,133
1	1	4	5	6	m	0,12	0,133
1	3	4	5	6	m	0,20	0,133
1	1	2	4	3	m	0,20	0,133
1	1	3	3	6	m	0,20	0,133
2	5	7	7	6	w	0,12	0,079
2	3	5	5	5	m	0,12	0,079
2	5	6	7	7	m	0,12	0,079
2	4	5	5	3	w	0,20	0,079
2	2	4	4	4	m	0,20	0,079
2	3	4	3	3	m	0,20	0,079
3	n.d.	7	7	8	m	0,12	0,469
3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	w	0,12	0,469
3	4	6	5	4	m	0,12	0,469
3	3	4	6	5	m	0,20	0,469
3	5	6	8	8	m	0,20	0,469
3	6	8	9	9	w	0,20	0,469
4	5	7	7	6	m	0,12	0,228
4	4	7	7	6	m	0,12	0,228
4	6	8	7	7	m	0,12	0,228
4	5	8	7	6	m	0,20	0,228
4	6	7	8	7	m	0,20	0,228
4	3	4	3	5	m	0,20	0,228
5	7	8	8	9	m	0,12	0,39
5	5	6	6	7	m	0,12	0,39
5	7	7	7	8	m	0,12	0,39
5	7	8	8	7	m	0,20	0,39
5	8	9	9	9	m	0,20	0,39
5	3	5	5	4	m	0,20	0,39



## Anlage 3

**Bewertung des Schmerzempfindens bei Beschuss der Rückenhaut**

(Skala 1-10, 1 = Berührung ohne Schmerzcharakter, 10 = max. vorstellbarer Schmerz)

Waffe Nr.	Aufgesetzter Schuss	5 cm	10 cm	50 cm	1 m	2 m	Geschlecht der Probanden	Geschoss masse [g]	Energie der Waffe [J]
1	1	5	7	7	7	6	m	0,12	0,133
1	2	5	7	7	8	8	w	0,12	0,133
1	1	6	6	5	5	4	m	0,12	0,133
1	1	3	5	5	5	6	m	0,20	0,133
1	1	3	3	4	6	4	m	0,20	0,133
1	1	3	4	5	7	7	m	0,20	0,133
2	4	7	8	8	8	8	w	0,12	0,079
2	4	6	7	7	4	5	m	0,12	0,079
2	3	6	7	7	8	6	m	0,12	0,079
2	3	6	6	7	6	5	w	0,20	0,079
2	4	6	6	5	5	5	m	0,20	0,079
2	3	5	5	4	4	4	m	0,20	0,079
3	7	8	7	8	7	9	m	0,12	0,469
3	6	7	9	9	10	10	w	0,12	0,469
3	4	6	7	8	7	7	m	0,12	0,469
3	4	7	9	9	9	9	m	0,20	0,469
3	3	7	9	10	10	9	m	0,20	0,469
3	8	10	10	10	10	10	w	0,20	0,469
4	6	8	8	7	7	6	m	0,12	0,228
4	5	6	7	7	7	8	m	0,12	0,228
4	6	8	8	6	7	8	m	0,12	0,228
4	6	8	8	6	7	5	m	0,20	0,228
4	6	7	8	7	7	6	m	0,20	0,228
4	3	5	5	5	6	7	m	0,20	0,228
5	3	9	9	9	9	9	m	0,12	0,39
5	6	7	8	8	8	7	m	0,12	0,39
5	9	9	9	9	9	9	m	0,12	0,39
5	8	9	8	9	9	9	m	0,20	0,39
5	8	9	9	10	9	10	m	0,20	0,39
5	5	5	6	8	9	7	m	0,20	0,39

## Anlage 4

OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT

MAGDEBURG

Medizinische Fakultät  
Institut für Rechtsmedizin  
Ethik-Kommission  
Prof. Dr. med. D. Krause



Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • 39120 Magdeburg • Tel. 0391 67 15 843

## Forschungsvorhaben zur Wirkung von Soft-Air-Waffen auf den menschlichen Körper

### Probandeninformation

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

das Bundesinnenministerium hat einen Forschungsauftrag über die Wirkung von Soft-Air-Waffen vergeben, der in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig und einem rechtsmedizinischen Institut durchgeführt werden soll. Hintergrund ist die geplante Anhebung des waffenrechtlichen Grenzwertes für die Geschossenergie von Spielzeugwaffen im Waffenrechtsänderungsgesetz von derzeit 0,08 Joule auf 0,5 Joule.

Die rechtsmedizinischen Fragestellungen beziehen sich auf die Wirkungsweise der Geschosse auf menschlicher Haut und auf das Verletzungsrisiko.

### Versuchspersonen

Die Versuchspersonen müssen das 18. Lebensjahr überschritten haben und sollen körperlich gesund sein.

Ausschlusskriterien sind Hauterkrankungen, Störungen der Blutgerinnung mit erhöhter Blutungsneigung, erhöhte Blutungsneigung bei Bagateltraumen. Die Probanden dürfen während der Versuche nicht unter der Einwirkung von blutverdünnenden Medikamenten stehen. Die Ausschlusskriterien werden im Vorgespräch erfragt. Im Vorgespräch wird über den bestimmungsgemäßen Umgang mit Waffen aufgeklärt.

Die Probanden erhalten einmalig 25,00 € Aufwandsentschädigung. Es besteht kein zusätzlicher Versicherungsschutz für An- und Abreise (Wegeversicherung). **Es steht den Probanden frei, jeder Zeit ohne Angabe von Gründen vom Versuch zurückzutreten.**

### Versuchsanordnung

Die Versuche finden in einem separaten, von innen verschlossenen Raum statt, der von Schussexperten der Polizei als dafür geeignet deklariert wurde. Während der Versuche werden vom Versuchsleiter und von den Versuchspersonen Schutzbrillen getragen.

Bei jedem Versuchsteilnehmer werden mit einer so genannten Soft-Air-Waffe der Bereich der Unterarminnenseite und der Rücken in der Region zwischen den Schulterblättern beschossen. Die Geschossenergie der verwendeten Waffen liegt zwischen 0,08 Joule und 0,5 Joule.

Die Geschosse haben einen Durchmesser von 6 mm und das Gewicht liegt zwischen 0,12 g und 0,30 g. Auf jedes Hautareal werden maximal 7 Schüsse aus unterschiedlichen Schussentfernungen abgegeben. Die Entfernungen sind: Mündung aufgesetzt, 1 cm, 5 cm, 10 cm, 50 cm, 1 m und 2 m.

Die getroffenen Hautpartien werden am Versuchstag unmittelbar nach Schussabgabe, nach ca. 15 Minuten und 1 Stunde sowie ggf. an Folgetagen fotografiert und beschrieben.

Der Proband soll den von ihm beim Aufprall des Geschosses auf die Haut empfundenen Schmerz auf einer subjektiven Bewertungsskala mit der Einteilung von 1 (kein Schmerz) bis 10 (unerträglicher Schmerz) darstellen.

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass es zu keinen bleibenden Schäden der Haut im Sinne von Narbenbildung kommt, allerdings können die durch das Geschoss verursachten Hautrötungen 1 – 2 Wochen sichtbar bleiben. Auch danach sind unter Umständen die Treffer noch durch kleinfleckige Hautverfärbungen erkennbar.

Falls es wider Erwarten zu blutenden Hautwunden oder gar zu Steckschüssen kommt, wird eine unverzügliche ärztliche Wundversorgung garantiert. Es besteht eine Probandenversicherung, die für materielle Schäden einsteht. Für die An- und Abreise (Wegeversicherung) besteht kein zusätzlicher Versicherungsschutz.

Die Datenerfassung erfolgt anonym, lediglich das Lebensalter in Jahren, sowie das Geschlecht werden ausgewertet. Für die darüber hinausgehenden primär erfassten Daten gelten die allgemeinen Bestimmungen des Datenschutzes.

