

Aus der Klinik und Poliklinik für Neurologie
der Universität Regensburg
(Ärztlicher Direktor (kommissarisch): Professor Dr. med. Felix Schlachetzki)

Neurologische Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern
- Vergleichende Literaturrecherche zu neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag, deren Behandlung und Prognose -

Inauguraldissertation
zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades
der
Medizinischen Fakultät Regensburg

vorgelegt von
Jens-Michael Umminger

aus
Lauda-Königshofen an der Tauber
2018

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Bericherstatter: Prof. Dr. med. Berthold Schalke

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Peter Kreuzer

Tag der mündlichen Prüfung: 21.02.2018

In Zuneigung und Dankbarkeit meinen Eltern, weil sie immer für mich da sind und diese Arbeit zu jedem Zeitpunkt unterstützt haben.

	Seite
<u>Inhaltsverzeichnis</u>	4-6
Abkürzungsverzeichnis	7-9
Abbildungsverzeichnis	10-14
1. Einleitung	15
1.1. Definitionen, Mythologie und kurzer geschichtlicher Rückblick (im allgemeinen und ärztlichen Schrifttum)	15-22
1.2. Physikalische Grundlagen bei einem Blitzschlag	22-26
1.3. Schäden, mit dem Schwerpunkt neurologischer, neuro- psychologischer und psychiatrischer Manifestationen, durch Blitzschlag im menschlichen Körper (akut/subakut/chronisch)	26-29
1.4. Zielsetzung	29-30
2. Material und Methodik	31
2.1. Literaturrecherche	31
2.1.1. Informationsquellen	31-33
2.1.2. Eingrenzung auf Suchbegriffe (z.B. „Blitzschlag“, „zentrales Nervensystem“, „peripheres Nervensystem“, et cetera; ab 1970)	33-34
2.1.3. Einteilung der ausgewerteten Literatur - nach EbM-Kriterien (Fallberichte, klinische Studien) - nach Zielkriterien (klinisch, neuro-psychologisch, elektrophysiologisch, bildgebend, histopathologisch)	34-36
2.2. Blitzschlagregister	36
2.2.1. aus Deutschland	36-37
2.2.2. aus den Vereinigten Staaten von Amerika	37-38
2.2.3. aus Kanada	38
2.2.4. aus Australien	38-39
2.2.5. aus Großbritannien	39

2.2.6. aus Österreich	40
2.2.7. aus der Schweiz	40
2.2.8. Zusammenfassung und kritische Gegenüberstellung der Register	41
2.3. Statistik (betrifft nur Punkt 2.2.)	41-42
3. Ergebnisse	43
3.1. Zentrale neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Langzeitschäden	43
3.1.1. im Gehirn	43-45
3.1.2. an den Hirnnerven	45-46
3.1.3. am Rückenmark	46-47
3.2. Periphere neurologische Langzeitschäden	47
3.2.1. an myelinisierten motorischen Fasern	47-49
3.2.2. an myelinisierten sensiblen Fasern	49-50
3.2.3. an nicht-myelinisierten C-/A delta-Fasern	50
3.3. Autonome neurologische Langzeitschäden	50
3.3.1. am Herz	50-52
3.3.2. am Gastrointestinaltrakt	52-53
3.3.3. bezüglich Kreislaufregulation	53
3.4. Querschnittsvergleich der verschiedenen Blitzschlagregister bezüglich Tote und Verletzte	54-64
3.5. Vergleich der Blitzschlaghäufigkeiten zwischen Frau und Mann	65-78
3.6. Aufteilung nach Altersstufen	79-105
3.7. Aufteilung nach Aufenthaltsort während des Blitzschlags	105-113
3.8. Korrelation bezüglich Blitzschlaghäufigkeit und Aufenthaltsort	113-114
3.9. Ländervergleich von Patienten mit neurologischen, neuropsycho- logischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag	114-120
3.10. Ländervergleich bezüglich der Therapiedauer nach Blitzschlag	120-122
3.11. Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters	122-124
4. Diskussion	125

4.1. Methodenkritik	125-127
4.2. Interpretation der Ergebnisse der verschiedenen Register	127-138
4.3. Das derzeit optimale medizinische Behandlungskonzept nach Blitzschlag	138-147
4.4. Prognose	147-149
4.5. Blitzschlagprävention	149-152
4.6. Schlussfolgerung	152-153
5. Zusammenfassung	154-163
6. Literaturverzeichnis	164-172
7. Tabellenverzeichnis mit Tabellen	173-210
8. Diagrammverzeichnis	211-213
9. Lebenslauf	214-215
10. Danksagung	216-218

Abkürzungsverzeichnis

A	Ampere
A (Autokennzeichen)	Österreich
ADL	Activities of daily living
AFDA	Australian Flying Disc Association
ASIA	America Spinal Injury Association
AUS (Autokennzeichen)	Australien
ÄZQ	Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin
BG	Berufsgenossenschaft
BK	Berufskrankheiten
Bureau of the census	„Volkszählungsbehörde“
bzw	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
ca.	zirka
cCT	kranielle Computertomographie
CDN (Autokennzeichen)	Kanada
CH (Autokennzeichen)	Schweiz
CICERO	Center for International Climate and Environmental Research in Oslo
CT	Computertomographie
D (Autokennzeichen)	Deutschland
de	Deutschland
EbM	evidence-based medicine
EMG	Elektromyographie
e.V.	eingetragener Verein
F	Frau
FU	Freie Universität
GB (Autokennzeichen)	Grobritannien
I	Stromstärke
i. d.	in der

i.	insgesamt
kA	Kiloampere
km	Kilometer
kV	Kilovolt
MEP	motorisch evozierte Potenziale
M	Mann
m.	männlich
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASCIS	National Acute Spinal Cord Injury Study
nb	nicht bekannt
NLG	Nervenleitgeschwindigkeit
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
Probl.	Probleme
R	Widerstand
RHESSI	Reuven Ramaty High Energy Spectroscopic Imager
SIADH	Syndrom der inadäquaten Sekretion von antidiuretischem Hormon
SSEP	somato-sensorisch evozierte Potentiale
SWR	Südwestrundfunk
T	Einheit der Zeit
TORRO	Tornado and Storm Research Organisation
U	Spannung
USA	United States of America
USA (Autokennzeichen)	Vereinigte Staaten von Amerika
v.	von
VDE	Verband der Elektrotechnik
W	Stromarbeit

w.	weiblich
WHO	World Health Organization
www	world wide web
ZDF	Zweites deutsches Fernsehen

Abbildungsverzeichnis



Abbildung 1/Seite 15

Aus der Internetseite der Tornado and Storm Research Organisation
(Matthew Clark 2014)



Abbildung 2/Seite 18
Sir William Gilbert; Verfasser des Werks De Magnete
(Chris Grachanen, 14.01.2016)



Abbildung 3/Seite 18
Sir Thomas Browne; Erfinder des Wortes Elektrizität
(aus Wikipedia, die freie Enzyklopädie)

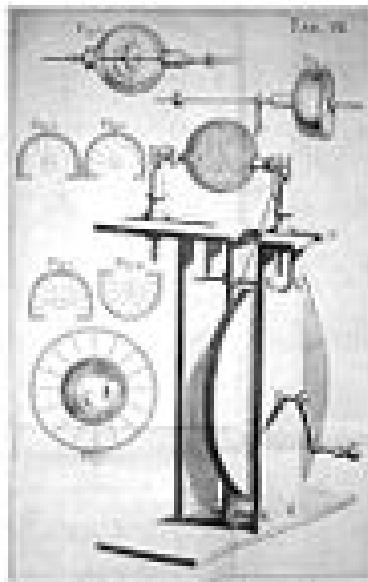


Abbildung 4/Seite 18
Hauksbee-Generator, aus Physico-Mechanical Experiments, 2. Aufl., London 1719

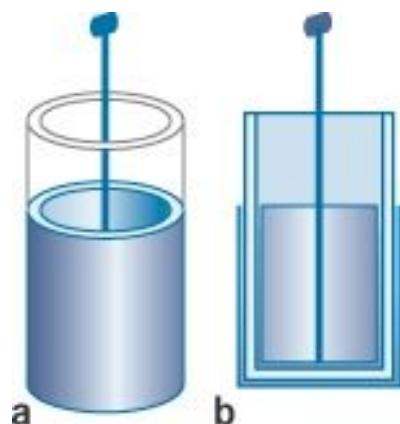


Abbildung 5/Seite 18
„Leidener Flasche“; Älteste Form des elektrischen Kondensators
(Berend Wilhelm Feddersen, Entladung der Leidener Flasche, 1998 Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg)



Abbildung 6/Seite 18

**Johann Albert Heinrich Reimarus; Verfasser der ersten deutschsprachigen Monographie
zum Thema Blitzschlag**
(Gemälde von Friedrich Carl Gröger 1818)



Abbildung 7/Seite 18

Benjamin Franklin; Erfinder des Blitzableiters

(aus: Experiments an observations on electrtricity made at Philadelphia in America by Benjamin Franklin, London 1769)



Abbildung 8/Seite 21
Eine künstlerische Darstellung des RHESSI Satelliten im Orbit um die Erde
(NASA website, 07.12.2005)

1. Einleitung

1.1. Definitionen, Mythologie und kurzer geschichtlicher Rückblick (im allgemeinen und ärztlichen Schrifttum)

1.1.1. Definition eines Gewitters

Gewitter bilden sich, wenn warme, feuchte Luftmassen zusammenströmen und aufsteigen. Kondensiert der Wasserdampf in der Luft, so entwickelt sich zunächst eine Haufenwolke (Cumulus = Haufen). Falls die äußeren Bedingungen günstig sind, strömt die schwüle Luft weiter in die Höhe und die Cumuluswolke wird zum Cumulonimbus, das heißt zum Gewitter. Die Höhe eines Cumulonimbus kann zwischen 12 und 18 Kilometer erreichen, abhängig davon, ob man sich in den mittleren Breiten oder in den Tropen befindet. (Titz S. 02.06.2006)⁹⁸

1.1.2. Definition eines Blitzes

Das Wort Blitz stammt vom indogermanischen Wort „bhlei“ ab. Dies bedeutet übersetzt „leuchten“.¹⁰⁷ (www.wissen.de/Natur/Artikel) Die Entstehung eines Blitzes ist ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Innerhalb der Gewitterwolke trennen sich beim Sich-Auftürmen die Ladungen durch Reibung und Zerstäuben der Wasserteilchen. Dabei laden sich die Eiskristalle positiv und die Tropfen negativ auf. Durch diese physikalischen Vorgänge entsteht im kalten oberen Teil der Wolke ein Gebiet positiver Ladung, während nahe dem Boden die negative Ladung überwiegt. Das dadurch entstehende elektrische Feld wächst so lange an, bis die Spannung mehrere hundert Millionen Volt beträgt. Im Verlauf dieses Prozesses überschreitet die Feldstärke eine kritische Schwelle von ungefähr 170000 Volt pro Meter und ein gigantischer Kurzschluss kündigt sich an. Dieses ist dann der Blitz. Dabei entstehen Energien von 100 Millionen bis maximal 2 Milliarden Volt. Die Entladung des Blitzes findet dabei in

einem Zeitraum von 0,1 bis 1 Millisekunde statt. Dabei beträgt der Energiegehalt zirka 100 Kilowattstunden, was einer Menge von 10 Litern Heizöl entspricht. Der Blitz kann sich innerhalb der Wolke oder zwischen Wolke und Boden entladen. Wobei nur 10% der Blitze auch wirklich den Erdboden erreichen. 90% der Blitze finden innerhalb der Wolken statt. Ebenso kann ein Blitz auch vom Boden aus in Richtung Wolke hin auftreten. Es handelt sich dann um einen so genannten „upward streamer“. Die höchste Blitzdichte der Erde befindet sich im tropischen Zentralafrika, da dort die günstigsten Bedingungen für Gewitter, das heißt schwüle, aufsteigende Luft, zu finden sind.⁹⁸ (Titz S. 0206.2006) Bei einem Blitz handelt es sich um Gleichstrom. **Abbildung 1**, Blitz bei Nacht.

