

Schuss- und Explosionsverletzungen: Ein Update.

SRMDM. 2025, 102 (2): 14-19; <https://doi.org/10.71838/6c5a-w633>

Keywords: Schussverletzung, Explosionsverletzung, Ballistik, Damage Control Surgery, Militärchirurgie, Traumaversorgung

Autor: Arnold Höppchen¹

1) Österreichische Gesellschaft für Wehrmedizin und Wehrpharmazie

Abstract

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Arnold Höppchen, ObstA
Präsident Österreichische
Gesellschaft für Wehrmedizin
und Wehrpharmazie, ZVR
545164466, ÖGWMPh,
Mauerwaldgasse 14,
2381 Laab am Walde, Österreich

E-mail
info@wehrmedpharm.at

Interessenskonflikte: keine

Schuss- und Explosionsverletzungen zählen zu den komplexesten Traumata in der modernen Medizin. Sie treten im militärischen wie im zivilen Kontext auf und erfordern schnelles, interdisziplinäres Handeln. Der Artikel gibt einen Überblick über Ätiologie, Ballistik, Klassifikation und die notfallchirurgische Versorgung von Schuss- und Explosionsverletzungen, einschließlich Gefäß-, Knochen- und Weichteilschäden sowie Verbrennungen und Amputationen. Abschliessend werden Anforderungen an die Ausbildung militärchirurgischer Einsatzkräfte und praktische Konsequenzen für die Akutmedizin diskutiert.

Gunshot and blast injuries are among the most complex traumas in modern medicine. They occur in both military and civilian contexts and require rapid, interdisciplinary action. This article provides an overview of the etiology, ballistics, classification, and emergency surgical treatment of gunshot and blast injuries, including vascular, bone, and soft tissue damage, as well as burns and amputations. Finally, the requirements for training military surgical personnel and the practical consequences for acute medicine are discussed

Einleitung

Entstehung und Charakteristika der Verletzungen

Schuss- und Explosionsverletzungen entstehen durch hochenergetische Einwirkungen, die innerhalb von Millisekunden erhebliche kinetische Energie in das Gewebe übertragen. Während Schussverletzungen primär durch eindringende Projektiler verursacht werden, entstehen Explosionsverletzungen durch eine Kombination aus Druckwelle, Splitterwirkung, thermischer Energie und toxischen Gasen [1,2].

Typisch sind multiple, unregelmäßige Wundkanäle, ausgedehnte Weichteildefekte, Gefässzerstörungen und kombinierte Knochenverletzungen. Zivile Schussverletzungen betreffen meist einzelne Regionen, während militärische Explosionsverletzungen komplexe Polytraumata darstellen [3].

Geschichtliche Entwicklung

Die moderne Behandlung solcher Verletzungen entwickelte sich aus der Kriegschirurgie. Bereits Ambroise Paré (1510–1590) legte mit Prinzipien wie Débridement und Blutstillung die Basis [4]. Im 20. Jahrhundert führten die Weltkriege zur Etablierung mobiler chirurgischer Einheiten und verbesserten Wundmanagement-Techniken. Die Einführung von Antibiotika und Gefässrekonstruktionen reduzierte die Amputationsrate drastisch [5].

Mit den Konflikten in Korea, Vietnam und dem Nahen Osten entstanden moderne Konzepte wie Damage Control Surgery (DCS) und Damage Control Resuscitation

(DCR), die auf eine schnelle Blutungskontrolle und physiologische Stabilisierung abzielen [6,7].

Klassifikation von Schuss- und Explosionsverletzungen

Schussverletzungen

Schussverletzungen werden nach Energie, Projektiltyp und betroffener Körperregion klassifiziert [8].

1. Nach Energieübertragung

- Niedrigenergiegeschosse (<600 m/s): Pistolen, Revolver; begrenzte Kavitation.
- Hochenergiegeschosse (>600 m/s): Sturmgewehre; massive Gewebszerstörung.

2. Nach Verlauf

- Penetrierend: Nur Eintrittswunde.
- Perforierend: Ein- und Austritt.
- Tangential: Oberflächlicher Streifschuss.

3. Nach Lokalisation

- Extremitäten, Thorax, Abdomen, Kopf, Hals.