Aschersleben, am

VersuchsleiterIn

## Anlage 5

OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT  
Medizinische Fakultät

MAGDEBURG

Institut für Rechtsmedizin  
Ethik-Kommission  
Prof. Dr. med. D. Krause



Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • 39120 Magdeburg • Tel. 0391 67 15 843

## Forschungsvorhaben zur Wirkung von Soft-Air-Waffen auf den menschlichen Körper

### Einwilligung

Proband: \_\_\_\_\_,  
Name, Vorname

geb. \_\_\_\_\_  
Geburtsdatum

Hiermit erkläre ich durch meine Unterschrift, dass

- ich aus freiem Willen an dem oben genannten Versuch als Versuchsperson teilnehme. Für meine Teilnahme erhalte ich eine einmalige Zahlung in Höhe von 25,00 €
- ich körperlich gesund bin
- ich an keiner Krankheit mit Störung der Blutgerinnung leide
- ich keine Medikamente zur Blutverdünnung ( Falithrom, ASS) einnehme
- ich nicht an einer Hauterkrankung leide.
- ich aus eigener Erfahrung weiß, dass ich bei leichten Verletzungen keine erhöhte Blutungsneigung habe
- mir bekannt ist, dass eine Probandenversicherung besteht, die für materielle Schäden entsteht
- mir bekannt ist, dass für An- und Abreise kein zusätzlicher Versicherungsschutz besteht (Wegeversicherung).
- ich **jeder Zeit ohne Angabe von Gründen vom Versuch zurückzutreten** kann.

Auf meine Unterarminnenseite und auf meinen Rücken in der Region zwischen den Schulterblättern werden maximal je 7 Schüsse mit einer so genannten Soft-Air-Waffe mit einer Geschossenergie zwischen 0,08 J und 0,5 J aus unterschiedlichen Entfernungen abgegeben. Die getroffenen Hautregionen werden am Versuchstag nach 1-2 Minuten, nach 5-10 Minuten und nach 30-60 Minuten, sowie am Folgetag fotografiert. Den von mir eventuell empfundenen Schmerz beim Auftreffen der Plastikgeschosse auf meine Haut werde ich in einer subjektiven Bewertungsskala darstellen.

Mir ist bekannt, dass die durch die Schüsse eventuell verursachten Hautrötungen über einen Zeitraum von 1 bis 2 Wochen, in Einzelfällen möglicherweise auch länger, sichtbar bleiben können. Falls wider Erwarten Blutungen oder gar Steckschüsse auftreten, ist unverzügliche medizinische Versorgung garantiert. Eine Probandenversicherung steht für materielle Schäden ein.

Aschersleben, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## Anlage 6

## OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG

## Ethik-Kommission

der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät  
und am Universitätsklinikum Magdeburg A.ö.R.

Vorsitzender: Prof. Dr. med. D. Krause

Universitätsklinikum • Leipziger Straße 44 • D-39120 Magdeburg

Herrn Prof. Dr. med. Dieter Krause, Frau Sandra Böttcher  
Institut für Rechtsmedizin  
Medizinische Fakultät, Otto-von-Guericke-Universität  
Leipziger Str. 44  
39120 Magdeburg

Tel.  
(0391) 67/14314  
67/14344

Fax  
(0391) 67/14354  
67/290185

eMail  
norbert.beck@med.ovgu.de  
ethikkommission@ovgu.de

Datum

10.10.2007



Unser Zeichen: 88/07

**Wirkung von Soft-Air-Waffen auf den menschlichen Körper**

Sehr geehrter Herr Prof. Krause, sehr geehrte Frau Böttcher,

die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg hat die übergebenen Unterlagen zur o. g. Studie überprüft, in der letzten Kommissionssitzung eingehend erörtert und ist zu der Auffassung gekommen, daß gegen die Durchführung keine ethischen Bedenken bestehen. Diese **zustimmende Bewertung** ergeht unter dem Vorbehalt gleichbleibender Gegebenheiten.

Die Verantwortlichkeit des jeweils behandelnden Arztes bleibt in vollem Umfang erhalten und wird durch diese Entscheidung nicht berührt. Alle zivil- oder haftungsrechtlichen Folgen, die sich ergeben könnten, verbleiben uneingeschränkt beim Projektleiter und seinen Mitarbeitern.

Beim Monitoring sind die Bestimmungen des Bundes- und Landesdatenschutzgesetzes sowie die sich aus der ärztlichen Schweigepflicht ergebenden Einschränkungen zu beachten, was eine Aushändigung kompletter Patientenakten zum Monitoring ausschließt. Ein Monitoring personen- und studienbezogener Daten wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. med. N. Bannert  
in Vertretung des Vorsitzenden der Ethik-Kommission

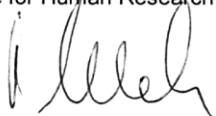
**Anlage zum Votum der Studie 88/07 vom 10.10.2007**

Zum Zeitpunkt der Bewertung der vorstehenden Studie waren folgende Damen und Herren Mitglied der Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg:

Herr Prof. Dr. Bannert	Medizinische Fakultät, Zentrum für Kinderheilkunde
Herr Prof. Dr. Behrens-Baumann	Medizinische Fakultät, Universitätsklinik für Augenheilkunde
Herr Prof. Dr. Huth	Medizinische Fakultät, Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie
Frau Prof. Dr. Kielstein	Medizinische Fakultät, Klinik für Innere Medizin
Herr Prof. Dr. Läuter	Medizinische Fakultät, Institut für Biometrie und Medizinische Informatik
Herr Prof. Dr. Lohmann	Fakultät Geistes-, Sozial- und Erziehungs- wissenschaften, Institut für Philosophie
Herr Prof. Dr. Meyer	Medizinische Fakultät, Institut für Klinische Pharmakologie
Herr Prof. Dr. Müller	Fakultät Naturwissenschaften, Institut für Experimentelle Physik
Herr Prof. Dr. Rose	Fakultät für Elektrotechnik und Informations- technik, Institut für Elektronik, Signalverarbeitung und Kommunikationstechnik
Herr Prof. Dr. Krause	Medizinische Fakultät, Institut für Rechtsmedizin

Mitglieder der Ethik-Kommission, die in eine Studie eingebunden sind, haben für die Votierung der betreffenden Studie kein Stimmrecht.

Die Ethik-Kommission der Otto-von-Guericke-Universität an der Medizinischen Fakultät und am Universitätsklinikum Magdeburg ist unter Beachtung entsprechender internationaler Richtlinien (ICH, GCP) tätig, nach Landesrecht (Hochschulgesetz des Landes Sachsen-Anhalt § 80, Abs. 3; Hochschulmedizingesetz des Landes Sachsen-Anhalt § 1 Abs. 4) legitimiert und beim Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte gemäß § 20 Abs. 8 des Medizinproduktegesetzes registriert. Weiterhin besteht eine Registrierung der Ethik-Kommission beim Bundesamt für Strahlenschutz nach § 28g Röntgenverordnung (EK-043/R) und § 92 Strahlenschutzverordnung (EK-046/S) sowie beim Office for Human Research Protections, reg. no. IRB00006099, Rockville, MD, U.S.A..