1.1.3. Definition eines Donners

Das Wort Donner leitet sich von dem lateinischen „tonare“ ab. Dies bedeutet übersetzt soviel wie „laut erdröhnen oder krachen“. Der Donner entsteht innerhalb weniger tausendstel Sekunden als Folge der im Blitzkanal spontan erhitzten Luft. Im Zentrum des Blitzkanals werden in den ersten fünf millionstel Sekunden Temperaturen bis zu 30 000 Grad Celsius erreicht. Die aufgeheizte Luft dehnt sich explosionsartig aus. Als zylindrische Druckwelle pflanzt sich diese Ausdehnung in alle Richtungen fort. Die dabei entstehenden Schallwellen sind als Donner zu hören. Weil sich der Donner nur mit der Schallgeschwindigkeit von 330 Metern pro Sekunde ausbreitet, ist dieser erst nach dem Blitz zu hören. Der Donner dauert viel länger als die ganze Blitzentladung und ist maximal 15 bis 20 Kilometer weit zu hören, wobei die Reichweite stark von der Windrichtung, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit abhängt.¹ (Aafting H. 2008)

1.1.4. Definition der Hochspannung

Die Blitzentladung befindet sich im so genannten Hochspannungsbereich. Dabei handelt es sich um eine Spannung, die einen Spannungsbereich von

>1 kV betrifft. Für den klinischen Alltag wird aus praktischen Gründen jedoch oft ein Grenzwert von 0,5 kV herangezogen. Die Stromstärke beim Blitz beträgt 200000 bis 300000 Ampere. Der Unfallanteil aller Hochspannungsunfälle (inklusive Eisenbahnoberleitung oder Hochspannungsleitung) an der Gesamtzahl der Stromunfälle liegt bei 20%, während die Niederspannungsanfälle einen Anteil von 80% haben. Die überwiegende Art der Schädigung durch Hochspannung ist thermisch. Die Letalität bei Hochspannungsunfällen liegt bei zirka 30%.⁶⁴ (Koppenberg J. 2001)

1.1.5. Mythologie

Der Donner ist in der Bibel als Stimme des Herrn erwähnt.⁵⁹ (Johannes-Evangelium) In der heiligen Schrift werden Blitz und Donner zum Beispiel für den Zorn Gottes verwendet.¹¹⁵ (2.Buch Mose) Auch in der nordischen Mythologie sind Blitz und Donner erwähnt. Hier löste der keltische Göttervater Donar oder Thor die Himmelsphänomene, insbesondere Blitz und Donner, aus. In der Mythologie schwang Thor den Gewitterhammer Mjöllnir. Deswegen wurde er von den römischen Schriftstellern mit Jupiter dem Blitzeschleuderer verglichen. Die Kelten und die Germanen deuteten die Gewitterphänomene als Kampfeslärm, der durch das Ringen des Thors mit den Feinden des Menschen entstand. Hier galten diese atmosphärischen Erscheinungen, die sonst Furcht und Schrecken hervorriefen, als nutzbringend. Die griechische Mythologie wies dem Göttervater Zeus, Sohn des Kronos, das Gewitter mit Blitz und Donner zu. Der Göttervater Zeus führte deshalb auch den Beinamen „der in der Höhe donnernde“. In der griechischen Dichtung wurde Zeus in dem Werk „Theogonie“ von Hesiod (ca. 700 vor Christus), in der über die Entstehung der Götterherrschaft geschrieben wurde, folgendermaßen beschrieben: „Im Himmel thront er donergebietend und sendet flammende Blitze, seit er den Vater Kronos gewaltig besiegte“ (Vers 71-73). Zwei Schüler des griechischen Philosophen und Mathematikers Thales, Anaximander (um 611 bis 547 vor Christus) und Anaximenes (um 585 bis 480 vor Christus) entwickelten eine erste

Theorie über die Entstehung eines Gewitters. Nach dieser sahen sie den Wind als Verursacher. Sie nahmen auch an, dass der Donner das Pressen der Luft gegen und durch die Wolken war. Das Pressen der Luft durch die Wolken sollte, ihrer Meinung nach, die Entzündung eines Blitzes verursachen. Die Vorläufer der Römer, die Etrusker, beobachteten die einzelnen Gewitterphänomene, besonders die Blitze, sehr genau. Von den Etruskern wurde der Himmel in 16 Sektionen aufgeteilt, um die Bedeutung der Blitze festlegen zu können. Blitze aus der Richtung von Westen nach Norden galten als unglückbringend. Wenn die Blitze auf der linken Seite des Beobachters einschlugen, wurde das als glückliches Zeichen gesehen. Teilweise bestand die Annahme, dass der Blitz in Stein- oder in Schwefelform falle. Dadurch war der Glaube an die Blitz- und Donnersteine bis in das Mittelalter hinein verbreitet. In der römischen Götterwelt regierte, analog Zeus bei den Griechen, Jupiter das Götterreich. Er war für alle Himmelserscheinungen verantwortlich, besonders für Blitz und Donner. Alle vom Blitz getroffenen Gegenstände oder Orte galten als Jupiters Besitz und waren deshalb heilig. Ein vom Blitz getroffener Mensch, der diesen überlebte, wurde bei den Römern als von den Göttern begünstigt angesehen. Das Volk der Inkas (13. bis 16. Jahrhundert) sahen in der Sonne und dem Mond (als Schwester der Sonne) die Hauptgottheiten. Der Inkakönig galt als Gott und verkörperte die Sonne. Die Diener der Sonne waren der Blitz und der Donner, welche in eigenen Tempeln angebetet wurden.⁵⁴ (Hetz C. AVM) Bei den Nordamerikanischen Völkern war es ein Zeichen der Götter, wenn ein Mensch direkt bei einem Gewitter durch einen Blitz getroffen wurde und verstarb. Man ging dann davon aus, dass der Getroffene dadurch würdig war, ohne eine Prüfung auf dem direkten Weg in die neue Welt einzutreten.³⁷ (Dinter S.) Am 02.07.1505 wurde der 21-jährige Martin Luther von einem Blitz getroffen und auf den Boden geschleudert. Er überlebte den Blitzschlag. Er sah dies als Zeichen Gottes und wurde Mönch.¹⁰⁸
(www.wunderbarewelt.zdf.de – Gefahr aus den Wolken)

1.1.6. Kurzer geschichtlicher Rückblick (im allgemeinen und ärztlichen Schrifttum)

Die erste Studie, die sich mit elektrischen Phänomenen beschäftigte, wurde von Sir William Gilbert (**siehe Abbildung 2**) im Jahr 1600 veröffentlicht und hieß „De Magnete“. Das Wort „Elektrizität“ wurde erstmals von dem englischen Schriftsteller und Physiker Sir Thomas Browne (**siehe Abbildung 3**) 1646 benutzt. Mit Beginn des 18. Jahrhunderts wurde erstmals ein Zusammenhang zwischen Blitzerscheinungen und elektrischen Vorgängen vermutet. Francis Hauksbee von der Londoner Royal Society stellte 1707 eine Verbindung zwischen Elektrizität und Blitzen her. Hauksbee bezeichnete die Funken einer Elektrisiermaschine (**siehe Abbildung 4**) als „flashes of light like lightning“. 1708 hatte der Engländer William Wall die Vermutung, dass es zwischen Blitz, Donner und Elektrizität einen Zusammenhang gibt.¹¹⁸ Johann Heinrich Winkler, ein Leipziger Altphilologe, führte in Deutschland die Forschungen unter Verwendung einer „Leydener Flasche“ (**siehe Abbildung 5**) fort. Diese war der Vorgänger des elektrischen Kondensators. In der Literatur ist Johann Heinrich Winkler vor allem mit dem Zitat bekannt, dass die Elektrizität „mit den Blitzen und Donnerstrahlen von einerley Art“ sei.¹⁰⁴ Die Ergebnisse seiner Forschungen erschienen im Werk „Die Stärke der elektrischen Kraft“. Im Jahr 1768 erschien von dem Hamburger Arzt, Naturforscher und Nationalökonom Johann Albert Heinrich Reimarus (1729 bis 1814) (**siehe Abbildung 6**) die erste deutschsprachige Monographie zum Thema Blitzschlag. Diese hatte den Titel „Die Ursache des Einschlagens vom Blitze“.¹⁰⁶ Durch diese Monographie wurde dem Blitzableiter in Europa der Weg geebnet. Der Beginn der modernen wissenschaftlichen Blitzforschung ist vor allem eng mit dem Namen des Amerikaners Benjamin Franklin (**siehe Abbildung 7**) verbunden. Er wurde am 17.01.1706 in Boston im Staat Massachusetts geboren und ist am 17.04.1790 in Philadelphia im Staat Pennsylvania gestorben. Benjamin Franklin absolvierte eine Lehre als Buchdrucker. 1726 begann er, sich in Philadelphia eine eigene Buchdruckerei aufzubauen. Im Jahr 1743 sah Franklin die Vorführung eines englischen Wissenschaftlers.

Dieser führte Experimente mit Elektrizität vor. Benjamin Franklin war davon so begeistert, dass er dem Wissenschaftler seine gesamte Gerätschaft abkaufte. Er begann ab 1745 seine wissenschaftliche Laufbahn mit eigenen Experimenten. Gleichzeitig gab er seine Buchdruckerei an einen Partner ab, um sich nur noch auf seine wissenschaftliche Arbeit konzentrieren zu können. Damals wurde das Feld der Elektrizität als nicht sehr bedeutend angesehen. Bezuglich der Elektrizität wurde keine ernsthafte Forschung betrieben und es wurden nur Taschenspielertricks durchgeführt. Dies tat anfangs auch Benjamin Franklin. Im Vergleich zu anderen Zeitgenossen versuchte er, die physikalischen Prinzipien und Grundlagen hinter seinen Erfindungen und Taschenspielertricks zu verstehen. Benjamin Franklin entwickelte eine Theorie der Elektrizität. Er sah Elektrizität als eine Substanz an, die sich in Gegenständen befindet und entweder positiv oder negativ sein kann. Die Hauptgebiete seiner wissenschaftlichen Arbeit waren die Hydrodynamik, die Wärmelehre (Wärmeleitfähigkeit), der Magnetismus und die Metallurgie. Benjamin Franklin erforschte mit Drachenversuchen die elektrische Natur des Blitzes und führte am 15.06.1752 sein berühmtes „Philadelphia-Experiment“ durch. Er ließ dabei einen selbstgebauten Drachen während eines Gewitters steigen. Zwischen seinen Fingerknöcheln und einem Schlüssel, der am Ende der Drachenschnur hing, sprangen mehrere Zentimeter weit Funken über.^{105/106} Dadurch konnte Franklin beweisen, dass zum einen spitze Gegenstände Funken ziehen können und dass zum anderen geladene Gegenstände durch „Erden“ entladen werden. Der russische Physiker Richmann starb wenig später bei der Durchführung ähnlicher Versuche. Aufgrund der Erkenntnisse durch das „Philadelphia-Experiment“ gilt Franklin in der wissenschaftlichen Literatur als Erfinder des Blitzableiters. Er konnte 1752 beweisen, dass der Blitz eine elektrische Entladung ist.⁷² Im gleichen Jahr entwickelte er den ersten Blitzableiter.¹⁰⁵ Allerdings findet man metallische Stäbe, die als eine Art Blitzableiter fungierten, schon um 1500 vor Christus an ägyptischen Tempeln. Um das Jahr 1170 vor Christus wurden unter Ramses III. am Tempel

von Madinat Habu und am Chontempel von Theben vergoldete Masten angebracht. Man nimmt heute an, dass diese die Funktion von Blitzableitern hatten. Im süddeutschen Raum wurde durch Johann Jakob Hemmer, Leiter des Physikalischen Kabinetts am Hof des Kurfürsten Karl Theodor in Mannheim, der so genannte „Hemmersche Fünfspitz“ erfunden. Dabei handelte es sich um ein waagerechtes Stahlkreuz aus Metall. Diese Erfindung blieb, wegen nie nachgewiesener Wirksamkeit, ohne Einfluss auf die technische Entwicklung des Blitzschutzes.¹⁰⁵ (www. Wikipedia.org; Blitzableiter) 1759 wurden zahlreiche philosophische und naturwissenschaftliche Schriften in 40 Bänden herausgegeben, welche unter dem Namen „The Papers of Benjamin Franklin“ bekannt sind.¹⁰³ (Wettergrundlagen; cor GmbH) Als wissenschaftliche Veröffentlichung ist vor allem die zu erwähnen, die sich um das „Philadelphia-Experiment“ handelt. Sie wurde am 19.10.1752 in „The Pennsylvania Gazette“ veröffentlicht.⁹⁵ (Stansfield W.D. 2008) Im ausgehenden 18. Jahrhundert hatte sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass sich die Gewitterelektrizität im Prinzip nicht von der schon bekannten statischen Elektrizität unterscheidet. Bis in die neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts fristete die Blitzforschung ein Stiefmütterchendasein. Erst jetzt wurde die genauere Erforschung von Blitzen wissenschaftlich interessant. Zuvor hatte sich in der Mitte des 20. Jahrhundert auf breiter Front bei Wissenschaftlern die Erkenntnis durchgesetzt, dass der Wolke-Boden-Blitz eine sehr kurz andauernde elektrische Entladung im Hochspannungsbereich ist. Ab der Mitte der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts wurden neue Untersuchungsmethoden bezüglich der Erforschung von Blitzen eingeführt. Krider und Umann wiesen 1995 nach, dass ein Blitz mindestens einen Spitzenstromwert von 20 bis 40 kA hat. Wolke-Boden-Blitze können inzwischen durch Blitzdetektionssysteme (zum Beispiel National Lightning Detection Network in den Vereinigten Staaten von Amerika) nachgewiesen und aufgezeichnet werden. Diese Systeme benutzen Magnetsensoren. In den letzten Jahren wurden von Wissenschaftlern spezielle Raketen eingeführt, die die Entstehung von Blitzen triggern. Die Raketen ziehen dabei einen metallischen Draht hinter sich her. Andere

