

Fred Zack

Unfälle durch Blitzschlag

Medizinische Aspekte

2. Auflage

 Springer

Unfälle durch Blitzschlag

Fred Zack

Unfälle durch Blitzschlag

Medizinische Aspekte

2. Auflage

 Springer

Fred Zack
Institut für Rechtsmedizin
Universität Rostock
Rostock, Deutschland

ISBN 978-3-662-68864-9 ISBN 978-3-662-68865-6 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-68865-6>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2023, 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Dr. Anna Krätz

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

*Für meine Frau Sabine, meine Tochter Tabea und
meine Enkelkinder Elmar und Marla*

Geleitwort

Unfälle durch Blitzschläge sind häufiger als allgemein angenommen und doch ein seit Jahren nicht hinreichend beachtetes Thema. Das überaus sachkundige, sprachlich präzise und gut gegliederte Buch des Rechtsmediziners Fred Zack vereint medizinisches Wissen vor dem Hintergrund meteorologischer und elektrotechnischer Fakten sowie rechtlicher Aspekte.

Ein Rückblick mit kompetent ausgewählten Zitaten aus der Literatur zur Erforschung von Blitzunfällen wird ergänzt durch die Darlegung notfallmedizinischer Maßnahmen und der klinischen Diagnostik bei Blitzschlagopfern im Überlebensfall. Das weite Spektrum gesundheitlicher Blitzschlagfolgeschäden wird eindrucksvoll erläutert unter Heranziehung von Beispielen. Hinzu kommt die postmortale Befunderhebung von der Leichenschau bis zu Obduktionsbefunden, deren Kenntnis von Rechtsmedizinern und Pathologen erwartet werden darf, die aber auch für andere medizinische Disziplinen wichtiges Hintergrundwissen bedeutet. Abgerundet werden die Ausführungen durch ein jeweils kapitelbezogenes Literaturverzeichnis, Abbildungen und Tabellen.

Damit wird allen Leserinnen und Lesern – nach Jahrzehnten erstmals wieder – ein neues, aktuelles, faktenreiches Buch geboten, mit dem mehr als eine Wissenslücke geschlossen wird. Ein Werk, unverzichtbar für die fachliche Begutachtung durch technische und medizinische Sachverständige, ein Werk, dem über engere Fachkreise hinaus weitere Verbreitung zu wünschen ist.

Gießen
im Sommer 2023

Reinhard Dettmeyer

Vorwort

Seit Jahrzehnten ist die Anzahl der Unfälle durch Blitzschlag mit Todesfolge für Menschen, die in Deutschland oder anderen Industrienationen leben, rückläufig.

Warum dann ein Buch über Unfälle durch Blitzschlag aus humanmedizinischer Sicht?

- Weil der festgestellte Rückgang der Anzahl an letalen Blitzunfällen noch nichts über die Anzahl von überlebenden Opfern aussagt, die sowohl frühe als auch späte gesundheitliche Folgen eines Blitzschlags entwickeln können.
- Weil das letzte Fachbuch über dieses Thema in Deutschland vor mehr als 60 Jahren und nur aus der Sicht der Fachrichtungen Neurologie und Psychiatrie erschienen ist.
- Weil von zahlreichen Opfern eines Unfalles durch Blitzschlag, die beispielsweise in der in den USA gegründeten internationalen Gesellschaft „Lightning Strike & Electric Shock Survivors International“ (LS&ESSI, Inc.) organisiert sind, fehlendes ärztliches Fachwissen bei der Diagnostik und Therapie, insbesondere von Spätschäden, beklagt wird.
- Weil das Fachwissen selbst unter erfahrenen Rechtsmedizinern, die in ihrem Berufsleben von allen Ärzten wahrscheinlich am ehesten mit dieser Thematik in Berührung kommen, offensichtlich lückenhaft ist.
- Weil durch die zahlreichen überlebenden und getöteten Opfer durch Blitzschlag in den Entwicklungsländern der Erde das Thema nach wie vor – auch unter Berücksichtigung der weltweiten Mobilität und der internationalen Aktivitäten ärztlicher Hilfsorganisationen – aktuell ist.