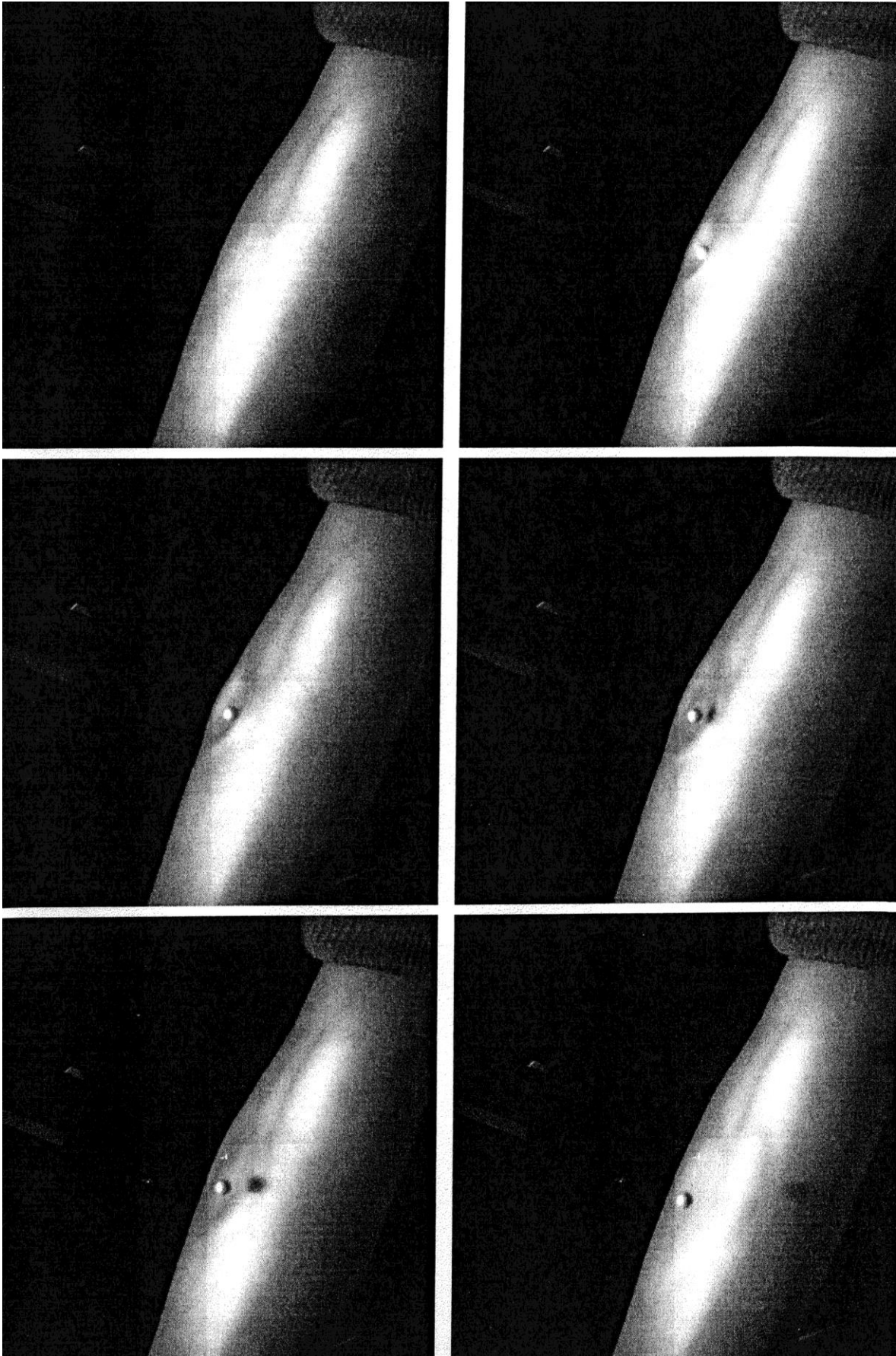
Dr. med. Norbert Beck  
Geschäftsführer der Ethik-Kommission

## Bildanhang

### Inhalt:

- Abb. 1** Beschuss des Unterarmes mit 0,39 J, Schussentfernung 0,05 m  
(Aufnahme mittels Hochgeschwindigkeitskamera)
- Abb. 2** Beschuss des Rückens mit 0,469 J, Schussentfernung 0,05 m  
(Aufnahme mittels Hochgeschwindigkeitskamera)
- Abb. 3-12** Trefferbilder  
(Hinweis: auf den Tafeln kennzeichnet die Nummerierung der getroffenen Stellen die Schussentfernung:
- 1) *aufgesetzter Schuss*
  - 2) *0,05 m*
  - 3) *0,10 m*
  - 4) *0,5 m*
  - 5) *1 m*
  - 6) *2 m*
- Abb. 3** Beschuss mit 0,079 J (Waffe Nr. 2)
- Abb. 4/5** Beschuss mit 0,133 J (Waffe Nr. 1)
- Abb. 6/7** Beschuss mit 0,288 J (Waffe Nr. 4)
- Abb. 8/9** Beschuss mit 0,39 J (Waffe Nr. 5)
- Abb. 10/11** Beschuss mit 0,469 J (Waffe Nr. 3)
- Abb. 12** Besondere Schusssituationen
- Abb. 13** Fallvorstellung 1 (Funduskamera: Lochbildung in der Netzhaut)
- Abb. 14** Fallvorstellung 4 (Fremdkörper in der rechten Augenhöhle)
- Abb. 15** Fallvorstellung 2 (Einblutungen in den Glaskörper, Iridodialyse)
- Abb. 16** Fallvorstellung 3 (Spaltlampe, Hornhauterosion)
- Abb. 17** Untersuchungsaufbau in der PTB (Beschuss der Papierlagen)
- Abb. 18** Beschuss Schweineauge (Eindellung und Erosion der Hornhaut)
- Abb. 19** Beschuss Hundeauge (Einblutungen in die Bindehaut, Zerreißen der Horn- und Bindehaut)

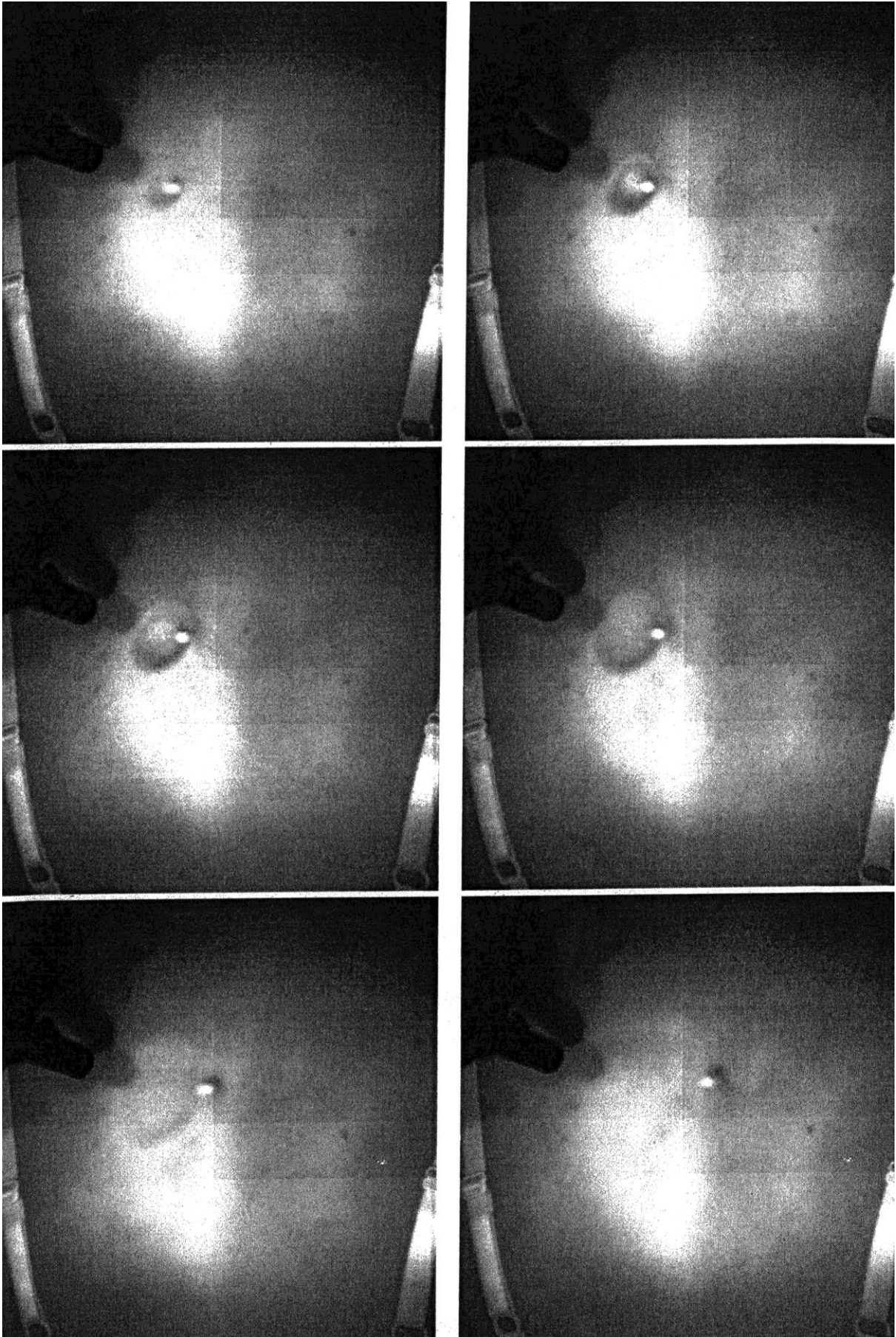
**Beschuss des Unterarmes mit 0,39 J, Schussentfernung 0,05 m**  
(Aufnahme mittels Hochgeschwindigkeitskamera)