Verfahren stützen sich auf Wetterballons oder Messungen durch Flugzeuge. Dadurch lassen sich Blitze jetzt gezielter und weniger vom Zufall abhängig untersuchen. In diesem Zusammenhang wurde 2003 von Dwyker veröffentlicht, dass während eines Blitzes auch eine geringe Menge von radioaktiver Energie frei wird. Dieser Zusammenhang wurde erstmals 2001 wissenschaftlich nachgewiesen. Durch den NASA-Forschungssatelliten RHESSI (**siehe Abbildung 8**) konnte erstmals Gammastrahlung aus Gewitterzonen detektiert werden. Deswegen wurde in Wissenschaftskreisen, als eine Möglichkeit, angenommen, dass kosmische Strahlen aus dem Weltraum einen großen Einfluss auf die Entstehung von Blitzen haben könnten. Gosline stellte dazu 2005 die These auf, dass hochenergetische Partikel eine elektrische Störung innerhalb der Luft auslösen und dadurch besonders energetische Elektronen entstehen.

1.2. Physikalische Grundlagen bei einem Blitzschlag

1.2.1. Definitionen

Im Rahmen der physikalischen Grundlagen bei einem Blitzschlag sind mehrere Gesetzmäßigkeiten von großer Bedeutung. Das Ohmsche Gesetz (nach Georg Simon Ohm) besagt, dass der Stromfluss direkt proportional zur Spannungsdifferenz und indirekt proportional zum elektrischen Widerstand ist. Es ist in der folgenden physikalischen Formel zusammengefasst:

$$R = U/I$$

Wobei R für den Widerstand steht und die physikalische Maßeinheit Ohm hat. Der Buchstabe U im Ohmschen Gesetz steht für die Spannung. Diese hat die physikalische Maßeinheit Volt. Das I ist das Zeichen für Stromstärke und hat die physikalische Einheit Ampere. Der Widerstand ist bei vorgegebener Spannung die Variable im Ohmschen Gesetz. Aus dem

Ohmschen Gesetz lassen sich durch Umstellung der Gleichung die Formeln für die Spannung und für die Stromstärke aufstellen. Für die Spannung folgt daraus:

$$\mathbf{U} = \mathbf{I} \times \mathbf{R}$$

Die Stromstärke lässt sich mit der folgenden Formel darstellen:

$$\mathbf{I} = \mathbf{U}/\mathbf{R}$$

Ein weiterer wichtiger physikalischer Zusammenhang in Verbindung mit einem Blitzschlag ist in dem Jouleschen Gesetz (nach James Prescott Joule) zusammengefasst. Es lautet:

$$\mathbf{W} = \mathbf{U} \times \mathbf{I} \times \mathbf{t} = \mathbf{I}^2 \times \mathbf{R} \times \mathbf{t}$$

Das Gesetz beschreibt die Wärmeentwicklung in einem stromdurchflossenen Ohmschen Widerstand. W steht dabei für die Stromarbeit. Sie hat die physikalische Einheit Joule. Das t in der Formel steht für die Zeit und als Einheit die Sekunde.

1.2.2. Die physikalischen Abläufe während eines Blitzschlags

Blitze sind elektrische Entladungen im Hochspannungsbereich, die zwischen Gebieten unterschiedlicher Raumladung innerhalb der Wolke oder zwischen Wolke und Erdoberfläche stattfinden. Ein permanent in der Atmosphäre bestehendes elektrisches Feld mit einer Potentialdifferenz von 300 kV ist zwischen der Erdoberfläche und der Elektrosphäre (ca. 50 km) vorhanden. Der negative Pol des Feldes wird durch den Erdboden gebildet. Unter dem Einfluss dieses elektrischen Feldes fließt ein Strom der Stärke 1000 A, der durch Ionen vermittelt wird. Das Feld wird durch den Strom abgebaut. Deshalb ist zum Erhalt des energetischen Gleichgewichts ein

Ladevorgang notwendig. Die Erdoberfläche dient dabei als riesiger Kondensator. Das Aufladen erfolgt während des Gewitters. Wenn die Feldstärke innerhalb der Wolken einen kritischen Wert überschreitet, bewegen sich negative Ladungsträger aus den Wolken in Form eines Leitblitzes (englisch stepped leader), der nur eine Dicke von etwa einem Zentimeter hat, auf die Erdoberfläche zu. Im Rahmen der Annäherung des Leitblitzes an die Erdoberfläche erhöht sich die Konzentration positiver Ladungsträger im Erdboden nahe der Oberfläche. Wenn die lokale Feldstärke einen kritischen Wert überschreitet, kommt dem Leitblitz vom Erdboden aus eine Fangentladung entgegen.³⁹ (Dotzek N. FU Berlin 23.-27.Juli 2007) Durch diesen Vorgang wird der Blitzkanal geschlossen und die volle Blitzenladung setzt ein. Die Ursache für die Blitzenladungen liegt hiermit in den elektrischen Spannungen zwischen Wolken oder Erde und Wolken. Diese elektrischen Spannungen betragen einige Millionen Volt. Sie erzeugen in den Blitzkanälen Stromstärken bis zu mehreren Hunderttausend Ampere, wodurch die enorme Aufheizung des Blitzkanals auf etwa 27.000 bis 30.000 Grad Celsius erfolgt. Durch die Trennung von positiven und negativen elektrischen Ladungen werden die Spannungen innerhalb der Gewitterwolke erzeugt. Diese Vorgänge sind entscheidend vom Vorhandensein von feucht-warmen Luftmassen, Eisteilchen und Wassertröpfchen abhängig. Innerhalb der Gewitterwolke sammeln sich oben positiv geladene Eisteilchen an. Diesen steht im unteren Teil der Wolke ein von Wassertropfen gebildetes negatives Ladungszentrum entgegen. Die positive Geigenladung auf der Erde entsteht dann durch die elektrische Induktionswirkung.¹⁰¹ (Wagner H.-F. 20.10.2006) Da die Luft in den unteren Kilometern der Erdatmosphäre ein sehr schlechter elektrischer Leiter ist, kommt es erst mit Überschreiten eines kritischen Durchschlagspotentials von 30 Kilovolt pro Zentimeter zu einem plötzlichen und gewaltigen atmosphärischen Kurzschluss, den man Blitz nennt. Die relevanten physikalischen Abläufe bei der Blitzenstehung sind zwar bis heute nicht restlos geklärt, jedoch spielen wohl vor allem Vereisungs- und Kollisionsprozesse von Niederschlagsteilchen eine wichtige Rolle. Zur Entstehung eines Blitzes gibt es

derzeit mehrere wissenschaftliche Denkmodelle. Hier seien nur die wichtigsten genannt. Das favorisierte Modell ist schon weiter oben ausführlich erörtert worden. Es geht als Ursache für den Blitzschlag von Ladungsverschiebungen im Raum aus. Dabei findet eine Trennung der Ladungen in der Wolke statt. Der obere Teil der Gewitterwolke ist normalerweise positiv und der untere negativ geladen. Der Übergang zwischen positiven und negativen Ladungen findet dabei gewöhnlich in einer Höhe statt, in der die Temperatur zwischen -10°C und -15°C beträgt. Dort findet auch der Übergang zwischen Wassertropfen und Eiskristallen statt, was nahe legt, dass eine Wolke im oberen Bereich vereisen muss, damit Blitze entstehen können. Es wird bisher davon ausgegangen, dass die Ladungstrennung durch Reibung von Eiskristallen (Graupel) aneinander erfolgt. Wenn die elektrische Spannung zwischen den verschiedenen Teilen des Cumulonimbus sehr groß wird, kann es zu einem Blitz kommen. Das zweite wichtige Modell stammt von dem Nobelpreisträger Charles Thomson Rees Wilson aus dem Jahr 1925. Es geht davon aus, dass durch kosmische Strahlung angeregte Elektroden den Anfang einer Blitzentstehung bilden. Wenn ein solches angeregtes Elektron auf ein Luftmolekül einer Gewitterwolke trifft, werden weitere hochenergetische Elektronen freigesetzt. Dadurch kommt es zu einer Kettenreaktion mit nachfolgender Elektronenlawine. Diese Elektronen werden auch Run-away-Elektronen genannt. Einer Blitzentladung geht eine Serie von Vorentladungen voraus, die gegen die Erdoberfläche gerichtet sind. Durch diesen Vorgang wird ein Blitzkanal (= Leitblitz) geschaffen. Das bedeutet, dass ein elektrisch leitender Kanal durch Stoßionisation der Luftmoleküle durch die Runaway-Elektroden gebildet wird. Es findet ein stufenweiser Aufbau des ionisierten Blitzkanals statt, bis er zwischen Erdoberfläche und Wolke durchgehend hergestellt ist. Wie neuere Forschungsergebnisse zeigen, emittiert der Leitblitz auch Röntgenstrahlung mit einer Energie von 250.000 Elektronenvolt. Der Blitzkanal weist maximal einen Durchmesser von 12 mm auf. Durch diesen Kanal erfolgt dann die Hauptladung, die sehr hell ist und als eigentlicher Blitz

wahrgenommen wird. Durch die Bildung von Plasma wird das Leuchten des Blitzes verursacht.

1.3. Schäden, mit dem Schwerpunkt neurologischer, neuro-psychologischer und psychiatrischer Manifestationen, durch Blitzschlag im menschlichen Körper (akut/subakut/chronisch)

Das Nervensystem reagiert besonders vulnerabel auf die Effekte, die durch Blitze hervorgerufen werden. Dabei können die Schäden am Nervensystem durch verschiedene Mechanismen hervorgerufen werden. Zum einen kann es zu einem direkten Treffer des Körpers durch den Blitz kommen (zirka 3-5% der Verletzungen durch Blitzschlag). Zum anderen ist es auch möglich, dass bei Berührung eines getroffenen Objekts der Blitz an den Körper weitergeleitet wird (zirka 1-2% der Verletzungen). Der dritte Mechanismus ist der so genannte „side splash“ (zirka 30% der Verletzungen). Dabei wird der Blitz durch die Luft von getroffenen Objekten auf den menschlichen Körper weitergeleitet. Eine weitere Art, vom Blitz getroffen zu werden, ist die Schrittspannung. Dabei breitet sich die Blitzenergie von einem getroffenen Objekt über den Erdboden aus und tritt dann auf den menschlichen Körper über. Bei diesem Mechanismus können mehrere Personen gleichzeitig getroffen werden (zirka 40-50% der Verletzungen). Die fünfte Art, von einem Blitz getroffen zu werden, ist der so genannte „upward streamer“. Hierbei geht der Blitz von der Erdoberfläche Richtung Wolken aus und trifft dabei den Menschen (zirka 20-25 % der Verletzungen). Früher wurde auch noch das „blunt trauma“ als primärer Mechanismus gewertet. Dabei zieht sich der Mensch aber seine Verletzungen durch die Wucht des Sturzes zu und nicht durch den Blitz selbst. Deshalb handelt es sich nach heutigem Verständnis dabei um einen sekundären Verletzungsmechanismus.²⁵ (Cooper M.A. Jan 18,2011) Von einem Blitzschlag ist vor allem das zentrale Nervensystem betroffen, weniger das periphere. M. Cherington teilte im Jahr 1995 in einer Fallstudie die vom Blitz getroffenen und