Als ich meinen ersten letalen Blitzunfall auf der 75. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin 1996 in Zürich vorstellte – es war ein 27-jähriger Mann, der 5 Tage nach dem Unfall verstarb und eine akute blitztraumatische Myokardnekrose aufwies –, fragte mich ein erfahrener Oberarzt, wie denn die Koronararterien des Mannes ausgesehen hätten. „Ohne pathologischen Befund“, antwortete ich. „Das glaube ich Ihnen nicht“, erwiderte er. Mein Kollege hatte noch nie davon gehört, dass unmittelbar nach einem Blitzunfall, unabhängig vom Koronarstatus, myokardinfarktähnliche Befunde folgen können.

In meinem weiteren Berufsleben blieb das nicht der einzige Fall, in dem erfahrene Rechtsmediziner in persönlichen Gesprächen Lücken in ihrem Fachwissen in Bezug auf Unfälle durch Blitzschlag offenbarten.

Aus den genannten Gründen entstand das vorliegende Fachbuch über Blitzschlagverletzungen, das zahlreiche Aspekte dieser außergewöhnlichen Unfallart aus interdisziplinärer humanmedizinischer Sicht beinhaltet.

Rostock
im Sommer 2023

Fred Zack

Danksagungen

Mein Dank gilt:

Andreas Büttner für seine unermüdliche Unterstützung meiner gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit nicht nur auf dem Gebiet der Blitzforschung,

Ryan Blumenthal, Michael Rock und Reinhard Dettmeyer für ihre fachspezifische Unterstützung bei der Klärung spezieller Fragen,

Charlotte Börngen für ihre kreativen Anregungen und Unterstützung bei der Erstellung zahlreicher Abbildungen,

Larissa Bremer für ihre Beteiligung bei der Auswertung von Unfällen durch Blitzschlag,

Sabine Gadewoll für ihre Unterstützung bei der Auswertung statistischer Erhebungen,

Anna Kraetz und Meenakshi Rajenthiran vom Springer Nature Verlag für ihre Geduld und Mühe im Rahmen der Entwicklung und Fertigstellung des Buches und

„last, but not least“ danke ich meiner Familie, insbesondere Sabine, Tabea, Tobias, Elmar und Marla, die mit Geduld und großem Verständnis meine Abwesenheit ertragen haben.