Explosionsverletzungen

Nach der NATO-Standardisierung werden Explosionsverletzungen in vier Haupttypen eingeteilt [9]:

1. Primäre Blastverletzungen

– Druckwelle, betrifft v. a. Lunge, Trommelfell, Darm.

2. Sekundäre Blastverletzungen

– Splitter- und Trümmerwirkung.

3. Tertiäre Blastverletzungen

– Wegschleudern des Körpers, stumpfes Trauma.

4. Quartäre Blastverletzungen

– Verbrennungen, Rauchinhaltung, toxische Exposition.

Ballistik von Geschossen

Die Ballistik beschreibt das Verhalten von Geschossen im Lauf (Innenballistik), im Flug (Aussenballistik) und im Ziel (Terminalballistik). Für die Medizin ist die Terminalballistik entscheidend [10].

Die **kinetische Energie** ($E = \frac{1}{2} mv^2$) bestimmt die Wundschwere. Hochgeschwindigkeitsgeschosse führen zur Bildung einer **temporären Kavitation**, die sekundäre Gewebszerstörung verursacht [11].

Instabile Flugbahnen (Yaw, Tumbling) erhöhen die Energieabgabe und vergrössern den Wundkanal [12]. Knochenfragmente und Sekundärspalten wirken als zusätzliche Projektilkörper.

Die Kenntnis dieser Mechanismen ist für Diagnostik und operative Planung unverzichtbar.

Notfallbehandlung von Schussverletzungen

Die Versorgung erfolgt nach den Prinzipien des **Advanced Trauma Life Support (ATLS)**:

eXsanguinating hemorrhage, Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure [13].

Ziel ist die sofortige Kontrolle lebensbedrohlicher Blutungen, Wiederherstellung der Zirkulation und Prävention sekundärer Komplikationen.

Schussverletzungen an Extremitäten

Gefässverletzungen

Klinische Zeichen: pulsierende Blutung, fehlender distaler Puls, zunehmendes Hämatom.

Behandlungsschritte:

- Tourniquet-Anlage proximal der Verletzung (Zeit dokumentieren).
- Temporäre Shunts (z. B. Argyle-Shunt) bis zur definitiven Rekonstruktion.
- Gefässnaht oder Veneninterponat (z. B. V. saphena magna).
- Tranexamsäure innerhalb der ersten Stunde (1 g i.v.) [14].

Knochenverletzungen

- Sofortiges Débridement und Spülung.
- Primäre Stabilisierung mit Fixateur externe.
- Antibiotikaprophylaxe (Cephalosporin ± Aminoglykosid).
- Später: Sekundäre Osteosynthese nach Weichteildeckung.

Weichteilverletzungen

- Grosszügiges Débridement von devitalem Gewebe.
- Isotone Spülung, KEINE PulsJet-Systeme.
- Wundverschluss nach 48 – 72 h («Delayed Primary Closure»).
- Anwendung der Unterdruck-Wundtherapie (NPWT) bei grossflächigen Defekten [15].

Thorakale Schussverletzungen

Symptome: Dyspnoe, Hypotonie, einseitig abgeschwächtes Atemgeräusch.

Massnahmen:

- Nadeldekompression (2. ICR medioklavikulär) bei Spannungspneumothorax.
- Thoraxdrainage (Bülau-Drainage) bei Hämo-/Pneumothorax.
- Notfallthorakotomie bei massiver Blutung (>1500 ml initial oder >200 ml/h) [16].

Abdominale Schussverletzungen

Penetrierende Verletzungen des Abdomens erfordern häufig eine sofortige Laparotomie.

Prinzipien:

- Damage Control Surgery: Blutstillung, temporärer Verschluss, Re-Laparotomie nach 24 – 48 h.
- Ziel: Vermeidung von Hypothermie, Azidose und Koagulopathie («letale Trias») [17].
- Diagnostik: FAST, ggf. CT bei stabilen Patienten.
- Blutproduktgabe und Gerinnungsfaktorengabe nach European Guidelines 2023 [18].

Notfallbehandlung von Explosionsverletzungen

Explosionsverletzungen verursachen häufig kombinierte Läsionen. Die Erstbehandlung orientiert sich ebenfalls an ATLS- und DCS-Prinzipien.

Primäre Blastverletzungen

- Lunge: Gefahr der Luftembolie → 100 % O₂, keine Überdruckbeatmung.
- Trommelfell: Kontrolle und symptomatische Behandlung.