dabei akut neurologische Schäden davontragenden Patienten in drei Gruppen auf. In der ersten Gruppe befanden sich Blitzschlagopfer mit Schädigungen oberhalb des Foramen magnum. Darunter fielen Patienten, die als akute Folge des Blitzschlags zerebrale Infarkte und eine zerebelläre Atrophie, mit Schwerpunkt auf dem Vermis, die oft von einer raschen Degeneration des Kleinhirns gefolgt wurde, davontrugen. In der zweiten Gruppe befanden sich Patienten mit akut aufgetretenen Paresen der Hirnnerven, mit besonderer Betonung auf den Nervus facialis. Die Verletzung des Rückenmarks war das Kennzeichen der dritten Gruppe. Hier zeigten sich oft Paralysen, die meistens eine Dauerschädigung mit sich brachten.¹⁹ (Cherington M. 1995) 2006 stellte Cherington eine neue Einteilung der neurologischen, neuropsychologischen und psychiatrischen Folgeerscheinungen nach einem Blitzschlag vor. Diese bezog sich auf den zeitlichen Ablauf, in dem die einzelnen Komplikationen auftraten. Der Autor klassifizierte insgesamt fünf Gruppen.¹⁵ (Cherington M. www.med-link.com) In der ersten Gruppe sind die sofort eintretenden und transienten Komplikationen subsumiert. Diese bestehen aus einem kurzen Verlust des Bewusstseins, einer Amnesie, einer Aphasie, einem Horner-Syndrom, einem Tinnitus, einer temporären Seh- oder Hörstörung, einer Verwirrung, Kopfschmerzen, Parästhesien, einer kurzen Schwäche der Gliedmaßen, einem spinalen Schock sowie der temporären Lähmung im Sinn einer Keraunoparalyse. Die Keraunoparalyse ist vergesellschaftet mit Sensibilitätsverlust, Blässe, Vasokonstriktion und Hypertonie. Diese Art der Lähmung, ausführlich beschrieben von Jean-Martin Charcot (1825-1893), betrifft meistens die unteren mehr als die oberen Extremitäten und ist meistens innerhalb weniger Stunden regredient. Die Keraunoparalyse ist ein spezifisch bei Blitzschlag auftretendes Krankheitsbild, welches durch Affektion des autonomen Nervensystems auftritt. Der Erstbeschreiber war James Parkinson. Seltener treten periphere oder autonome Nervenschädigungen auf. Etwas häufiger kommt es zu einer Kälteunempfindlichkeit. Unter die zweite Gruppe fallen die sofort auftretenden Folgeverletzungen mit lang anhaltenden oder per-

manenten Schädigungen. Darunter fallen die posthypoxische Enzephalopathie, die meistens eine schlechte Prognose hat und oft mit dem Tod oder ausgeprägten kognitiven Defiziten vergesellschaftet ist, das seltene Ereignis eines zerebralen Infarkts (Cherington et al 1992), Subarachnoidalblutungen und intrazerebrale Blutungen, beim Blitzschlag besonders typisch in den Stammganglien und im Hirnstamm, selten auftretende Kleinhirnsyndrome und die Myelopathie, die zwar selten auftritt, aber gewöhnlicherweise dauerhafte Schädigungen hervorruft. In der dritten Gruppe werden die verzögert auftretenden und progressiven Komplikationen subsumierte. Darunter fallen die Motoneuronenerkrankungen, Guillain-Barré Syndrom, Bewegungsstörungen (besonders Ataxie), das Parkinsonsyndrom, eine Enzephalopathie, SIADH, epileptische Krampfanfälle, Schädigungen des Rückgrats und des Rückenmarks, Schädigungen an den Koronararterien, Thrombosen der zerebralen Arterien, Impotenz, Libidoverlust, Schmerzsyndrome, besonders den Rücken betreffend, Parästhesien, Neuropathien, sympathische Reflexdystrophie, Veränderungen im Reflexneuveau, Arthritis und chronische Kopfschmerzen. Das gemeinsame Merkmal dieser Blitzschlagfolgen ist, dass sie erst Tage, Wochen, Monate oder Jahre nach dem Blitzschlag auftreten. Die vierte Gruppe beinhaltet mit Blitzschlag assoziierte sekundäre Traumafolgen durch zum Beispiel das Hinstürzen nach dem Ereignis. Darunter fallen Verletzungen am Kopf, zum Beispiel Kalottenfrakturen, dem Hals- und Nackenbereich, subdurale Hämatome oder ein rupturiertes Trommelfell, was sehr häufig vorkommt. Unabhängig von den genannten Gruppen hat Cherington für die neuropsychologischen und psychiatrischen Schädigungen sowie Verhaltensauffälligkeiten nach Blitzschlag eine eigene Gruppe vorgeschlagen. Diese ist nicht nach zeitlichen Aspekten gegliedert. Die darin befindlichen Krankheitsbilder können sofort, nach Tagen oder erst nach Wochen nach einem Blitzschlag auftreten. In diese Gruppe fallen Gedächtnisdefizite, Schlafstörungen, Aufmerksamkeitsdefizite, Verwirrtheitszustände, chronische Müdigkeit, Reizbarkeit, Depression, hysterische Zustände, Phobien,

Angstzustände, Psychosen, schnelle Erschöpfbarkeit und das posttraumatische Stress-Syndrom. Als Spätfolge kann es auch zur Entwicklung einer Demenz kommen (National Lightning Safety Institute (NLSI) in Louisville, USA, 2003). Als weitere häufige Komplikationen nach einem Blitzschlag sind auch Schädigungen des Nervus opticus, die Entwicklung einer Katarakt und eine Asystolie bekannt. Die Katarakt ist am ehesten der Gruppe 3 zuzurechnen, während die Asystolie und die Schädigung des Nervus opticus in die Gruppe 1 gehören.

1.4. Zielsetzung

Nachdem die Blitzschlagforschung nach den Versuchen und Ergebnissen von Benjamin Franklin Mitte des 19. Jahrhunderts für die nächsten etwa 200 Jahre vernachlässigt wurde, hat sie seit Ende der neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts wieder enorm an Bedeutung gewonnen. Dies ist vor allem in den Fortschritten der technischen Untersuchungsmöglichkeiten begründet. Wolke-Boden-Blitze können inzwischen durch Blitzdetektionssysteme (zum Beispiel National Lightning Detection Network in den Vereinigten Staaten von Amerika) nachgewiesen und aufgezeichnet werden. Diese Systeme benutzen Magnetsensoren. Die seit Jahren in vielen Ländern scheinbar zunehmende Blitzhäufigkeit hat das wissenschaftliche Interesse an der Blitzforschung besonders in der letzten Zeit, auch wegen des möglichen Zusammenhangs mit dem Klimawandel, verstärkt.

Die Ziele dieser Arbeit sind im Rahmen einer vergleichenden Literaturrecherche bezüglich der neurologischen Langzeitschäden nach Blitzschlag deren Behandlung und Prognose in einem Ländervergleich zwischen Deutschland, den Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada, Australien, Großbritannien, Österreich und der Schweiz aufzuzeigen, die auftretenden Schädigungen genauer klassifizieren zu können, die Pathomechanismen hinter den Schädigungen zu beleuchten, optimierte Behandlungsalgorith-

men für Blitzschlagopfer aufzustellen und im Ländervergleich Gemeinsamkeiten und Unterschiede bezüglich Häufigkeit, Geschlechterverteilung, Behandlung und Prognose herauszuarbeiten. Dazu werden verschiedene Blitzschlagregister und wissenschaftliche Literaturquellen verwendet. Hinzu kommen verschiedene Quellen direkt von Wissenschaftlern, von verschiedenen Gesellschaften, die sich mit der Blitzforschung befassen, und von diversen Statistikämtern.

2. Material und Methodik

2.1. Literaturrecherche

2.1.1. Informationsquellen

Dem Ziel dieser Dissertation folgend wurde versucht, möglichst vollständige Daten über einerseits die Anzahl der Toten und Verletzten durch Blitzschlag einwirkung und andererseits die neurologischen Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern, deren Behandlung und Prognose in den unter Punkt 2.2. aufgeführten Ländern zu erhalten. Als Beginn des Zeitraums für die Datensammlung wurde das Jahr 1970 festgelegt. Das Ende liegt im Jahr 2011, wobei für dieses Jahr in den unterschiedlichen Ländern teilweise bisher keine oder nur unvollständige Datensätze vorliegen. Von einzelnen Ländern sind auch systematische Datensätze zu Toten und Verletzten durch Blitzschlag zu erhalten, die bis teilweise in das neunzehnte Jahrhundert zurückreichen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden umfangreiche verschiedenartige Quellen aus Deutschland, den Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada, Australien, Großbritannien, Österreich und der Schweiz verwendet. Als wichtigste Quelle sind die verschiedenen Statistikämter der oben erwähnten Länder mit ihren Blitzschlagregistern, inklusive lokaler Blitzschlagregister sowie Polizei- und Feuerwehrdatenbanken, zu nennen. Diese werden noch ausführlich unter Punkt 2.2. besprochen. Als weitere wichtige Quelle sind Organisationen zu nennen, die ebenfalls systematisch Daten über Blitzschlagopfer sammeln. Darunter fallen zum Beispiel Wetterämter, Forschungseinrichtungen, Berufsgenossenschaften, Krankenhäuser, WHO et cetera. Für Deutschland sind das die BG Elektro Textil Feinmechanik, Präventionsabteilung, Fachbereich BK Ermittlungen und Statistik, in Köln, der Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE in Frankfurt am Main, die BG der Feinmechanik und Elektrotechnik in Köln sowie der Deutsche Wetterdienst. Bezüglich den USA sind das das

National Weather Service Forecast Office in Melbourne, Florida, das Colorado Department of Public Health and Environment, das National Severe Storms Laboratory, die National Oceanic and Atmospheric Administration, der Public Health Service, der National Safety Council, die National Fire Protection Association, das National Lightning Safety Institute, der National Weather Service sowie die American Meteorological Society. Für Kanada stammen die Informationen vom Canadian Institute for Health Information, von der National Oceanic and Atmospheric Administration, vom Meteorological Service of Canada, vom United States Census Bureau und vom Canadian Institute for Health Information. Die Informationen für Australien stammen von der Australien Flying Disc Association (AFDA), vom Australian Institute of Health and Welfare, vom Benfield Hazard Research Centre in London, von Geoscience Australia sowie der School of Earth Sciences der Macquarie University. Für Großbritannien (inclusive Nordirland und Schottland) wurden die Daten von der Tornado and Storm Research Organisation (TORRO) herangezogen. Bezuglich Österreichs stammen die Daten vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit sowie dem Österreichischen Verband für Elektrotechnik mit dem Austrian Lightning Detection and Information System. Für die Schweiz konnten in den oben genannten Organisationen keine Daten bezüglich Blitzschlagopfer oder Verletzungspflicht durch Blitzschlag gefunden werden. Als weitere wichtige Informationsquelle wurde die deutsch- und englischsprachige medizinische Fachliteratur für das Dissertationsthema herangezogen. Hierbei sind besonders die Bereitstellung von Informationen und die Unterstützung dieser Arbeit durch Frau Professor MD Mary Ann Cooper zu nennen. Weitere Informationen wurden aus Fallberichten, die sowohl von Wissenschaftlern, Privatpersonen und Organisationen stammen, gewonnen. Als vierte Informationsquelle dienten Statistiken, Berichte, Essays und Bücher von Nicht-Medizinern. Hierbei sind vor allem Herr Ronald L. Holle für die USA, Herr Ilan Kelman für Australien, Herr Brian Mills für Kanada, Herr Diplom-Ingenieur Dr. Gerhard Diendorfer für Österreich und die Herren Jürgen Demski, Wolfgang Heuhsen und Lothar Machner für Deutschland.

zu nennen. Schlussendlich wurden die erforderlichen Daten auch aus verschiedenen Seiten des Internets, aus Nicht-Fachzeitschriften sowie Fernseh- und Radiosendungen gewonnen. Hierbei sind besonders die Sendung „Wunderbare Welt“ des ZDF, die Internetseiten www.wissen.de/Natur, [www.planet-schule](http://www.planet-schule.de) des SWR sowie die Internetbibliotheken Wikipedia und Wikisource zu nennen.