Rostock
im Sommer 2023

Fred Zack

Gendererklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern im Buch die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform beinhaltet keine Wertung.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| | Literatur | 3 |
| 2 | Historisches | 5 |
| | Literatur | 13 |
| 3 | Meteorologische und elektrotechnische Grundlagen | 17 |
| 3.1 | Gewitter | 17 |
| 3.2 | Blitze | 18 |
| 3.3 | Blitzortungssysteme | 19 |
| | Literatur | 20 |
| 4 | Mechanismen der Energieübertragung | 23 |
| 4.1 | Direkter Treffer | 24 |
| 4.2 | Seitenüberschlag | 25 |
| 4.3 | Schrittspannung | 27 |
| 4.4 | Berührungsspannung | 28 |
| 4.5 | Leitervermittelter Blitzunfall | 29 |
| 4.6 | Aufwärtsblitz | 31 |
| 4.7 | Barotrauma | 32 |
| 4.8 | Blendung | 34 |
| 4.9 | Sekundärer Unfallmechanismus | 34 |
| 4.10 | Magnetfeld | 35 |
| | Literatur | 37 |
| 5 | Erste Hilfe und präklinische Notfallmedizin | 39 |
| 5.1 | Eigensicherung | 39 |
| 5.2 | Triage | 41 |
| 5.3 | Laienhilfe und präklinische Notfallmedizin | 42 |
| 5.3.1 | Schweregrade der Verletzten | 42 |
| 5.3.2 | Ursachen von Atem- und/oder Kreislaufstillstand | 43 |
| 5.3.3 | Basismaßnahmen durch Laienhelfer | 44 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.3.4 | Erweiterte Maßnahmen durch qualifiziertes Personal | 46 |
| 5.4 | Transport | 47 |
| | Literatur | 48 |
| 6 | Klinische Medizin | 51 |
| 6.1 | Diagnose | 51 |
| 6.1.1 | Diagnose der Unfallart Blitzschlag | 51 |
| 6.1.2 | Grundsätze der Diagnostik der einzelnen Gesundheitsschädigungen | 53 |
| 6.2 | Diagnostik der Früh- und Spätfolgen, Therapie, Outcome | 54 |
| 6.2.1 | Haut | 55 |
| 6.2.2 | Kardiovaskuläres System | 58 |
| 6.2.2.1 | Herzrhythmusstörungen | 59 |
| 6.2.2.2 | Pektanginöse Beschwerden und blitztraumatische Myokardnekrose | 59 |
| 6.2.2.3 | Ventrikuläre Hypokinesie | 62 |
| 6.2.2.4 | Hypertonus | 64 |
| 6.2.2.5 | Hämorrhagien | 64 |
| 6.2.2.6 | Perikarditis | 64 |
| 6.2.2.7 | Herzschrittmacher | 65 |
| 6.2.2.8 | EKG-Veränderungen | 66 |
| 6.2.2.9 | Laborparameter | 66 |
| 6.2.2.10 | Aorta | 66 |
| 6.2.2.11 | Therapie und Outcome | 66 |
| 6.2.3 | Zentrales und peripheres Nervensystem | 67 |
| 6.2.3.1 | Einteilung der Schädigungen | 68 |
| 6.2.3.1.1 | Neurologische Störungen nach topografischen Gesichtspunkten | 68 |
| 6.2.3.1.2 | Neurologische Störungen nach dem zeitlichen Auftreten | 72 |
| 6.2.3.2 | Diagnose | 73 |
| 6.2.3.3 | Neuropsychologische Folgen | 76 |
| 6.2.3.4 | Psychiatrische Folgen | 77 |
| 6.2.3.5 | Rehabilitation | 78 |
| 6.2.4 | Audiovestibuläres System | 79 |
| 6.2.4.1 | Trommelfellruptur | 79 |
| 6.2.4.2 | Hörminderung | 81 |
| 6.2.4.3 | Tinnitus | 82 |
| 6.2.4.4 | Gleichgewichtsstörungen | 83 |
| 6.2.4.5 | Weitere Schädigungen | 83 |
| 6.2.4.6 | Therapie und Outcome | 83 |
| 6.2.5 | Visuelles System | 84 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.2.5.1 | Katarakt | 84 |
| 6.2.5.2 | Retinale Schädigungen | 85 |
| 6.2.5.3 | Entzündungen | 86 |
| 6.2.5.4 | Weitere Schädigungen | 86 |
| 6.2.5.5 | Therapie und Outcome | 87 |
| 6.2.6 | Respirationstrakt | 88 |
| 6.2.7 | Muskuloskelettales System | 91 |
| 6.2.7.1 | Knochenfrakturen | 91 |
| 6.2.7.2 | Schädigungen der Skelettmuskulatur | 92 |
| 6.2.8 | Nieren | 93 |
| 6.2.9 | Gravidität | 96 |
| 6.2.10 | Verdauungstrakt | 97 |
| 6.2.11 | Endokrinologisches System | 97 |
| 6.2.12 | Andere Lokalisationen | 98 |
| | Literatur | 98 |
| 7 | Tod durch Blitzschlag | 111 |
| 7.1 | Ärztliche Leichenschau | 112 |
| 7.1.1 | Umgebung des Opfers | 113 |
| 7.1.2 | Bekleidung und Schmuck des Opfers | 121 |
| 7.1.3 | Befunde an der Leiche | 125 |
| 7.1.4 | Probleme bei der Diagnosestellung | 142 |
| 7.1.5 | Technische Unterstützung bei der Diagnosestellung | 143 |
| 7.1.6 | Verschlüsselung der Diagnose | 144 |
| 7.1.7 | Interdisziplinäre Unfallanalyse | 144 |
| 7.2 | Pathophysiologie der Todesursache | 145 |
| 7.2.1 | Akuter Tod | 145 |
| 7.2.2 | Todeseintritt nach einem Zeitintervall | 146 |
| 7.3 | Obduktion | 147 |
| 7.4 | Epidemiologische Daten | 160 |
| 7.4.1 | Häufigkeit und Inzidenz | 160 |
| 7.4.2 | Geschlechterverteilung | 163 |
| 7.4.3 | Verteilung nach Lebensalter | 164 |
| 7.4.4 | Zeitliche Verteilung | 165 |
| 7.4.5 | Tätigkeiten der Opfer und Unfallorte | 166 |
| 7.4.6 | Fallzahlen pro Blitzunfall | 168 |
| 7.5 | Letalität | 168 |
| | Literatur | 171 |