**Abb. 1**



**Beschuss des Rückens mit 0,469 J, Schussentfernung 0,05 m**  
(Aufnahme mittels Hochgeschwindigkeitskamera)



**Abb. 2**

**Beschuss mit 0,079 J (Waffe Nr. 2)**



wenige Minuten nach Beschuss



1 Stunde nach Beschuss



2 Tage nach Beschuss





**Beschuss mit 0,133 J (Waffe Nr. 1)**



wenige Minuten nach Beschuss



1 Stunde nach Beschuss



## Beschuss mit 0,133 J (Waffe Nr. 1)



2 Tage nach Beschuss



7 Tage nach Beschuss

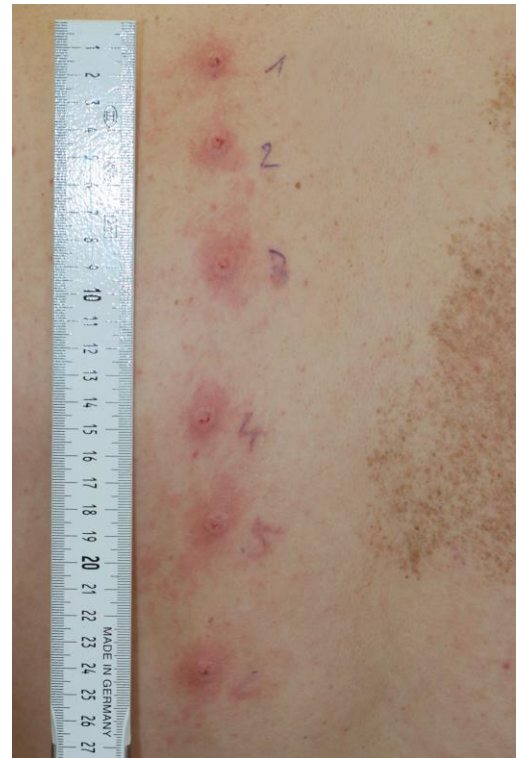




## Beschuss mit 0,288 J (Waffe Nr. 4)



wenige Minuten nach Beschuss



1 Stunde nach Beschuss



**Beschuss mit 0,288 J (Waffe Nr. 4)**



2 Tage nach Beschuss



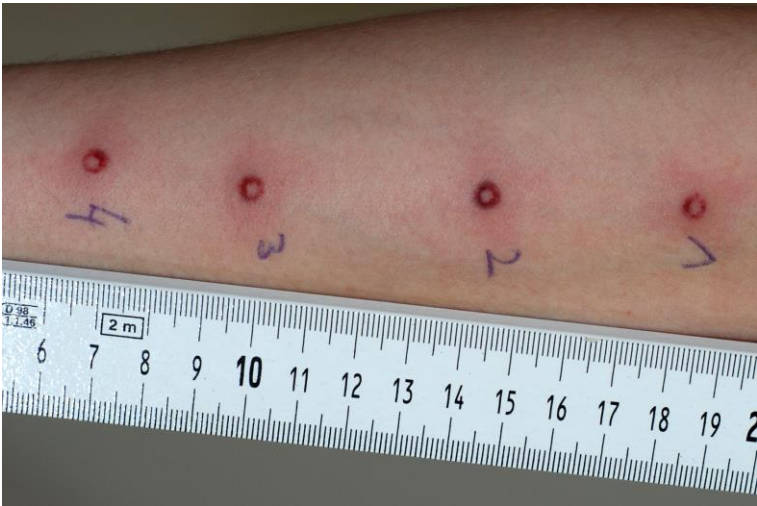
7 Tage nach Beschuss



**Abb. 7**



**Beschuss mit 0,39 J (Waffe Nr. 5)**



wenige Minuten nach Beschuss



1 Stunde nach Beschuss



**Abb. 8**

## Beschuss mit 0,39 J (Waffe Nr. 5)



2 Tage nach Beschuss

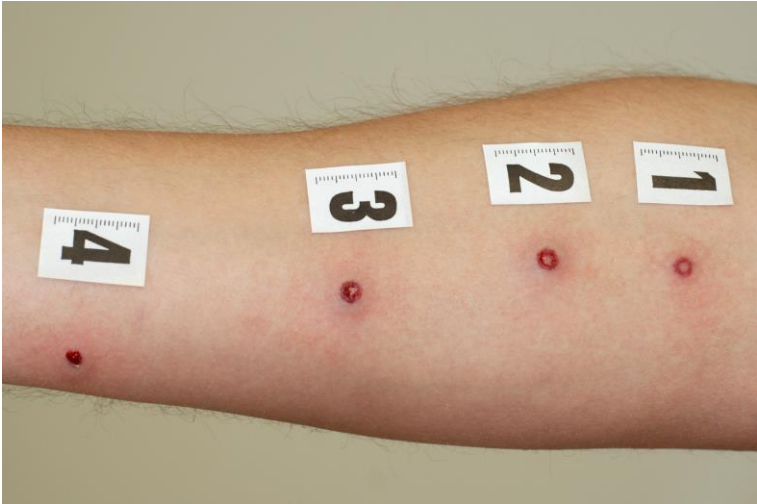