2.1.2. Eingrenzung auf Suchbegriffe (z.B. „Blitzschlag“, „zentrales Nervensystem“, „peripheres Nervensystem“, et cetera; ab 1970)

Gemäß des Themas der Dissertation wurde im Rahmen der Literaturrecherche eine Eingrenzung der Suchbegriffe vorgenommen. Das Hauptaugenmerk bezüglich des Schädigungsmusters wurde dabei auf Langzeit-schädigungen des peripheren, des zentralen und des autonomen Nervensystems durch Blitzschlag gelegt. Im Rahmen der Suche bezüglich Schädigungen des zentralen Nervensystems wurde auch nach neuropsychologischen und psychiatrischen Pathologika nach Blitzschlag gesucht. Deshalb wurde bei der Literaturrecherche immer der Begriff „Blitzschlag“ beziehungsweise „lightning strike“ mit dem Begriff „neurologisches Schädigungsmuster“ beziehungsweise „neurological disorder“ oder „injury“ verknüpft. Diesbezüglich kam auch der Zeitdauer der Schädigung eine große Bedeutung zu und es wurde deshalb in Verbindung mit den Begriffen „Blitzschlag“ beziehungsweise „lightning strike“ und „neurologischen Schädigungen“ beziehungsweise „neurological damages“ besonders nach dem Begriff „chronisch“ beziehungsweise „chronically“ gesucht. Bei der Suche nach neurologischen Verletzungen von Blitzschlagopfern wurde einerseits nach Opfern gesucht, die den Blitzschlag überlebt haben. Andererseits wurden auch Statistiken über die Todesfälle nach Blitzschlag, getrennt danach, ob die Opfer sofort durch den Blitzschlag oder erst protrahiert an dessen Folgen verstorben sind, gemacht. Diesbezüglich wurden die Suchbegriffe „Tod durch Blitzschlag“ beziehungsweise „death by lightning“ und „Verletzung durch Blitzschlag“ beziehungsweise „injury“

by lightning“ verwendet. Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Literaturrecherche war der Zeitraum, der innerhalb dieser Arbeit behandelt werden sollte. Aus praktischen Gründen wurde der Zeitraum „zwischen 1970 und 2011“ gewählt. In vielen Ländern, von denen die Statistiken dieser Dissertation stammen, waren verlässliche und vor allem möglichst vollständige Daten nicht durchgehend zu erhalten. Trotzdem wurde versucht, wo es möglich war, auch systematische Informationen von der Zeit vor 1970 zu erhalten und innerhalb dieser Arbeit einfließen zu lassen. Bezogen auf den untersuchten Zeitraum wurde nach den Ländern „Deutschland“ beziehungsweise „Germany“, „Vereinigte Staaten von America“ beziehungsweise „United States of America“, „Kanada“ beziehungsweise „Canada“, „Australien“ beziehungsweise „Australia“, „Großbritannien“ beziehungsweise „Great Britain“, „Österreich“ beziehungsweise „Austria“ und „Schweiz“ beziehungsweise „Switzerland“ in Verbindung mit den Begriffen „Blitzschlag“ beziehungsweise „lightning strike“ gesucht. Zur genaueren Differenzierung der Blitzschlagopfer wurde noch eine Unterteilung in Alter, Geschlecht, Beruf und Aufenthaltsort während des Blitzschlags vorgenommen. Deshalb flossen in die Suche noch die Begriffe „Frau“ (englisch „woman“), „Mann“ (englisch „man“), „Geschlecht“ (englisch „gender“), „Beruf“ (englisch „profession“) und „Aufenthaltsort während des Blitzschlags“ (englisch „whereabouts during the lightning“) mit ein. Bezogen auf die physikalischen Grundlagen eines Blitzschlags wurde noch nach dem Begriff „Elektrophysik“ (englisch „electrophysics“) gesucht.

2.1.3. Einteilung der ausgewerteten Literatur

Die ausgewertete Literatur wurde nach zwei Kriterien in verschiedene Klassen eingeteilt, zum einen nach den EbM-Kriterien (z.B. Fallberichte und klinische Studien) und zum anderen Zielkriterien wie klinische, neuro-psychologische, elektrophysiologische, bildgebende und histopathologische Befunde. Bezüglich der EbM-Kriterien wurde die in medizinischen Wissenschaftskreisen allgemein gültige Klassifikation des Ärztlichen Zen-

trums für Qualität in der Medizin im Rahmen dieser Arbeit verwendet. Diese ermöglicht klare und vergleichbare Aussagen über die Evaluierung und über den Evidenzgrad von Studien und Erfahrungsberichten. Die Klassifikation ist im Folgenden angeführt:

Level 1: Es gibt ausreichende Nachweise für die Wirksamkeit aus systematischen Überblicksarbeiten (Meta-Analysen) über zahlreiche randomisiert-kontrollierte Studien.

Level 2: Es gibt Nachweise für die Wirksamkeit aus zumindest einer randomisierten, kontrollierten Studie.

Level 3: Es gibt Nachweise für die Wirksamkeit aus methodisch gut konzipierten Studien, ohne randomisierte Gruppenzuweisung.

Level 4a: Es gibt Nachweis für die Wirksamkeit aus klinischen Berichten.

Level 4b: Stellt die Meinung respektierter Experten dar, basierend auf klinischen Erfahrungswerten bzw. Berichten von Experten-Komitees.

Diese Einteilung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit dahingehend erweitert, dass als **Level 5** noch Fallberichte von vom Blitz selbst getroffenen Personen und von Wissenschaftlern verschiedener Richtungen mit eingeflossen sind. Bezuglich der klinischen, neuro-psychologischen, elektrophysiologischen, bildgebenden und histopathologischen Zielkriterien wurden die einzelnen wissenschaftlichen Studien, Erfahrungsberichte und Statistiken in verschiedene Gruppen aufgeteilt. Dabei wurde den klinischen Befunden, inklusive der neuro-psychologischen Daten, die größte Relevanz eingeräumt. Innerhalb dieser Gruppe wurde noch zwischen neurologischen Schädigungen des zentralen, des peripheren und des autonomen Nervensystems unterschieden. Als eigener Punkt wurden des Weiteren die neuro-psychologischen Defizite von Überlebenden nach Blitzschlag in dieser Gruppe aufgeführt. Die elektrophysiologischen und bildgebenden Befunde bei menschlichen Blitzschlagschäden wurden in einer Gruppe zusammengefasst. Dabei wurden die bildgebenden Befunde noch in CT beziehungsweise cCT und MRT aufgeteilt. Die sonographischen Er-

gebnisse wurden davon unabhängig behandelt. Gleiches gilt für die elektrophysiologischen Untersuchungsbefunde wie SSEP, MEP, NLG und EMG et cetera. Als dritte eigenständige Gruppe wurden die histopathologischen Befunde nach Blitzschlag zusammengefasst. Dabei wurden die mikroskopischen von den makroskopischen Befunden getrennt. Dieser Gruppe wurde innerhalb dieser Arbeit, im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen, die geringste Relevanz eingeräumt.

2.2. Blitzschlagregister

2.2.1. Aus Deutschland

In Deutschland gibt es bis zum heutigen Tag kein zentrales Blitzschlagregister. Deswegen mussten die Daten von mehreren Informationsstellen gesammelt werden. Die wichtigste Quelle hierbei war das Statistische Bundesamt Deutschland in Berlin mit der Zweigstelle in Bonn. Von diesem stammen Statistiken über Tote durch Blitzschlag ab dem Jahr 1970. Ab dem Jahr 1980 bis zum Jahr 2010 sind auch jährliche Statistiken über Blitztote unterteilt in den einzelnen Bundesländer und in Geschlechter erhältlich. Das Jahr 2012 war bis Ende 2012 noch nicht statistisch aufgearbeitet. Statistiken von 2012 standen nicht zur Verfügung. Das Statistische Bundesamt Deutschland führt bis heute keine Listen über Verletzte nach Blitzschlag. Als weitere wichtige Quelle wurden die Statistikämter der einzelnen Bundesländer Deutschlands kontaktiert. Bis im Dezember 2012 hatten die Landesstatistikämter Nordrhein-Westfalen, Berlin-Brandenburg, Saarland und Sachsen-Anhalt geantwortet und Datenmaterial zur Verfügung gestellt. Dabei sind in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedliche Datenmengen verfügbar. Am ausführlichsten sind sie in Sachsen-Anhalt und in Nordrhein-Westfalen. Hier liegen Informationen von 1980 bis inklusive 2010 vor. Es sind dabei nur Tote durch Blitzschlag aufgeführt. Diese sind aber nach Geschlecht und Lebensalter aufgeteilt. Berlin-Bran-

denburg hat Datenmaterial vom Zeitraum 2000 bis 2006 zugeschickt. Wiederum werden nur Zahlen pro Jahr von Blitztoten genannt. Eine weitere Unterteilung wird bezüglich des Geschlechts gemacht. Aus dem Saarland wurde nur mitgeteilt, dass dort zwischen dem Jahr 2000 und 2006 keine Sterbefälle durch Blitzschlag gemeldet worden sind. Die anderen Landesstatistikämter haben keine Informationen und Datensätze bereitgestellt.

2.2.2. Aus den Vereinigten Staaten von Amerika

In den USA wird schon seit 1959 eine durchgehende Statistik über Todesfälle oder Verletzte durch Blitzschlag geführt, die sowohl die Toten und Verletzten durch Blitzschlag pro Jahr im gesamten Gebiet der USA als auch für deren einzelnen Bundesstaaten aufführt. Verwaltet wird das Register von der National Oceanic and Atmospheric Administration in Oklahoma. Die Daten werden regelmäßig in Storm Data publiziert. Ab 1940 liegen der NOAA lückenlose Daten über Todesopfer pro Jahr durch Blitzschlag vor. Seit 1995 sind diese Daten noch durch die Aufteilung in Geschlecht, Altersgruppen, Monat und Wochentag des Blitzschlags und Aufenthaltsort des Getroffenen ergänzt worden. Für das gesamte Jahr 2011 sind ebenfalls alle Statistiken verfügbar. Innerhalb den USA ist noch das wichtige lokale Blitzschlagregister aus dem Bundesstaat Florida zu erwähnen, da es dort innerhalb der USA im Vergleich der Bundesstaaten zu den meisten Toten und Verletzten nach Blitzschlag kommt. Deshalb wird es im Weiteren als gesonderter Punkt exemplarisch erwähnt und diskutiert. Dieses lokale Register wird vom National Weather Service in Melbourne, Florida, geführt. Das älteste Blitzschlagregister innerhalb den USA befindet sich in Maryland und wird von der Bureau of the Census geführt. Hier liegen kontinuierliche Zahlenwerte über Tote durch Blitzschlag seit dem Jahr 1900 vor. Zuerst waren nur 10 Staaten in dieser Statistik eingeschlossen. Erst ab dem Jahr 1935 wurde die gesamten USA statistisch abgedeckt. Seit dem Jahr 2007 wird auf der Internetseite www.Struckbylightning ein Blitz-

schlagregister für die gesamten USA und die einzelnen Bundesstaaten geführt. Hierin aufgeführt sind die Todes- und Verletztenzahlen durch Blitzschlag. Eine Einteilung nach Merkmalen wie Beruf, Geschlecht et cetera besteht nicht.

2.2.3. aus Kanada

Bezüglich Kanadas wird vom Amt für Statistik (Statistics Canada) ein Blitzschlagregister geführt. In diesem werden nur Todesfälle durch Blitzschlag geführt. Daten über die Zahl von Verletzten durch Blitzschlag werden nicht geführt. Von Statistics Canada wurden nur Zahlen über Tote aus den Jahren 1970 bis 2009 kostenlos zur Verfügung gestellt. Als weitere Quelle wurde das Blitzschlagregister von Storm Data für die an Canada angrenzenden Bundesstaaten der USA einbezogen. Außerdem wurden die Blitzschlagregister des Canadian Institute for Health Information und des Council of Canadian Fire Marshals and Fire Commissioners mit einbezogen. Von ersterem wurden die Daten von 1999 bis 2003 und von letzterem von 1986-2001 verwendet. Als weitere Quelle wurde das Register des Canadian Lightning Detection Network herangezogen. In Canada gibt es bis heute kein zentrales Blitzschlagregister, welches die Zahl der Toten und der Verletzten pro Jahr durch Blitzschlag aufführt.

2.2.4. aus Australien

Auch in Australien gibt es kein zentrales und auch kein lokales Blitzschlagregister. Das Australian Bureau of Statistics führt nur Statistiken über Todesfälle und Todesursachen, wobei der Blitzschlag als eigene Todesursache zwischen 2000 und 2009 aufgeführt wird. Er wird unter dem Punkt Tod durch äußere Natureinflüsse geführt. Eine Statistik über Verletztenzahlen nach Blitzschlag existiert nicht. Deshalb wurden alle Statistiken bezüglich Tod und Verletzung durch Blitzschlag über die aktuelle

Fachliteratur zu diesem Thema bezogen. Für diese Arbeit wurde kostenpflichtig über das Australian Bureau of Statistics eine Statistik erworben, die eigens für diese Dissertation angefertigt wurde. In dieser werden alle Blitzschlagtoten zwischen 1970 und 2009 in 3 Altersgruppen aufgeteilt.