| | |
|--|-----|
| 8 Prävention | 179 |
| 8.1 Ortsabhängiges Risiko | 179 |
| 8.2 Präventionsmaßnahmen | 181 |
| 8.2.1 Basiswissen | 181 |
| 8.2.2 Prävention durch Planung | 182 |
| 8.2.3 Regeln bei einem nahenden Gewitter | 183 |
| 8.2.4 Regeln beim Ende eines Gewitters | 184 |
| 8.2.5 Relativ sichere Orte | 185 |
| 8.2.5.1 Gebäude | 185 |
| 8.2.5.2 Fahrzeuge | 188 |
| 8.2.5.3 Brücken | 188 |
| Literatur | 189 |
| Stichwortverzeichnis | 193 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------|---|
| ABB | Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung |
| AV-Block | Atrioventrikulärer Block |
| AWMF | Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V. |
| CAB | Chromotrop-Anilinblau-Färbung |
| CK | Kreatinkinase |
| CK-MM | Kreatinkinase – Isoenzym Skelettmuskulatur |
| CK-MB | Kreatinkinase – Isoenzym Herzmuskulatur |
| CRPS | Complex Region Pain Syndrome, dt. komplexes regionales Schmerzsyndrom |
| CT | Computertomogramm |
| EEG | Elektroenzephalogramm |
| EKG | Elektrokardiogramm |
| EMG | Elektromyografie |
| ENG | Elektroneurografie |
| GOT | Glutamat-Oxalacetat-Transaminase |
| HE | Hämatoxylin-Eosin-Färbung |
| HNO | Hals-Nasen-Ohren |
| ICD | International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, dt. internationale Klassifikation der Krankheiten |
| MRT | Magnetresonanztomogramm |
| PKW | Personenkraftwagen |
| QST | Quantitative Sensorische Testung |
| ROSC | Return of Spontaneous Circulation, dt. Wiederherstellung eines Spontankreislaufs |
| SSR | Sympathetic Skin Response, dt. sympathische Hautreaktion |
| USA | United States of America |
| UV | Ultraviolett |
| VDE | Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| Abb. 2.1 | Titelblatt des ersten deutschsprachigen Buches über Verletzungen durch Blitzschlag von Wilhelm Stricker. (Stricker 1872) | 7 |
| Abb. 2.2 | Wilhelm Stricker am 1. Januar 1892. (Aus der Datenbank Tripota in der Wissenschaftlichen Bibliothek der Stadt Trier/ Stadtarchiv, Autor unbekannt) | 8 |
| Abb. 2.3 | Stefan Jellineks Meilenstein <i>Elektropathologie</i> mit einem Stempel der „Boston Medical Library“ vom 21. März 1904. (Jellinek 1903) | 9 |
| Abb. 2.4 | In Platens <i>Die Neue Heilmethode</i> wurde als Erstbehandlung empfohlen, dass Opfer eines Blitzschlags mit Ausnahme des Kopfes in die Erde eingegraben werden sollten. (Platen 1913) | 10 |
| Abb. 3.1 | Die unterschiedlichen Arten von Blitzen sind Wolke-Erde-Blitze (1), Blitze innerhalb einer Wolke (2), Wolke-Wolke-Blitze (3) und Wolke-Luft-Blitze (4). (Eigene Darstellung) | 19 |
| Abb. 4.1 | Bei einem direkten Treffer ist der Einschlagsort häufig im Kopf-Hals-Bereich und der Austrittsort im Fußbereich. Dabei fließt der elektrische Strom durch den Körper. (Eigene Darstellung) | 25 |
| Abb. 4.2 | Bei einem Seitenüberschlag trifft der Blitz auf ein anderes Objekt, in den meisten Fällen einen Baum, und ein Teil der Energie wird auf das in der Nähe befindliche Opfer übertragen. (Eigene Darstellung) | 26 |
| Abb. 4.3 | Bei einer abgenommenen Schrittspannung befindet sich das Opfer gehend oder stehend in der unmittelbaren Nähe zu einem Blitzschlag in den Boden. (Eigene Darstellung) | 27 |
| Abb. 4.4 | Bei einem Kontakteffekt berührt das Opfer ein Objekt, z. B. einen Regenschirm, der vom Blitz getroffen wird. (Eigene Darstellung) | 29 |