- Darm: Risiko verzögerter Perforation → stationäre Beobachtung und ggf. CT-Abdomen [19].

Sekundäre Blastverletzungen

Behandlung analog zu Schussverletzungen mit Débridement, Fremdkörperentfernung und Fixation.

CT-Diagnostik zur Detektion von Metallsplittern.

Tertiäre Blastverletzungen

- Polytraumatisches Management mit Frakturversorgung, Schädel-Hirn-Trauma-Therapie, Wirbelsäulenstabilisierung.
- Häufig Kombination mit Verbrennungen und Amputationen.

Quartäre Blastverletzungen (Verbrennungen)

- Kühlung: Handwarm (15 – 20 °C) für 10 – 20 Min., KEINE Kühlung, sterile Abdeckung.
- Flüssigkeitssubstitution: Nach Parkland-Formel (4 ml × KG × % KOF/24 h).
- Analgesie: Opioide, Ketamin, ggf. Regionalanästhesie.
- Infektionsprophylaxe nur bei Infektion und frühzeitige Escharotomie bei zirkulären Verbrennungen [20].

Amputationen

- Sofortige Blutstillung (Tourniquet).
- Débridement und sterile Abdeckung.

- Frühzeitige operative Stumpfgestaltung in spezialisierten Zentren.
- Psychologische Betreuung und frühe Prothesenplanung.

Ausbildung von

Militärchirurgen

Die Behandlung ballistischer Verletzungen erfordert umfassende chirurgische, organisatorische und psychologische Kompetenzen. Militärchirurgen müssen unter Einsatzbedingungen mit limitierter Ausstattung operieren können.

Kernkompetenzen:

- Verständnis der Ballistik und Explosionsmechanik
- Durchführung von DCS-Operationen im Feld
- Triage unter Druck

- Kenntnisse der Gefäss- und Thoraxchirurgie
- Führung und Kommunikation im Team [21]

Trainingsformate umfassen:

- Simulation realistischer Szenarien
- Einsatzrotationen in Traumazentren
- Internationale Kooperationen (z. B. NATO-Center of Excellence for Military Medicine)

- Grosszügiges Débridement und konsequente Infektionsprophylaxe.

- Gefässrekonstruktion und temporäre Shuntverfahren bei Extremitätenverletzungen.

- Multiorganisches Denken bei Explosionsopfern.

- Ausbildung und Teamtraining als Schlüssel zur Reduktion der Mortalität.

Die fortschreitende Integration moderner Technologien – wie Telemedizin, hämostatische Biomaterialien und Simulationstrainings – wird die Überlebenschancen Verwundeter weiter verbessern. Dennoch bleibt die chirurgische Erfahrung im Einsatz der entscheidende Erfolgsfaktor.

Fazit für die Praxis

Schuss- und Explosionsverletzungen stellen extreme Anforderungen an Chirurgen und Rettungsteams. Entscheidend sind:

- Schnelle Blutungskontrolle und Stabilisierung gemäss ATLS/DCS.

Behandlungsalgorithmus von Schuss- und Explosionsverletzungen

Behandlungsphase	Massnahmen
Erstversorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle lebensbedrohlicher Blutungen • Stabilisierung nach ATLS (xABCDE) • Volumen- und Blutproduktgabe gemäss DCR • Grosszügiges Débridement und sterile Abdeckung
Verletzungen der Extremitäten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlage von Tourniquet (Zeit dokumentieren) • Temporäre Shuntanlage bei Gefässverletzungen • Externe Frakturstabilisierung (Fixateur externe) • Antibiotikaprophylaxe und Schmerztherapie
Thorax- und Abdominalverletzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Dekompression bei Spannungspneumothorax • Anlage von Thoraxdrainage bei Hämato-/Pneumothorax • Damage-Control Surgery mit Zweiteingriff nach Stabilisierung • Engmaschige Überwachung häodynamischer Parameter
Schwere Verbrennungen	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Kühlung • Sterile Abdeckung, Analgesie • Flüssigkeitstherapie nach Parkland-Formel • Infektionsprophylaxe und Wundbeurteilung
Amputationen	<ul style="list-style-type: none"> • Blutstillung (Tourniquet) • Sorgfältiges Débridement und Stumpfversorgung • Sterile Abdeckung und Schockprophylaxe • Frühzeitige Zuweisung in spezialisiertes Zentrum