7 Tage nach Beschuss

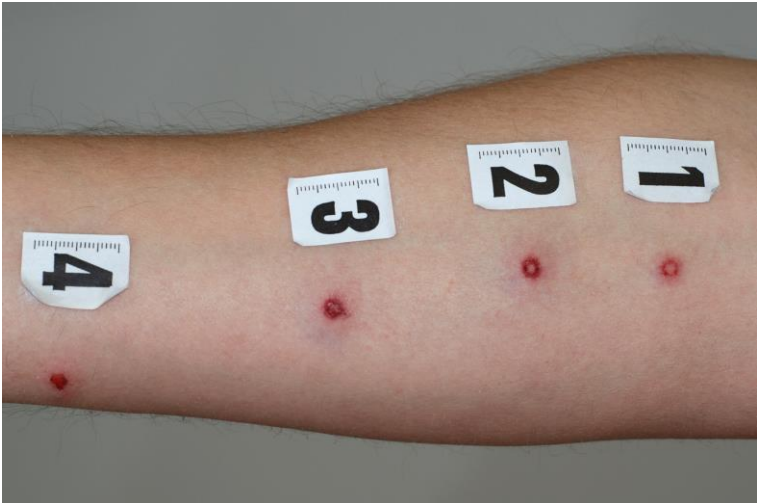




**Beschuss mit 0,469 J (Waffe Nr. 3)**



wenige Minuten nach Beschuss



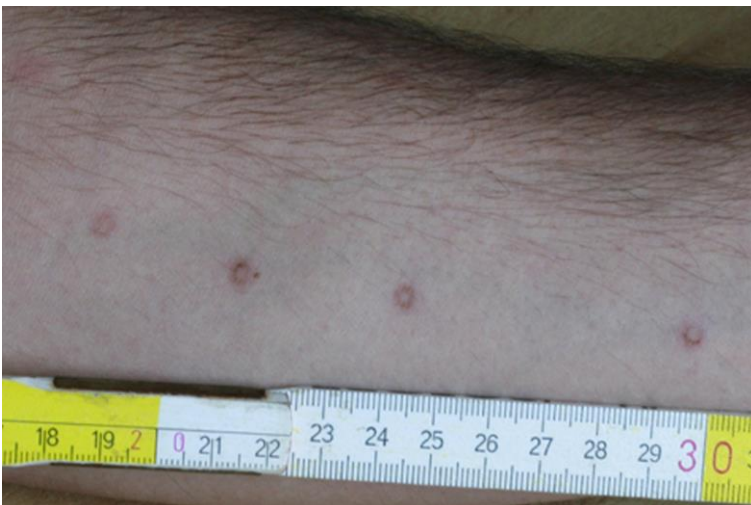
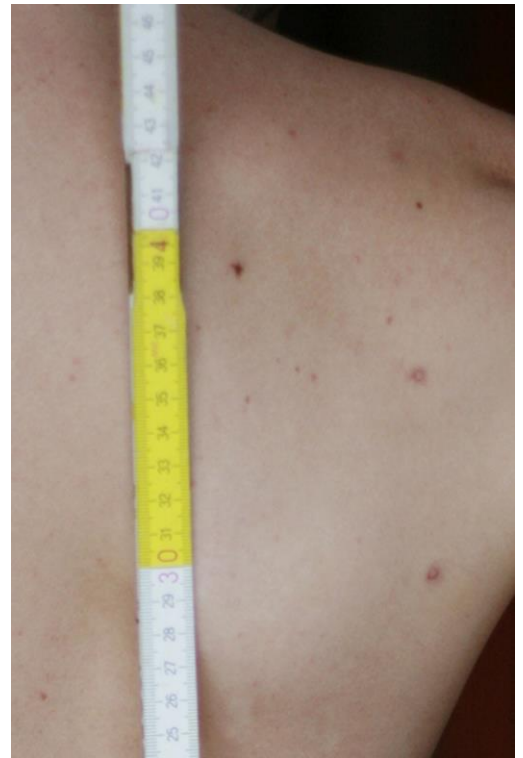
1 Stunde nach Beschuss



## Beschuss mit 0,469 J (Waffe Nr. 3)



2 Tage nach Beschuss

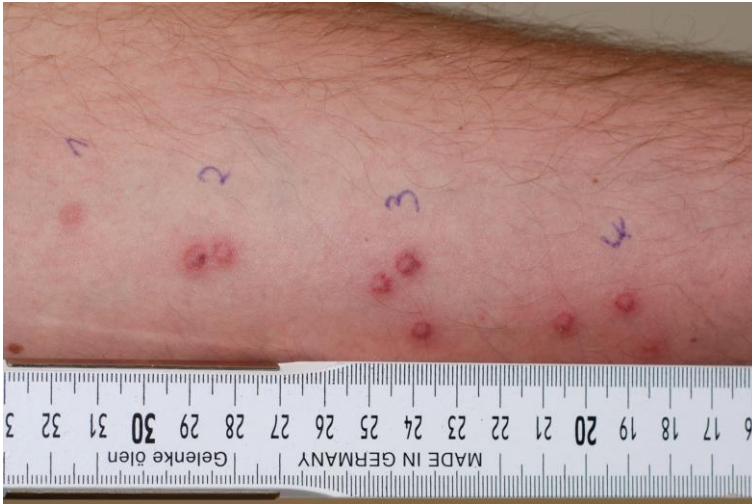


7 Tage nach Beschuss





## Besonderheiten



**Mehrfachbeschuss mit vollautomatischer Waffe (0,133 J),  
unmittelbar nach Beschuss**



**Beschuss durch Kleidung mit 0,469 J  
aus 2 m Schussentfernung, wenige Minuten nach  
Beschuss**



**Oberflächlich blutende Wunde unmittelbar nach  
Beschuss mit 0,469 J aus 50 cm Schussentfernung**



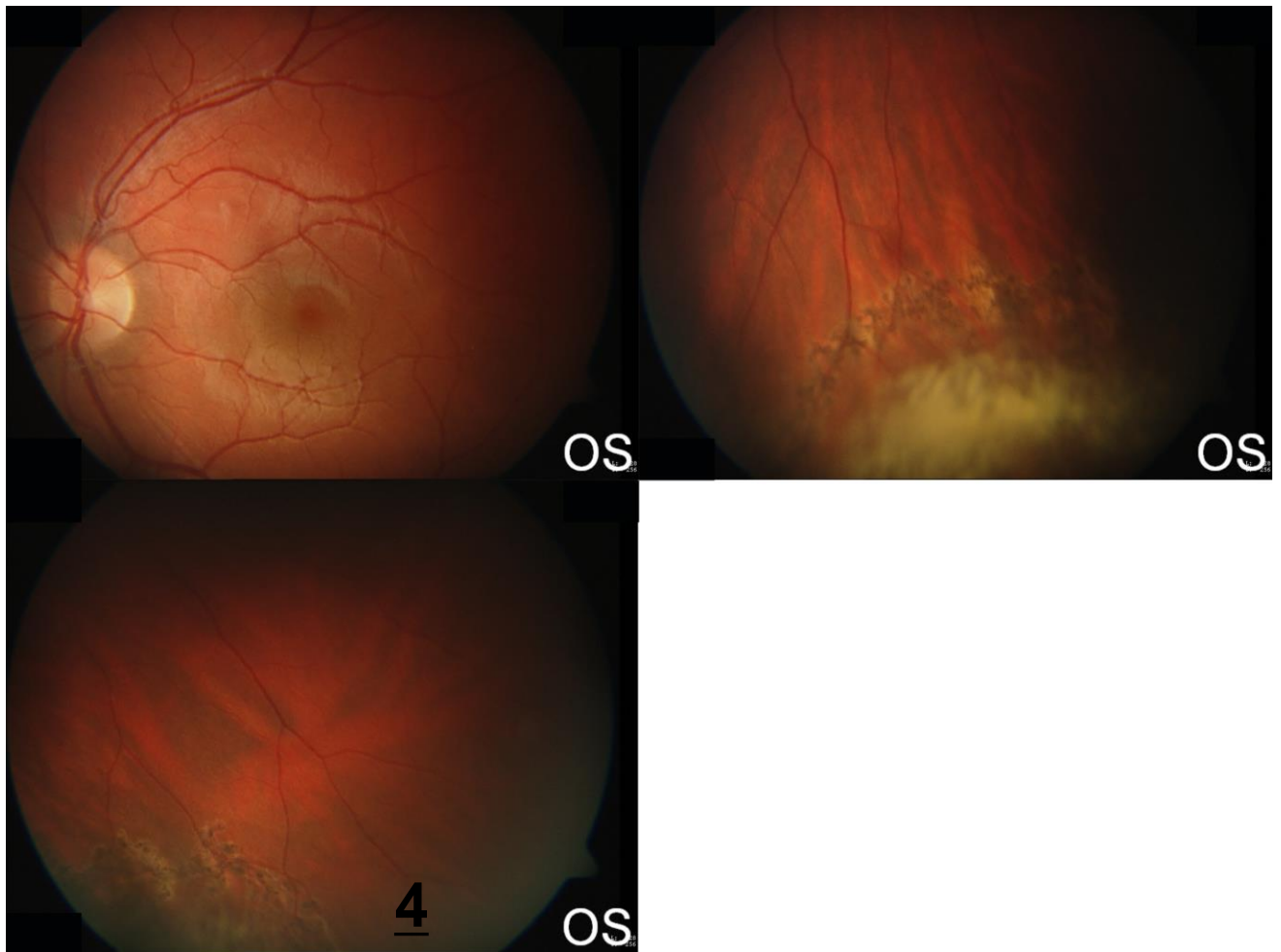
**Schräger Auftreffwinkel unmittelbar  
nach Beschuss aus 5 cm Schussentfernung**

- a) mit Waffe Nr. 4 (0,288J)
- b) mit Waffe Nr. 5 (0,39 J)
- c) mit Waffe Nr. 3 (0,469 J)