| | | |
|----------|---|-----|
| Abb. 4.5 | Bei einem leitervermittelten Blitzunfall kann eine Person, auch ohne Berührung der elektrischen Leitung, von einem Blitz, der in die elektrischen Anlagen eines Hauses gelangt ist, an der Gesundheit geschädigt werden. (Eigene Darstellung) | 30 |
| Abb. 4.6 | Bei einem Aufwärtsblitz („upward streamer“) kann eine Person durch elektrische Ladungen, die von der Erdoberfläche oder vom Kopf des Opfers in Richtung Wolke gerichtet sind, verletzt oder getötet werden. (Eigene Darstellung) | 31 |
| Abb. 4.7 | Bei einem Barotrauma kann eine Person durch die Stoß-/ Druckwelle, die auf eine schlagartige Erhitzung der Luft im Plasmakanal zurückgeht, durch die Luft geschleudert und/oder am Hörorgan verletzt werden. (Eigene Darstellung) | 32 |
| Abb. 4.8 | Ein Blitzschlag kann die Gesundheit von Personen auch sekundär, z. B. durch einen ausgelösten Brand, schädigen. (Eigene Darstellung) | 35 |
| Abb. 4.9 | Bei einem Oberflächeneffekt („skin effect“) wird der Hauptteil des elektrischen Blitzstroms in Form einer Gleitentladung längs der Körperoberfläche in den Boden abgeführt. (Eigene Darstellung) | 36 |
| Abb. 5.1 | In das einschließlich Antennenspitze 443 m hohe Empire State Building in New York City schlagen Blitze mehrmals pro Jahr ein. (Eigene Darstellung) | 41 |
| Abb. 6.1 | Versengungen der Haare, hier am Hinterkopf eines Mannes, gelten als pathognomonisch für einen Unfall durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 52 |
| Abb. 7.1 | Ort eines Unfalls durch Blitzschlag, bei dem sowohl der Reiter (bereits geborgen) als auch das Pferd verstarben. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 114 |
| Abb. 7.2 | Nahezu senkrecht verlaufender Rindendefekt einer Pinie nach einem Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 115 |
| Abb. 7.3 | Spiralförmiger Rindendefekt einer Pinie nach einem länger zurückliegenden Blitztreffer. (Eigene Darstellung) | 116 |
| Abb. 7.4 | Flächenhafte frische Rindenabspaltungen bei einer Birke nach einem Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 117 |
| Abb. 7.5 | Spur des Blitzkanals von einem Kirschbaum über die Grasnarbe zu vier Unfallopfern auf einem Golfplatz. (Foto mit freundl. Genehmigung: Thomas Raphael) | 118 |
| Abb. 7.6 | Von einem Blitzschlag beschädigte Wand und beschädigtes Fallrohr eines Hauses. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 119 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Abb. 7.7 | Von einem Blitzschlag beschädigte Hauswand (<i>ummalt</i> und <i>Pfeil</i>). (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 120 |
| Abb. 7.8 | Von einem Blitzschlag beschädigte Sitzbank eines Mopeds im Rahmen eines Unfalls mit Personenschaden. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 121 |
| Abb. 7.9 | Lochartige Beschädigungen eines Hutes nach einem direkten Treffer in den Kopf. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 122 |
| Abb. 7.10 | Zerreißen und thermische Schädigungen eines Pullovers. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 123 |
| Abb. 7.11 | Zerreißen der Jeanshose eines verstorbenen Blitzschlagopfers. (Foto mit freundl. Genehmigung: Thorsten Schwark) | 124 |
| Abb. 7.12 | Mehrfache Defekte der getragenen Gummistiefel nach einem direkten Treffer des Opfers (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 125 |
| Abb. 7.13 | Zerreißen und thermische Schädigungen eines langärmeligen Unterhemdes (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 126 |