2.2.5. aus Großbritannien

Bezüglich Großbritanniens wird England zusammen mit Wales als ein eigenes Blitzschlagregister, genauso wie jeweils Nordirland und Schottland, aufgeführt. Für England und Wales führt das Office for National Statistics ein Blitzschlagregister. In diesem sind aber nur die Toten durch Blitzschlag, geordnet nach Jahren, Geschlecht und Altersgruppen, aufgeführt. Es liegen Statistiken von 1970, 1980 und 1990 vor. Als weitere Quelle wird das Blitzschlagregister der Tornado and Storm Research Organisation verwendet. In diesem sind seit 1993 die Todesopfer durch Blitzschlag aufgeführt. Das Register ist nach Jahreszahlen, Geschlechtern, Altersgruppen und Aufenthaltsort während des Blitzschlags unterteilt. Es sind bisher die Jahre bis 2009 statistisch ausgewertet worden. Inzwischen liegt auch auch die Zahl der Toten, sie beträgt 0, für 2010 vor. In Nordirland führt das Census Office for Northern Ireland eine Statistik über Todesopfer durch Blitzschlag. Das Blitzschlagregister ist aufgeteilt nach Jahren, Geschlecht und Altersgruppen. Eine Statistik über die Zahl der Verletzten nach Blitzschlag wird nicht geführt. Bezüglich Schottlands wird das Blitzschlagregister vom General Register Office for Scotland geführt. Es wurden für diese Arbeit Statistiken über Todesopfer durch Blitzschlag in Schottland seit 1970 bis heute bereitgestellt. Eine Statistik über die Zahl von Verletzten nach Blitzschlag besteht in diesem Register nicht. Ein weiteres Register wird durch die National Services Scotland geführt. Hierin sind alle bekannten Krankenhausbehandlungen bei Blitzschlagopfern von 1981 bis heute aufgeführt. Diese Statistik ist nach den Merkmalen, Jahr des Blitzschlags, Anzahl wegen Blitzschlag hospitalisierter Patienten und durch Blitzschlag gestorbene Patienten, eingeteilt.

2.2.6. aus Österreich

Die Bundesanstalt Statistik Österreich (Statistik Austria) führt ein zentrales Blitzschlagregister und hat für diese Arbeit Datensätze über Todesopfer durch Blitzschlag von 1970 bis inklusive 2011 zur Verfügung gestellt. Im Rahmen dieses Registers besteht eine Aufteilung nach den einzelnen Jahren, Altersgruppen und Geschlechtern. Ein Register oder Statistiken bezüglich der Verletztenzahlen pro Jahr durch Blitzschlag bestehen nicht. Ein weiteres Register wird vom Bundesministerium Wirtschaft und Arbeit, Abteilung I/14 – Elektrotechnik, in Österreich geführt. Hierin sind alle bekannten Blitzunfälle von 1964 bis inklusive 2001 aufgeführt. Diese werden nach Jahr des Blitzschlags mit Personenbeteiligung, Gesamtanzahl der Blitzschlagopfer pro Jahr, überlebte Blitzschläge pro Jahr, gestorbene Blitzschlagopfer, Berufsart, Unfallstelle, Stromdurchgang durch den Körper oder nicht und Art der Verletzung unterteilt. Eine weitere Statistik führt die Blitzunfälle pro Jahr in Österreich im Vergleich mit den Unfällen ohne Blitzbeteiligung auf. Innerhalb der Blitzschlagopfer wird noch einmal zwischen überlebtem und nicht überlebtem Blitzschlag aufgeteilt. Für 2007 besteht zusätzlich eine Statistik, welche die Kriterien Jahr, Monat, Tag und Stunde des Blitzschlags, Geschlecht, Alter, Berufsart, Bundesland, Unfallstelle, Art des Unfalls sowie Stromdurchgang (oder nicht) durch den Körper beinhaltet.

2.2.7. aus der Schweiz

Für die Schweiz führt das Bundesamt für Statistik ein Blitzschlagregister. Hierin sind alle Todesfälle pro Jahr durch Blitzschlag aufgeführt. Es wurden die Daten von 1969 an bis inklusive 2009 zur Verfügung gestellt. Innerhalb dieses Registers wird noch zwischen den Geschlechtern unterschieden. Eine Statistik über Blitzschlagverletzte oder Personen, die einen Blitzschlag überlebt haben, wird nicht geführt.

2.2.8. Zusammenfassung und kritische Gegenüberstellung der Register

Für die einzelnen, im Rahmen dieser Arbeit, aufgeführten Länder sind für die behandelte Fragestellung in den Registern nur sehr wenige Informationen zu erhalten. Vor allem werden in keinem Blitzschlagregister die einzelnen Verletzungsmuster nach Blitzschlag geführt. Somit gibt es in keinem der in die Untersuchung einbezogenen Länder ein offizielles Register über die Zahl, das Ausmaß und die Dauer der neurologischen, neuropsychologischen und psychiatrischen Schädigungen nach einem Blitzschlag. In den einzelnen Landesblitzregistern sind maximal die Zahl der Toten und der Verletzten pro Jahr durch Blitzschlag aufgeführt. Dabei sind die ausführlichsten, am weitesten zurückreichenden und lückenlosesten Angaben von den USA, aus Österreich, Großbritannien und Deutschland zu erhalten. Sehr genau sind die Aufzeichnungen in Schottland. Dort werden auch Krankenhaustatistiken über Blitzschlagopfer und deren Status nach der Behandlung im Krankenhaus, an Folgen des Blitzschlags gestorben oder überlebt, geführt. Das Statistikamt in Australien hat die wenigsten offiziellen Statistiken über Blitzschlag. Deshalb werden für dieses Land fast ausschließlich Quellen aus der Fachliteratur und Institutionen verwendet, die Statistiken über Blitzschlagopfer führen. Zusätzlich wurde extra für diese Arbeit vom australischen Bundesamt eine Statistik über Todesfälle durch Blitzschlag in den Jahren 1970 bis 2009 angefertigt. Dabei erfolgte auch eine Aufteilung in 3 Altersstufen.

2.3. Statistik (betrifft nur Punkt 2.2.)

Die durchgeführte Statistik bezieht sich nur auf den Punkt 2.2.. Bei der Auswertung der Blitzschlagregister wurden zuerst für jedes einzelne Land die Todesopfer pro Jahr und danach pro Jahrzehnt tabellarisch erfasst. Gleichermaßen wurde mit der Anzahl der Verletzten pro Jahr, wo möglich, durchgeführt. Der Erfassungszeitraum war dabei beginnend vom 01.01.1970 bis zum 31.12.2011. Danach wurde tabellarisch die Anzahl der

Todesopfer und der Verletzten nach Blitzschlag in jedem Land nach Geschlechtern, soweit verfügbar, getrennt aufgeführt. Der nächste Schritt war für jedes Land die tabellarische Aufteilung der Todesopfer und Verletzten nach Blitzschlag in Altersgruppen. Das wurde wiederum als erstes ohne und im zweiten Schritt mit Aufteilung der Geschlechter gemacht. Als nächstes erfolgte die Aufteilung der Blitzschlagopfer in Bereiche oder Orte, in oder an denen sich die Personen während des Blitzschlages aufhielten. In diesem Punkt erfolgte keine weitere Aufteilung in die Geschlechter, da dazu zu wenig gesicherte Informationen bei den einzelnen Blitzschlagregistern und in der Literatur zu finden waren. Danach wurde ein Querschnittsvergleich zwischen den einzelnen Registern Jahr für Jahr bezüglich der Toten und Verletzten durch Blitzschlag durchgeführt, um eine Korrelation zwischen Blitzhäufigkeit sowie Aufenthaltsort während des Blitzschlags herzustellen. Als nächstes wurde versucht, für jedes Land und Jahr im direkten Vergleich die Patienten tabellarisch aufzuführen, die nach dem Blitzschlag neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden davongetragen haben. Dies war aber nur zum Teil möglich, da dazu teilweise keine Statistiken und auch keine Fachliteratur bestehen. Aufgrund der nur sehr spärlich vorliegenden Informationen, auch in der Fachliteratur und in Krankenhausstatistiken, war keine gesicherte weitergehende Unterteilung der durch Blitzschlag neurologisch, neuro-psychologisch und psychiatrisch geschädigten Opfer nach dem Schweregrad der Verletzungen mehr möglich. Anhand der vorliegenden Literatur wurde aber im Ländervergleich eine Aufstellung über die Therapiedauer der durch Blitzschlag verletzten Personen gemacht. Bei der vorliegenden Datenlage war teilweise auch eine Korrelation zwischen dem Grad der Verletzung durch den Blitzschlag und der Behandlungsdauer möglich. Abschließend wurde speziell für Deutschland eine Längsschnittuntersuchung des dortigen Blitzschlagregisters vorgenommen. Dabei wurden sowohl die einzelnen Jahre als auch Jahrzehnte bezüglich der Entwicklung der Zahl der Todesfälle und der Verletzten durch Blitzschlag untersucht und in Korrelation gesetzt.

3. Ergebnisse

3.1. Zentrale neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Langzeitschäden

3.1.1. im Gehirn

Die Arten und Muster der verschiedenen zentralen neurologischen, neuro-psychiatrischen und psychiatrischen Langzeitschäden sind unter Punkt 1.3. aufgeführt. Unter diesem Punkt werden die zentralen Langzeitschäden am Gehirn im zeitlichen Verlauf nach Wichtigkeit und Häufigkeit aufgeführt. Bezuglich der neurologischen Langzeitschäden im Gehirn treten im zeitlichen Verlauf die sofort entstehenden Folgeverletzungen mit lang anhaltenden oder permanenten Schädigungen als erstes auf. Darunter fallen die posthypoxische Enzephalopathie, die oft durch einen Herzstillstand oder ein zentrales Atemversagen hervorgerufen wird und meistens eine schlechte Prognose hat sowie oft mit dem Tod oder ausgeprägten kognitiv-mnestischen Defiziten wie Konzentrationsproblemen, Defiziten im verbalen Gedächtnis, Lernen von Neuem, verminderter emotionaler Belastbarkeit oder Amnesie vergesellschaftet ist, das seltene Ereignis eines zerebralen Infarkts²⁰ (Cherington M. May 1992), Subarachnoidalblutungen mit nachfolgendem kommunizierenden Hydrozephalus, intraventrikuläre und intrazerebrale Blutungen, beim Blitzschlag besonders typisch in den Stammganglien und im Hirnstamm, das Hirnödem, selten auftretende Kleinhirnsyn-drome, Wachkoma, Extremitätenparesen und die Myelopathie, die zwar selten auftritt, aber gewöhnlicherweise dauerhafte Schädigungen hervorruft. Bei den genannten neurologischen Krankheitsbildern durch Blitzschlag ist die post-hypoxische Enzephalopathie als die Folgeerscheinung mit der schletesten Prognose zu sehen. Üblicherweise bleibt ein erhebliches Defektsyndrom zurück, welches den Betroffenen oft lebenslang erwerbsunfähig und hilfsbedürftig macht. Bezuglich der neurologischen Langzeitschäden im Gehirn tritt im zeitlichen Verlauf als zweites die

Gruppe der verzögert auftretenden und progressiven Komplikationen auf. Darunter fallen die Motoneuronerkrankungen, wie die amyotrophe Lateralsklerose, die progressive Muskelatrophie, das Guillain-Barré Syndrom, Bewegungsstörungen (besonders Ataxie), das Parkinsonsyndrom, fokale Dystonien, Tics, die Enzephalopathie, das SIADH, epileptische Krampfanfälle, zu deren Auslösung bei direktem Stromfluss durch das Gehirn bereits geringe Stromstärken (ab 200 mA) ausreichen, Thrombosen der zerebralen Arterien mit nachfolgenden Hirninfarkten, Impotenz, Libidoverlust, zentrale Schmerzsyndrome, Parästhesien, Veränderungen im Reflexniveau und chronische Kopfschmerzen. Von A. D. Reisner wird für die Entstehung eines Parkinson-Syndroms und einer amyotrophen Lateralsklerose nach Blitzschlag als Möglichkeit oxidativer Stress, ausgelöst durch eine glutaminerge Überstimulation, genannt.⁹⁰ (Reisner A.D. September 2006) Aus neuro-psychologisch-psychiatrischer Sicht sind langsam progrediente kognitiv-mnestische Defizite mit Gedächtnisverlust bis hin zur Demenz, Konzentrationsprobleme, Affektschwankungen, Wesensänderung, eine oft auftretende posttraumatische Belastungsstörung, schwere Depressionen mit erhöhter Suizidalität, eine Angststörung, Flashbacks, Psychosen, Schlafstörungen, Defizite in der Informationsverarbeitung und Speicherung, sexuelle Dysfunktionen, chronische Schmerzen, chronischer Schwindel, eine protrahiert einsetzende progrediente Verwirrtheit mit Orientierungsstörungen und eine fortschreitende Gereiztheit zu nennen. Das gemeinsame Merkmal dieser Blitzschlagfolgen ist, dass sie erst Tage, Wochen, Monate oder Jahre nach dem Blitzschlag auftreten. Am häufigsten nach einem Blitzschlag kommen dabei nach Literatur aus neuro-psychologisch-psychiatrischer Sicht eine erhöhte Ermüdbarkeit, Konzentrationsprobleme, Affektschwankungen, eine oft auftretende posttraumatische Belastungsstörung, Depressionen mit erhöhter Suizidalität und Schlafstörungen mit Albträumen vor. Von den genannten Folgeschäden beim Erwachsenen nach einem Blitzschlag sind wohl die posttraumatische Belastungsstörung und die schweren Depressionen mit erhöhter Suizidalität am gravierendsten.