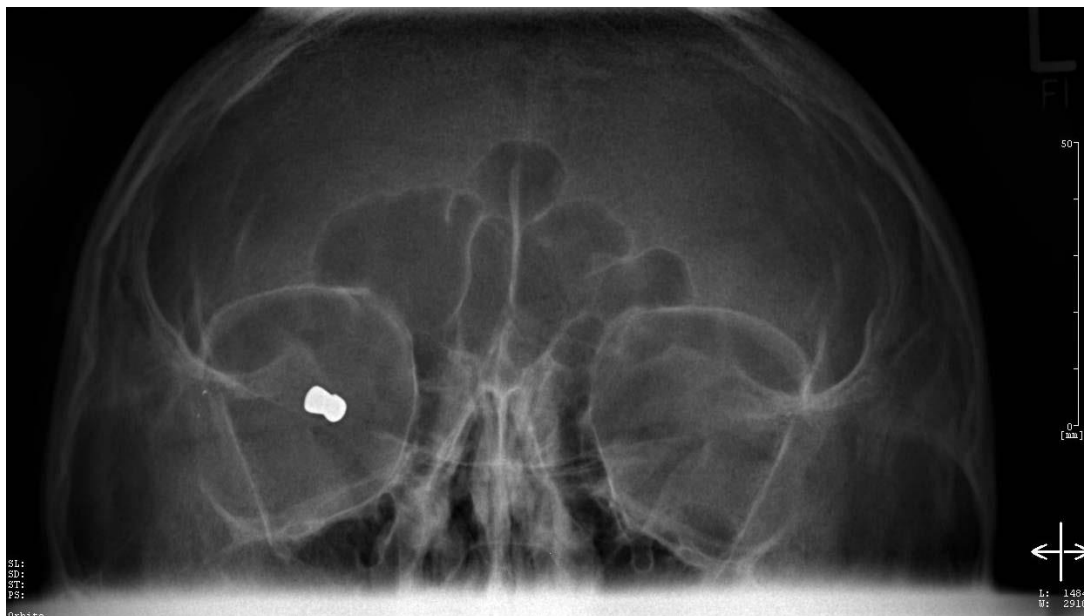
**An der Rückenhaut haftendes  
Geschoss, 0,469 J, 10 cm  
Schussentfernung**

## Fallvorstellung 1



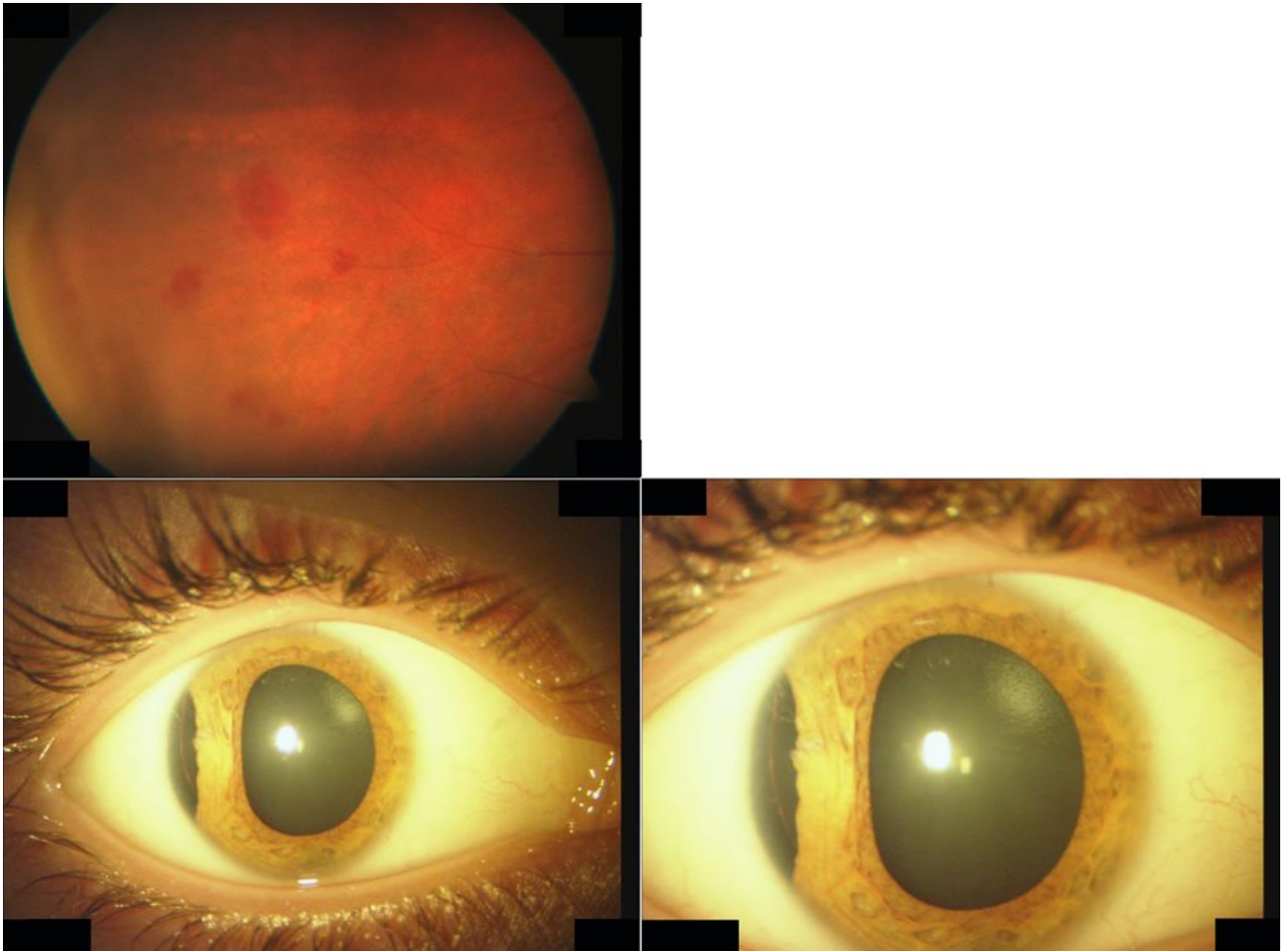
**Abb. 13** Funduskamera: Lochbildung in der Netzhaut