Referenzen

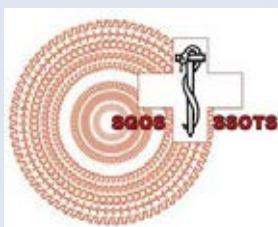
1. Coupland RM. The medical aspects of field surgery in armed conflict. *BMJ*. 1994;308(6947):1693–1697.
2. Champion HR, Holcomb JB, Young LA. Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus. *J Trauma*. 2009;66(5):1468–1477.
3. Ramasamy A, Hill AM, Phillip R, et al. The modern «war wound»: ballistic patterns and treatment. *J R Army Med Corps*. 2009;155(4):265–270.
4. Paré A. *Les Oeuvres Complètes*. Paris; 1575.
5. Beekley AC, Sebesta JA, Blackbourne LH. Lessons learned from modern military surgery. *Curr Probl Surg*. 2008;45(10):691–777.
6. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al. Damage control: an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma*. 1993;35(3):375–383.
7. Holcomb JB, Pati S. Optimal trauma resuscitation with plasma as the primary resuscitative fluid: the «plasma first» approach. *J Trauma*. 2013;74(1):S1–S6.
8. Bartlett CS. Clinical update: gunshot wound ballistics. *Clin Orthop Relat Res*. 2003;408:28–57.
9. Wolf SJ, Bebarta VS, Bonnett CJ, et al. Blast injuries. *Lancet*. 2009;374(9687):405–415.
10. Kneubuehl BP. *Wundballistik: Grundlagen und Anwendungen*. Springer; 2020.
11. Fackler ML, Malinowski JA. The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components. *J Trauma*. 1985;25(6):522–529.
12. DiMaio VJM. *Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques*. CRC Press; 2016.
13. American College of Surgeons. *ATLS Student Course Manual*. 10th ed. Chicago: ACS; 2018.
14. CRASH-2 Trial Collaborators. The effect of tranexamic acid on mortality in trauma patients. *Lancet*. 2010;376:23–32.
15. Morykwas MJ, Argenta LC. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment. *Ann Plast Surg*. 1997;38(6):553–562.
16. Mattox KL. Thoracic trauma: operative management. *Curr Probl Surg*. 1989;26(12):817–901.
17. Nicol AJ, Midwinter M. Damage control surgery for abdominal trauma. *Br J Surg*. 2009;96(12):1379–1388.
18. Rossaint, R., Afshari, A., Bouillon, B. et al. Crit Care 2023;27(80). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition.
19. DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast injuries. *N Engl J Med*. 2005;352(13):1335–1342.
20. Hettiaratchy S, Papini R. Initial management of a major burn: II—assessment and resuscitation. *BMJ*. 2004;329(7457):101–103.
21. Hodgetts TJ, Mahoney PF. Military pre-hospital care: joining the chain of survival. *J R Army Med Corps*. 2009;155(4):253–257.



**MEISTERHAFT
IN JEDEM MOMENT
VIELFÄLTIG
IN DER
VERWENDUNG,
EINMALIG IN
DER QUALITÄT**

Meistern Sie alle alltäglichen Aufgaben mit einem Taschenmesser, das praktisch unentbehrlich ist. Das Pioneer X Alox steht für 139 Jahre Schweizer Handwerkskunst; es punktet mit aussergewöhnlicher Qualität und grosser Funktionalität im kleinen Format. So meistern Sie jeden Moment.

FROM THE MAKERS OF THE
ORIGINAL SWISS ARMY KNIFE™
ESTABLISHED 1884



**Schweizerische Gesellschaft der Offiziere der Sanitätstruppen (SGOS)
Société suisse des officiers des troupes sanitaires (SSOTS)
Società svizzera degli ufficiali delle truppe sanitarie (SSUTS)**

Internationale Tagung 2026

Samstag, 19. September 2026

Thema (Arbeitstitel) :
«CBRNE – altes oder neues Problem»

Ort: **Spiez, Kaserne**

Sekretariat SGOS/SSOTS:

Frau M. Landolt-Kistler
Hirsistrasse 7
CH-6430 Schwyz

Journée Internationale 2026

Samedi, 19 septembre 2026

Thème (titre en consultation) :
«CBRNE - problème ancien ou nouveau»

Lieu: **Spiez, Caserne**

www.medof.ch