Von Andrew D. Reisner gibt es dabei bezüglich der neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag, die verzögert auftreten, beim Erwachsenen eine gute Fallbeschreibung.⁸⁰ (Reisner A.D. September 2006) Der Autor geht dabei davon aus, dass die verzögert auftretenden kognitiven Defizite, zumindest teilweise, von der posttraumatischen Belastungsstörung nach Blitzschlag vermittelt werden. Bei Kindern und Jugendlichen kommt es, verglichen mit Erwachsenen, zu ganz ähnlichen Symptomen nach einem Blitzschlag. Zusätzlich treten aber gehäuft bei dieser Patientengruppe ein Hydrozephalus, eine Hirnatrophie und schwere Muskelschmerzen mit bisher unbekannter Ätiologie auf.⁸¹ (Nield S.N. 2004) Wobei wohl von diesen genannten Blitzschlagfolgen bei einem Kind oder Jugendlichen die Hirnatrophie mit ihren möglichen Folgeerscheinungen (zum Beispiel Konzentrations- und Aufmerksamkeitsdefizite; Gedächtnisdefizite; verminderter Arbeitsgedächtnis et cetera) am schwersten wiegt. Es gibt in der englischsprachigen Fachliteratur für Kanada die Angabe, dass die Jugendlichen beim Getroffenwerden durch einen Blitzschlag im Durchschnitt 14,2 Jahre alt sind und sich häufig bei Freizeitaktivitäten befinden.⁸⁰ (Nguyen B.H. 2004)

3.1.2. an den Hirnnerven

Neben den Blitzschlagschäden an anderen Bereichen des Gehirns können auch Schädigungen der Hirnnerven auftreten. Diese können sich zum Beispiel in optischen und/oder akustischen Störungen, Paresen der mimischen Muskulatur, Aphonien und/oder Schluckstörungen äußern. Bezuglich der Hirnnerven ist besonders oft der Nervus fazialis nach einem Blitzschlag mit Kopfbeteiligung betroffen. Dabei kommt es oft zu einer partiellen oder vollständigen Parese der Muskulatur einer Gesichtshälfte. Häufiger treten nach einem Blitzschlag bei einem Betroffenen auch ein temporärer oder dauerhafter Gehörverlust, eine Hyperakusis oder eine Geschmacksstörung auf (Nervus fazialis, Nervus vestibulo-cochlearis, Nervus glossopharyngeus).¹⁹ (Cherington M. 1995) Besonders häufig werden die kaudalen

Hirnnerven von einem Blitzschlag, der den Kopf trifft, in Mitleidenschaft gezogen. M. Cherington hat im Jahr 1995 bezüglich der neurologischen Schädigungen durch Blitzschlag eine Literaturrecherche betrieben und festgestellt, dass die Erwachsenen zum Zeitpunkt des Ereignisses ein Durchschnittsalter von 27,2 Jahren haben und dass der Hauptteil der Getroffenen männlichen Geschlechts ist.¹⁹ (Cherington M. 1995) Dadurch erklärt sich auch, dass die meisten Hirnnervenschädigungen nach Blitzschlag bei Männern auftreten. Der Ort, an dem die Erwachsenen am häufigsten getroffen werden, ist, wie bei Kindern und Jugendlichen auch, im Freien. Während Arbeits- und Freizeitaktivitäten im Freien trifft es die erwachsenen Menschen am meisten. Besonders häufig kommt es während der Freizeitaktivitäten Schwimmen, Bootfahren, Fischen, Camping, Gofen, Bergsteigen und Feldsportarten zu Blitzschlagunfällen. Neben den primären Schädigungen der Hirnnerven kommt es auch zu sekundären. Diese sind oft durch den Hirndruck, den die nach dem Blitzschlag auftretenden zerebralen Hämorrhagien, Hirninfarkte und Hirnödeme verursachen, bedingt. Am häufigsten ist die hintere Schädelgrube mit den in ihr verlaufenden kaudalen Hirnnerven betroffen. Neben den oben genannten Hirnnerven wird auch der Nervus opticus direkt vom Blitzschlag in Mitleidenschaft gezogen.

3.1.3. am Rückenmark

Durch Einwirkung eines Blitzschlags wird auch häufig das Rückenmark, aber seltener als das Gehirn und die Hirnnerven, in Mitleidenschaft gezogen. Das geschieht entweder durch eine direkte Verletzung des Rückenmarks oder indirekt durch Frakturen der umliegenden knöchernen Strukturen, die dann wieder Schäden am Rückenmark bewirken. Dabei kommt es entweder zu akuten oder verzögerten Schädigungen. Je nachdem an welcher Stelle das Rückenmark durch den Blitzschlag primär oder sekundär geschädigt wird, treten akut temporäre Paresen an den Extremitäten, vornehmlich der unteren, auf. Gleichfalls treten akut oft auch temporäre Par-

ästhesien auf, die, genauso wie die Extremitätenparesen, innerhalb Stunden nach dem Blitzschlag in Erscheinung treten. Normalerweise kommt es bei akuten Rückenmarksschädigungen, der Keraunoparalyse¹⁴ (Buechter K.J. 2002), durch Blitzschlag im zeitlichen Verlauf zu einer vollständigen Regredienz der Symptomatik. In einem kleinen Teil der Fälle bleiben aber Schädigungen zurück. Deshalb besteht insgesamt eine gute Prognose für Patienten dieser Gruppe. Die zweite Gruppe von Rückenmarksschädigungen tritt verzögert auf. Dabei kann der Zeitraum des Auftretens von Schäden Tage bis Jahre nach dem Ereignis betragen. Hier kommt es zu aufsteigenden Paresen, amyotropher Lateralsklerose und transverser Myelitis. Innerhalb dieser Gruppe ist ein gemeinsames Merkmal, dass motorische Defizite auftreten. Stattdessen treten sensorische Defizite in unterschiedlicher Ausprägung auf und korrelieren nicht mit der Höhe des motorischen Defizits. Obwohl in der einschlägigen Fachliteratur auch über eine Rückbildung der verzögert auftretenden Rückenmarksschädigungen im Einzelfall berichtet wird, ist die Prognose für eine vollständige Rückbildung sehr schlecht.¹⁴ (Buechter K.J. 2002)

3.2. Periphere neurologische Langzeitschäden

3.2.1. an myelinisierten motorischen Fasern

Die beiden Teile des peripheren Nervensystems sind zum einen das somatische und zum anderen das autonome Nervensystem. Das periphere Nervensystem betreffend treten Schäden häufig sekundär auf in Form von Nervenkompressionssyndromen und ischämischen Nervenläsionen. Seltener wird das periphere Nervensystem selbst durch die Energie des Blitzschlags tangiert. Besonders betroffen sind dabei die langen myelinisierten Nervenfasern, welche auch die schnellste Leitungsgeschwindigkeit haben. Die Schädigung des Nervenaktionspotentials hängt vor allem vom Durchmesser des peripheren Nervs und der Myelinisierung ab. Für alle Arten von peripheren Nerven ist nach einer Schädigung durch Blitzschlag, wie

generell bei allen Stromarten, eine schlechte Prognose bezüglich der Rückbildung der Symptome zu stellen. Motorische Störungen, im Sinn einer akuten Neuropathie, können sich in Paresen und Paralysen äußern, sensorische in Par-, Hyp- und Anästhesien sowie Schmerzen. Dabei wird als dominierende Schmerzqualität ein Brennen genannt.

Aus dieser akuten Schädigung durch den Blitzschlag entwickelt sich häufig im weiteren Verlauf eine demyelinisierende chronische senso-motorische Neuropathie. Die wiederum in vielen Fällen zu einer verzögert auftretenden Muskelatrophie führt.⁴⁶ (Francis D.A. 1984) Des Weiteren entwickelt sich häufig komplizierend als Langzeitschädigung ein peripheres chronisches Schmerzsyndrom. Besonders wenn der Blitzschlag im Körper in seinem Verlauf von Hand zu Hand oder von Hand zu Fuß geht, sind die peripheren Nerven der betroffenen Extremitäten extrem anfällig für Verletzungen.⁶⁹ (Mankani M.H. 1994) In der Fachliteratur werden verzögert auftretende Mononeuropathien des Nervus ulnaris, des Nervus medianus, des Nervus axillaris und des Nervus radialis beschrieben, die erst 5 Tage nach dem Blitzschlagereignis manifest wurden.⁹² (Silversides J. 1964) Blom und Ugland berichteten, dass es 6 Jahre nach einem Blitzschlag zu einer Schwäche des Musculus pollicis opponens gekommen ist.^{9/10} (Blachard E.B. 1967/Blom S. 1967) Des Weiteren tritt häufig als Folge eines Blitzschlags verzögert eine Kausalgie auf.⁶ (Baxter C. 1970) Ob ein Patient mit einer blitzschlaginduzierten peripheren Neuropathie einen irreversiblen Schaden erleidet oder sich schnell davon erholt, lässt sich nicht sicher voraussagen. In verschiedenen elektrophysiologischen Studienreihen mit dem Testverfahren nach Mann-Whitney für nicht verbundene Stichproben wurde eine statistisch signifikante Leitungsverzögerung nach Stimulation von 1,5 Millisekunden bis zum Auftreten des ersten Muskelaktionspotential im Vergleich zwischen von einem Blitzschlag getroffenen und nicht getroffenen Nervus medianus gefunden. Nach supramaximaler Stimulation des Nervus medianus fand sich ebenfalls ein Unterschied in Form einer Leitungsverzögerung zu Ungunsten der vom Blitz affektierten Patienten.

Der Unterschied war aber nicht signifikant. Über einen längeren Zeitraum glich sich dann die Leitungsgeschwindigkeit des Nervus medianus immer mehr wieder dem Niveau von der Kontrollgruppe an, ohne es aber vollständig zu erreichen. Entsprechendes gilt für die Amplitude der Nervenaktivationspotentiale.⁶⁹ (Mankani M.H. 1994)

3.2.2. an myelinisierten sensiblen Fasern

Langzeitschäden an myelinisierten sensiblen Nervenfasern durch einen Blitzschlag sind noch viel seltener als bei motorischen. Das unter Punkt 3.2.1. als Einleitung Gesagte gilt auch hier. Wie bei den motorischen peripheren Nervenbahnen ist auch bei den sensiblen peripheren bezüglich der Regeneration nach einem Blitztrauma mit Affektion der peripheren Nervenbahnen eine schlechte Prognose zu stellen. Bis zum heutigen Tag gibt es nur wenig Fachliteratur über die Langzeitschäden an myelinisierten sensiblen Fasern durch die Energie und Wärme eines Blitzschlags. Führend sind bei den Langzeitschäden an peripheren sensiblen Nervenbahnen Parästhesien, Hypästhesien und Anästhesien. Dabei ist das Brennen die führende Schmerzqualität.¹⁰² (Wegener R. 24. Dezember 2007) Der elektrophysiologische Nachweis der Schädigung wird über das Verfahren der SSEP geführt. Eine schon mehrfach in der Fachliteratur dokumentierte neurologische Langzeitschädigung ist ein häufig verzögert auftretender Demyelinisierungsprozess an den langen myelinisierten peripheren Nervenbahnen im Sinn einer demyelinisierenden sensiblen Neuropathie.³⁵ (Davidson G.S. 1988) Eine weitere häufige neurologische Langzeitschädigung ist ein, sich meistens langsam entwickelndes, chronisches Schmerzsyndrom. Dabei kann das klinische Bild erst nach Tagen oder sogar Jahren in Erscheinung treten und progredient agravieren.⁵⁸ (Hsu H.-T. 2004) In der Fachliteratur sind auch akut nach einem Blitzschlag auftretende Polyneuropathien beschrieben.⁵² (Hawkes C.H. 1992) In der Fallbeschreibung von Hawkes und Thorpe war hauptsächlich der Nervus medianus betrof-

fen. Es zeigten sich in der elektrophysiologischen Diagnostik eine verlängerte motorische Leitungszeit sowie ausgefallene sensorische Nervenaktionspotentiale. Elektromyographisch wurde im Langzeitverlauf eine Denervierung der intrinsischen Handmuskeln beidseits und des Musculus tibialis anterior beidseits nachgewiesen. Klinisch bestand in diesem Fall anfangs eine Quadriplegie, welche sich erst über einen Zeitraum von 6 Monaten langsam zurückbildete. Als Restzustand der ursprünglich bestehenden Beschwerdesymptomatik blieb eine geringgradige Schwäche der Hüftflexoren beidseits und eine Abschwächung der Muskeleigenreflexe des rechten Arms übrig.⁵² (Hawkes C.H. 1992)