## Fallvorstellung 4



**Abb.14** Röntgenbild Fremdkörper rechte Augenhöhle

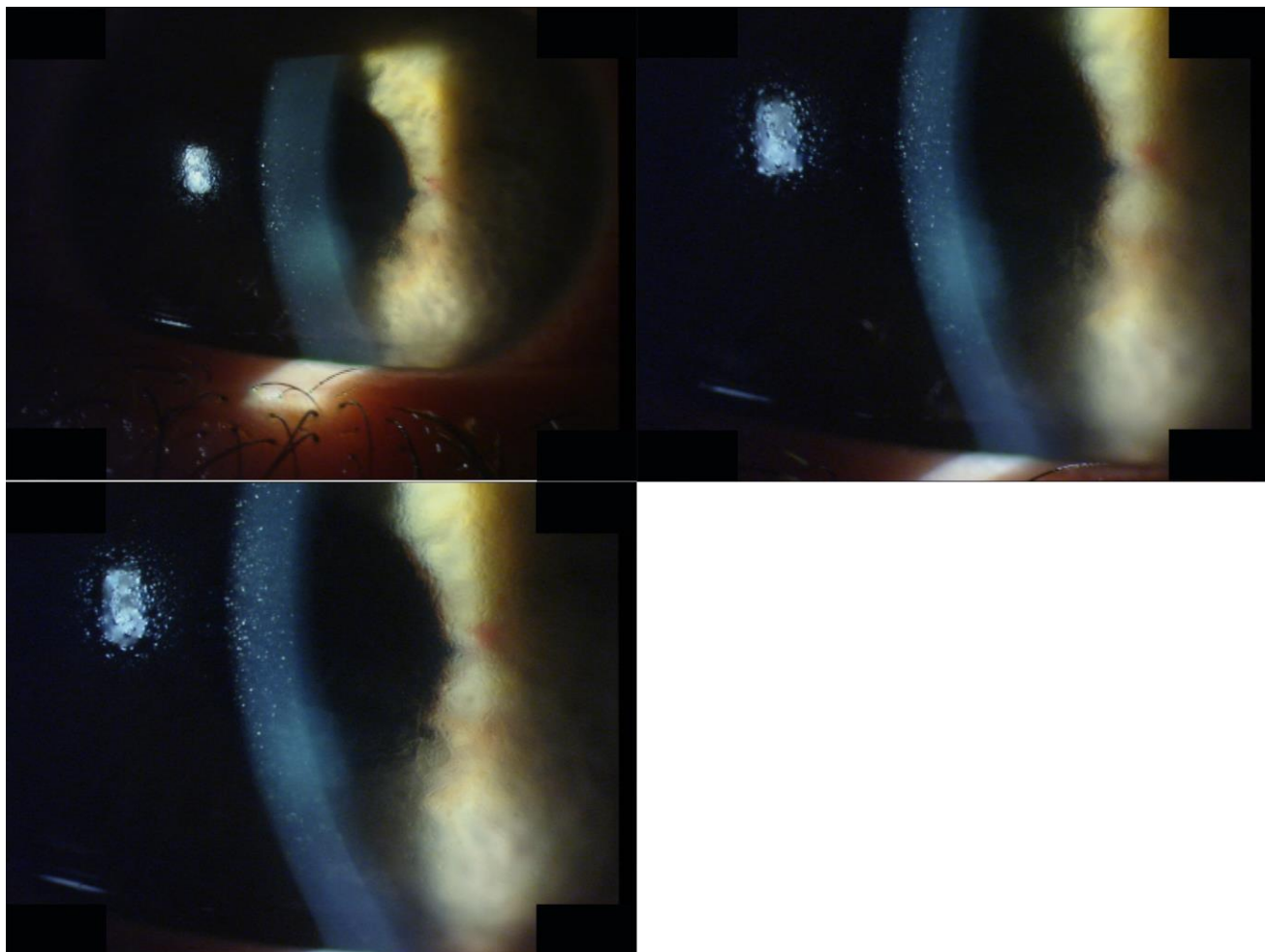
## Fallvorstellung 2



**Abb. 15** Einblutungen in den Glaskörper  
Iridodialyse (Ablösung der Regenbogenhaut vom Strahlenkörper)

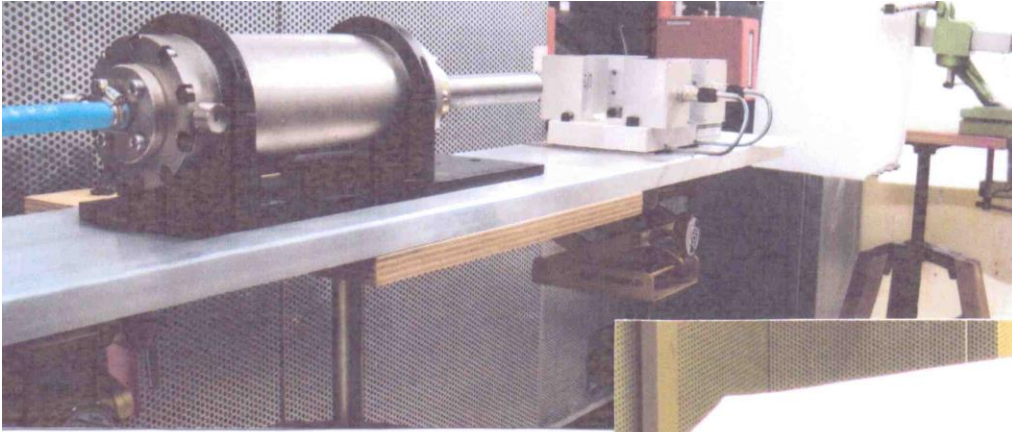


### Fallvorstellung 3

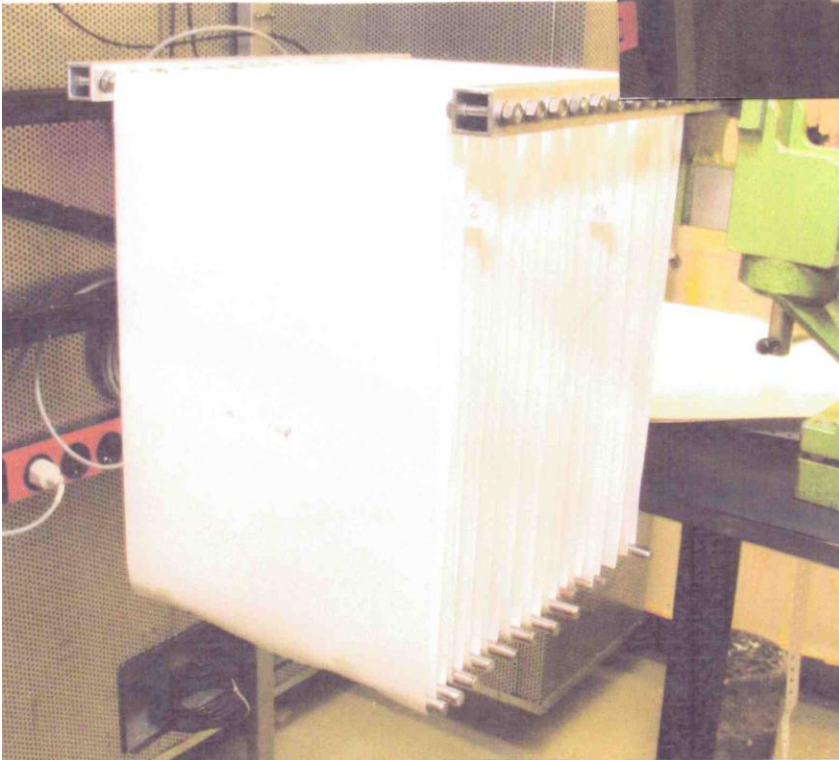


**Abb. 16** Untersuchung mittels Spaltlampe: Hornhauterosion

## Untersuchungsaufbau in der Physikalisch technischen Bundesanstalt

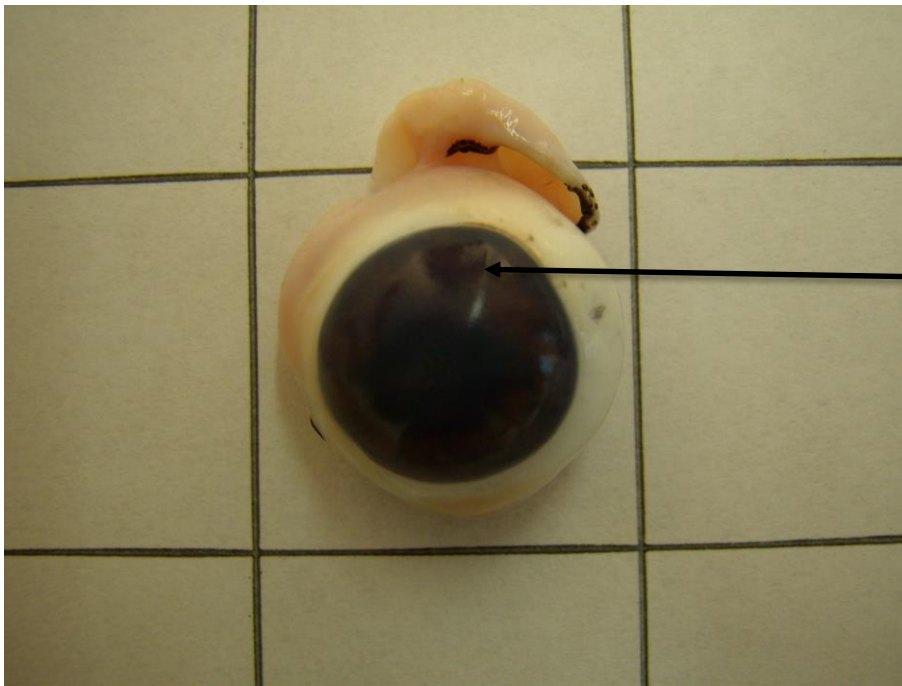


Versuchsaufbau mit Druckluftkanone  
für den Durchschuss der Papierlagen



**Abb. 17**

## Schussversuche auf Tieraugen

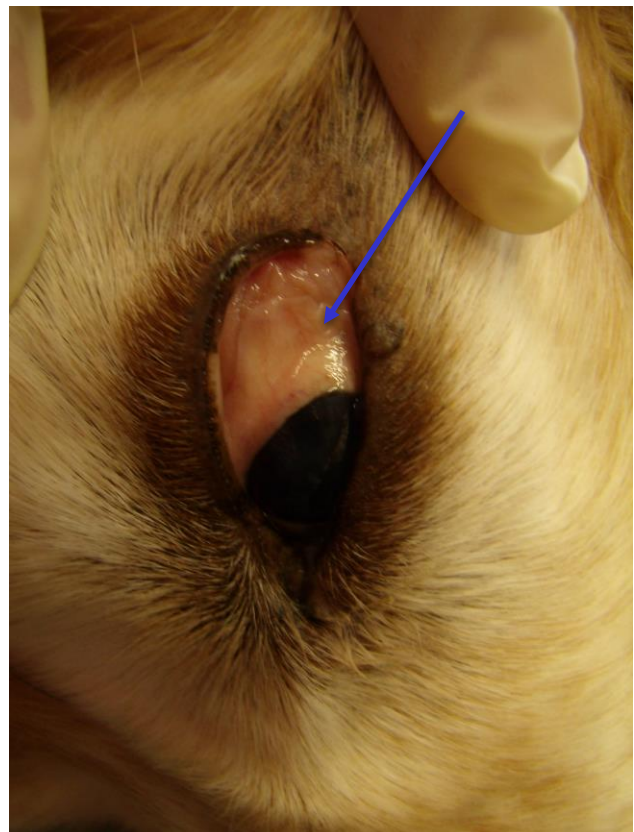


Eindellung und Erosion  
der Hornhaut

**Abb. 18** enukleiertes Schweineauge



Einblutungen in die Bindehaut



Zerreißen der Horn- und Bindehaut

**Abb. 19** Beschuss der Augen frisch eingeschläferter Hunde



## Danksagung

Es ist mir an dieser Stelle ein Bedürfnis, mich bei all denen zu bedanken, die auf unterschiedliche Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt zunächst posthum Herrn **Prof. Dr. med. Dieter Krause**, einem einzigartigen, wundervollen Menschen und einem außergewöhnlichen Rechtsmediziner für die Auswahl dieses interessanten Themas und intensive Betreuung während der Versuchsdurchführung. Ohne seine Begeisterungsfähigkeit, Überzeugungskraft und Mut zu ungewöhnlichen Aktionen hätten die Schussversuche in Aschersleben, die den Grundstock dieser Dissertation bilden, nie stattfinden können. Leider ist er viel zu früh aus dem Leben geschieden. Es hätte ihn sicherlich mit Stolz und Freude erfüllt, diese Arbeit zum Abschluss zu bringen.

Weiter gilt mein Dank Herrn **Prof. Dr. med. Rüdiger Lessig**, Direktor im Institut für Rechtsmedizin der Martin-Luther-Universität Halle und Institut für Rechtsmedizin der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg für die Übernahme des Themas und Betreuung der Dissertation. Einen besonderen Dank für Ihre Geduld, wenn Korrekturen etwas länger auf sich warten ließen.

Ich bedanke mich bei allen Mitwirkenden der **Fachhochschule der Polizei in Aschersleben**, die an diesem denkwürdigen Tag im Oktober 2007 an diesem Projekt mitgewirkt haben: Herrn KK Tim Liebe für die Organisation und spontane Begeisterung für unsere Idee, Herrn Eichhardt, Herrn Lehmann und Herrn Rappl für die tollen Fotos und nicht zuletzt den 40 tapferen Studentinnen und Studenten des Studienjahrgangs 29/1/06 Studiengruppe 21, die Schuss um Schuss über sich ergehen ließen.

Im Herbst 2013 durfte ich Herrn **Axel Kattein**, Physiker und Sachverständiger am LKA Sachsen-Anhalt kennen lernen. Dieser Kontakt setzte neue Impulse für diese Arbeit. Zudem hat er mir gezeigt, wie praxisrelevant diese Untersuchungen in der Sachverständigentätigkeit sind. Lieber Herr Kattein, ich danke Ihnen aufrichtig für Ihre Unterstützung.