| Abb. 7.14 | Lichtenberg-Figuren am Hals und der oberen Brustregion links eines tödlich verunfallten Jungen. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 127 |
| Abb. 7.15 | Zahlreiche Lichtenberg-Figuren am Rumpf eines tödlich verunfallten Mannes. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 128 |
| Abb. 7.16 | Lichtenberg-Figur an der Außenseite des linken Oberschenkels (<i>Pfeil</i>) bei einem getöteten Opfer, das einen direkten Treffer erlitt. (Foto mit freundl. Genehmigung: Bernd Lerche) | 129 |
| Abb. 7.17 | Versengte Haare und Hautvertrocknungen im Brustbereich eines tödlich verunfallten Mannes. (Eigene Darstellung) | 132 |
| Abb. 7.18 | Versengte Schamhaare eines tödlich verunfallten Mannes. (Eigene Darstellung) | 133 |
| Abb. 7.19 | Charakteristische Blitzaustrittsmarke an der Innenseite der rechten Fußsohle nach einem direkten Treffer. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 134 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Abb. 7.20 | Relativ geradlinige, in der Tendenz vertikal verlaufende Verbrennung eines getöteten Opfers nach einem direkten Treffer. (Foto mit freundl. Genehmigung: Thorsten Schwark) | 135 |
| Abb. 7.21 | Eine Mischung aus relativ geradlinigen (rechte Halsseite, obere Brustregion), streifenförmigen (Brust- und Bauchregion) und schrotschussartigen (Unterbauch und rechter Oberschenkel) Verbrennungen. Die schrotschussartigen Verbrennungen ähneln den „Crocodile-skin-Befunden“ bei Hochspannungsunfällen durch Störlichtbogen. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 136 |
| Abb. 7.22 | Kontaktverbrennung durch einen Schlüsselbund in einer Jeanshosen tasche nach einem direkten Treffer. (Foto mit freundl. Genehmigung: Thorsten Schwark) | 137 |
| Abb. 7.23 | Schwärzliche Verfärbung der Halshaut und der angrenzenden Abschnitte der Strickjacke durch verdampftes Metall bei zumindest einer getragenen Halskette. (Historische Sammlung des Ausschusses für Blitzableiterbau für das vereinigte Wirtschaftsgebiet e. V.) | 139 |
| Abb. 7.24 | Subendokardiale und intramyokardiale Hämorrhagien bei einem 27-jährigen Opfer eines Seitenüberschlags, das 5 Tage nach dem Unfall verstarb. (Eigene Darstellung) | 153 |
| Abb. 7.25 | Myokardinfarktartige Befunde 5 Tage nach einem Blitzschlag mit Eosinophilie einzelner Myozyten und entzündlich-resorptiver Reaktion auf die Myolysen (HE, 224:1). (Eigene Darstellung) | 154 |
| Abb. 7.26 | Myokardinfarktartige Befunde 5 Tage nach einem Blitzschlag mit Kontraktionsbanden und gemischtzelliger Abräumreaktion der Myolysen (HE, 224:1). (Eigene Darstellung) | 155 |
| Abb. 7.27 | Nekrosen der Myozyten mit Zerstörung der Myokardstrukturen 5 Tage nach einem Blitzschlag (HE, 224:1). (Eigene Darstellung) ... | 156 |
| Abb. 7.28 | Bevorzugt streifenförmige Hämorrhagien im Interstitium des Myokards 5 Tage nach einem Blitzschlag (CAB, 56:1). (Eigene Darstellung) | 157 |
| Abb. 7.29 | Verkochung von Teilen des Musculus pectoralis major sinister unter intakter Haut 5 Tage nach einem Unfall durch Seitenüberschlag. (Eigene Darstellung) | 158 |
| Abb. 7.30 | Areaktive Nekrose des Musculus pectoralis major sinister, selber Fall wie Abb. 7.29 (HE, 112:1). (Eigene Darstellung) | 159 |
| Abb. 8.1 | Zwei typische Cumulonimbuswolken im März 2023 über Mecklenburg-Vorpommern (Deutschland) als Zeichen eines sich entwickelnden Gewitters. (Eigene Darstellung) | 184 |