Lieber **Thomas Jonczyk-Weber**, ohne Deine Fotobearbeitung und technischen Kenntnisse wäre ich so manches Mal wirklich der Verzweiflung nahe gewesen.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei **meinem Mann Tino** und bei meinem kleinen **Sohn Anton**, der schon in utero Teil dieses Projektes war, bedanken. Sie haben oftmals die ohnehin schon rare Familienzeit zum Schreiben geopfert und mich immer wieder ermutigt weiterzumachen. Danke, dass ihr das mit mir durchgestanden habt.

Weiter danke ich **Freunden, Verwandten und Kollegen** für aufmunternde Worte, wertvolle Hinweise und Ratschläge, und alles, was noch zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

## Erklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

**Untersuchungen zum Verletzungspotential handelsüblicher Soft-Air-Pistolen mit einer Geschossenergie zwischen 0,08 Joule und 0,5 Joule**

im Institut für Rechtsmedizin  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

mit Unterstützung durch Herrn Professor Dr. med. Rüdiger Lessig

ohne sonstige Hilfe durchgeführt habe und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, Februar 2015

Sandra Siedentopf

## Bildungsweg

### PERSÖNLICHE DATEN

---

Name:	Sandra Siedentopf
Geburtsname:	Böttcher
Geburtsort:	Beckendorf/Neindorf
Geburtsdatum:	19.05.1976
Nationalität:	deutsch
Familienstand:	verheiratet

### SCHULAUSBILDUNG

---

1982 – 1991	Wilhelm-Pieck-Oberschule Oschersleben
1991 – 1994	Gymnasium Oschersleben
Abschluss	Allgemeine Hochschulreife

### BERUFLICHER WERDEGANG VOR DEM STUDIUM

---

1995 – 1998	Ausbildung als Arzthelferin in einer allgemeinmedizinischen Praxis
1998 – 1999	Beschäftigung als Arzthelferin

### HOCHSCHULAUSBILDUNG

---

Okt. 1999	Beginn des Studiums der Humanmedizin (Otto-von-Guericke Universität Magdeburg)
2002	Ärztliche Vorprüfung
2003	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
2005	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
	<u>Famulaturen:</u>
2003	Anästhesie, Aneos KH St. Salvator Halberstadt
2004	Öffentlicher Gesundheitsdienst, Gesundheitsamt Oschersleben
2004	Gynäkologie, KKH Bördekreis Neindorf
2005	Klinik für Reproduktionsmedizin, Universitätsfrauenklinik Magdeburg
2005	Allgemeinmedizin, Praxis Fr. DM St. Ilse
2005 - 2006	<u>Praktisches Jahr:</u>
	Innere Medizin: Aneos KH St. Salvator Halberstadt, Klinik für Innere Medizin
	Chirurgie: Städtisches Klinikum Magdeburg, Klinik für Unfallchirurgie

	Rechtsmedizin:	Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Institut für Rechtsmedizin
Okt. 2006	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung	
Nov. 2006	Approbation als Ärztin	

#### BERUFLICHE TÄTIGKEIT

---

01.12.06 – 30.09.07	Assistenzärztin im Institut für Rechtsmedizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
01.10.07 – 07.01.08	Beschäftigung als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gerichtsmedizin Magdeburg
08.01.08 – 31.12.09	Elternzeit
01.01.10 - dato	Facharztweiterbildung Pathologie im Institut für Pathologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Magdeburg, Februar 2015

Sandra Siedentopf