| | | |
|----------|--|-----|
| Abb. 8.2 | Teile des äußeren Blitzschutzsystems mit Fangeinrichtung (z. B. senkrechter Metallstab am Schornstein) und Ableitungseinrichtung. (Eigene Darstellung) | 186 |
| Abb. 8.3 | Die Erdungsanlage neben einem Kupferfallrohr als ein Teil des äußeren Blitzschutzsystems. (Eigene Darstellung) | 187 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----|
| Tab. 4.1 | Mechanismen der möglichen Energieübertragungen bei einem Unfall durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 24 |
| Tab. 6.1 | Ausmaß der Verbrennungen der Körperoberfläche nach Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 56 |
| Tab. 6.2 | Laborparameter am Tag der stationären Aufnahme des 17-jährigen Unfallopfers. (Eigene Darstellung) | 57 |
| Tab. 6.3 | Publizierte Fälle mit myokardinfarktartigen Befunden nach einem überlebten Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 60 |
| Tab. 6.4 | Publizierte Fälle mit blitztraumatischen Myokardnekrosen/akutem Myokardinfarkt nach einem kurzzeitig überlebten Unfall durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 61 |
| Tab. 6.5 | Mögliche audiovestibuläre Folgen eines Blitzschlags. (Eigene Darstellung) | 80 |
| Tab. 6.6 | Zeitliches Auftreten einer Katarakt nach einem Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 85 |
| Tab. 6.7 | Pathologische Befunde im Respirationstrakt als Folgen eines Unfalls durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 89 |
| Tab. 6.8 | Knochenfrakturen nach einem Unfall durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 91 |
| Tab. 7.1 | Zeitdauer vom Blitzunfall bis zum Beginn des Verblässens bzw. vollständigen Verschwinden einer Lichtenberg-Figur an der menschlichen Haut. (Eigene Darstellung) | 130 |
| Tab. 7.2 | Vergleich der Häufigkeiten der pathognomonischen Befunde Versengungen der Haare vs. Lichtenberg-Figur nach letalen Blitzunfällen. (Eigene Darstellung) | 133 |
| Tab. 7.3 | Ausgewählte Beispiele für regionale Blitzortungssysteme. (Eigene Darstellung) | 144 |
| Tab. 7.4 | Zeitliches Intervall und Todesursache nach einem zunächst überlebten Unfall durch Blitzschlag. (Eigene Darstellung) | 148 |