3.2.3. an nicht-myelinisierten C-/A delta-Fasern

An den nicht- beziehungsweise dünn myelinisierten C-/A delta-Fasern kann es durch die Einwirkung eines Blitzschlags zu Schäden und Latenzverzögerungen bezüglich der Übertragung der Aktionsnervenpotentiale kommen. Folge daraus ist häufig die Entwicklung einer Dysästhesie und/ oder Hyperpathie der Versorgungsgebiete der vom Blitzschlag betroffenen Schmerzfasern. Die Prognose bezüglich der Regredienz dieser Schädigungen im Verlauf ist sehr ungünstig und es muss fast immer mit Langzeitschäden und einem Residuum gerechnet werden.³¹ (Cooper M.H. 1995) Als weitere Komplikationen eines Blitzschlags können sich im Bezug auf die nicht- beziehungsweise dünn myelinisierten C-/A delta-Fasern eine periphere Neuropathie und ein chronisches Schmerzsyndrom entwickeln.²⁶ (Cooper M.A. January 2011) Die elektrophysiologischen Verfahren und Ergebnisse entsprechen denen aus den Kapiteln 3.2.1. und 3.2.2..

3.3. Autonome neurologische Langzeitschäden

3.3.1. am Herz

Durch einen Blitzschlag ist auch oft das autonome Nervensystem betroffen. Dabei besteht anfangs oft eine akute Instabilität des autonomen Nervensystems für mehrere Stunden. Die autonomen neurologischen Langzeitschäden nach einem Blitzschlag sind im Zusammenhang mit einer auftretenden Dysfunktion des autonomen Nervensystems zu sehen. Erstmals wurden diese von Critchley 1934 beschrieben und zusammengefasst.³² (Critchley M. Jan. 13, 1992) Critchley erwähnte als Symptome einer autonomen Störung die Zyanose, die Vasospasmen der peripheren Arterien, die Störung der Pupillomotorik, das Horner-Syndrom und die Alopezie. Dabei treten besonders drei klinisch wichtige, bezüglich der Häufigkeit und des Schädigungsausmaßes, Krankheitsbilder auf. Zum einen sind das das komplexe regionale Schmerzsyndrom, zum anderen die Keraunoparalyse und als drittes kardio-vaskuläre Schädigungen. Besonders die Letztgenannten können lebenslimitierend sein. Nach neuesten Zahlen versterben zirka 8 bis 10% nach einem Blitzschlag.²⁷ (Cooper M.A. Jan. 18, 2011) Dabei spielt die Affektion des Herzes eine große Rolle. Die autonomen neurologischen Langzeitschäden können mit einer Latenz von 6 bis 12 Monaten auftreten.

Bei einem Blitzschlag, besonders wenn er die Person direkt trifft, kommt es im Rahmen des Stromdurchflusses durch den Körper häufig zu einer Affektion des Herzes. Dabei werden durch die Depolarisation des Myokardiums als Folgen oft ein kardialer Arrest, Kammerflimmern, ein arterieller Hypertonus, EKG-Abnormitäten wie ST-Strecken-Hebungen oder ein verlängertes QTc-Intervall, eine globale ventrikuläre Dysfunktion, eine Perikarditis, eine Myokardischämie, eine Erhöhung der MB Kreatinkinase, Tachykardien, Bradykardien und vaso-vagale Synkopen gesehen. Alle genannten Folgen des Blitzschlags können in ein chronisches Stadium, das heißt in eine Langzeitschädigung, übergehen. Besonders anfällig für schwerwiegende kardiale Komplikationen sind Menschen bei denen schon eine kardiale Vorschädigung, wie zum Beispiel Herzrhythmusstörungen, besteht. Eine subklinisch vorbestehende autonome Neuropathie kann durch

den Stromdurchfluss verstärkt und klinisch relevant werden. Diese autonome Neuropathie wiederum verstärkt die Arrhythmie. Patienten mit bekannten rezidivierenden Synkopen in ihrer Anamnese sind dabei besonders gefährdet, durch den Stromdurchfluss durch den Herzmuskel im Rahmen eines Blitzschlags, letale kardiale Komplikationen zu erleiden. Bei den genannten Patientengruppen wird oft eine Hypersensitivität im Bezug auf das Ansprechen auf, im Blut zirkulierendes, Adrenalin gefunden. Heute wird angenommen, dass die kardialen Arrhythmien wahrscheinlich durch einen vermehrten Katecholaminaussto oder eine autonome Stimulation hervorgerufen werden. Die Prognose dieser kardialen Langzeitschäden im Rahmen der Schädigung des autonomen Nervensystems ist zwar besser als die des peripheren Nervensystems, aber es kommt trotzdem im Verlauf häufig zu einem Residuum. Diagnostisch abgeklärt werden die beschriebenen Krankheitsbilder per Elektrokardiogramm, Langzeitelektrokardiogramm, Belastungselektrokardiogramm, transthorakaler sowie transoesophagialer Echokardiographie. In der Fachliteratur haben Nield und Kamat den Fall eines Kindes nach Blitzschlag beschrieben. In der Echokardiographie fand sich eine globale links-ventrikuläre Dysfunktion mit mittelgradiger Mitralklappeninsuffizienz.⁸¹ (Nield S.N. 2004) Entsprechende Befunde wurden auch bei Erwachsenen nach Blitzschlag gefunden.⁴⁰ (Dundon B.K. July 2008)

3.3.2. am Gastrointestinaltrakt

Wenn die autonomen Nervenfasern, welche den Gastrointestinaltrakt versorgen, durch einen Blitzschlag affektiert werden, kommt es häufig zu vermehrter und langfristiger Obstipationsneigung sowie zur Entwicklung von Stressulzera sowie rezidivierenden Blutungen im Magen-Darm-Trakt. Relativ selten treten am Gastrointestinaltrakt nach einem Blitzschlag als schwerwiegende Komplikationen ein paralytischer Ileus, ein gastro-intestinaler Infarkt und eine Stuhlinkontinenz auf. Die genannten schwerwiegenden

den Komplikationen können sich auch über einen längeren Zeitraum von Wochen und Monaten entwickeln und immer wieder auftreten.

3.3.3. bezüglich Kreislaufregulation

Neben den unter Punkten 3.3.1. und 3.3.2. genannten Langzeitschädigungen im autonomen Nervensystem treten unter Einwirkung eines Blitzschlags auch noch weitere Langzeitschäden in anderen Bereichen des autonomen Nervensystems auf. Eine klinisch und zahlenmäßig herausragende Rolle spielt dabei die Keraunoparalyse. Dabei handelt es sich um eine temporäre Lähmung, die mit Sensibilitätsverlust, Blässe, Vasokonstriktion und Hypertonie vergesellschaftet ist. Durch den Blitzschlag wird eine Dysregulation der Vasokonstriktion hervorgerufen und es kommt zu Gefäßspasmen, welche die temporäre Lähmung hervorrufen. Die Lähmungserscheinungen dauern meist nur Stunden an. Sie können aber auch in seltenen Fällen immer wieder auftreten, wenn die Gefäßspasmen über einen längeren Zeitraum immer wieder auftreten. Das ist der Fall, wenn die Dysregulation des autonomen Nervensystems nicht nur temporär ist sondern in ein chronisches Stadium übergeht. Als weitere Langzeitschäden im autonomen Nervensystem nach Blitzschlag kann es Störungen der Kreislaufregulation und zu einer Impotenz kommen. Die Kreislaufregulationsstörung zeigt sich oft in Form eines akut aufgetretenen arteriellen Hypertonus. Seltener kann sich auch ein pulmonaler Hypotonus entwickeln. Dabei können die genannten Schäden über einen langen Zeitraum weiter bestehen oder in einen Dauerzustand übergehen. Die Ursache bezüglich der Entstehung dieser Krankheitsbilder in Zusammenhang mit einem Blitzschlag ist häufig auf Vasospasmen zurückzuführen. Seltener kann die Impotenz auch direkt durch die thermische Wirkung entstehen. Weitere häufige Langzeitschäden im autonomen Nervensystem können ein rezidivierender Schwindel und ein über das sympathische Nervensystem vermitteltes chronisches Schmerzsyndrom sein.

3.4. Querschnittsvergleich der verschiedenen Blitzschlagregister bezüglich Tote und Verletzte

Im Rahmen dieser Arbeit wurde zwischen den verschiedenen Blitzschlagregistern der ausgewählten Länder ein Querschnittsvergleich gemacht. Die Länder, die nach Toten und Verletzten nach Blitzschlag verglichen wurden waren Deutschland, die Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada, Australien, Großbritannien, Österreich und die Schweiz. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den verschiedenen Staaten die Blitzschlagdokumentation unterschiedlich durchgeführt wird. In den einzelnen Ländern wurden die Register in verschiedenen Jahren eingeführt und auch unterschiedlich geführt. Dadurch ist ein wissenschaftlich exakter Vergleich nicht möglich, da teilweise die Register anders aufgebaut sind und teilweise in den verschiedenen Registern an der einen oder anderen Stelle die Vergleichszahlen fehlen. Als Vergleichszeitraum wurden die Jahre zwischen 1970 und 2011 herangezogen. Zur besseren Veranschaulichung erfolgt der Vergleich in tabellarischer Form und mit Diagrammen jeweils in Dekaden, um eine bessere Übersicht zu bekommen. Die Jahre 2010 und 2011 werden in einer eigenen Tabelle zusammengefasst. Für diese beiden Jahre ist die Datenlage in den ausgewerteten Registern auch am besten gesichert. Die einzelnen Länder haben in den Tabellen ihre Länderautokennzeichen als Abkürzung. Bei verschiedenen Quellenangaben werden die Toten und Verletzten durch Blitzschlag teilweise als Mittelwert angegeben. Im tabellarischen Anhang befindet sich eine Aufschlüsselung der einzelnen Register in Jahre pro Dekade. Dort ist auch eine Aufteilung der Toten und Verletzten durch Blitzschlag in Geschlechter, soweit bekannt, zu finden, wieder aufgeteilt in Dekaden und einzelne Jahre (**Punkt 3.5.**). Des Weiteren folgt eine tabellarische Aufschlüsselung der Toten und Verletzten in Altersgruppen, mit und ohne Geschlechterunterteilung (**Punkt 3.6.**). Danach werden die Orte, an denen sich die Opfer während des Blitzschlags aufgehalten haben, nach Häufigkeit aufgeführt (**Punkt 3.7.**). Dem folgt ein tabellarischer

Querschnittsvergleich in einzelnen Jahren zwischen den Registern bezüglich der Toten und Verletzten durch Blitzschlag in Bezug zur Blitzschlaghäufigkeit und zum Aufenthaltsort (**Punkt 3.8.**). Anschließend wird pro Dekade und Jahr in jedem einzelnen untersuchten Land und untereinander ein direkter Vergleich von Patienten mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schädigungen nach Blitzschlag vorgenommen (**Punkt 3.9.**). Danach folgt ein tabellarischer Ländervergleich bezüglich der Therapiedauer der durch Blitzschlag geschädigten Personen mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Defiziten (**Punkt 3.10.**). Abschließend wird eine Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters vorgenommen (**Punkt 3.11.**). Insgesamt gestaltet sich die Datenerhebung durch die Inhomogenität der verschiedenen Blitzschlagregister schwierig, da die Register zu verschiedenen Zeitpunkten begonnen wurden und auch die Schwerpunkte teilweise verschieden sind. Zum Beispiel wurde in Großbritannien erst im Jahr 1993 eine nationale Datenbank bezüglich der Verletzten und Toten durch Blitzschlag aufgebaut, wobei bisher nur die Zahl der Toten statistisch aufgearbeitet ist. Wohingegen das in den Vereinigten Staaten von Amerika schon Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts (seit 1900) der Fall war. Zudem ist nur in eingeschränktem Maß Fachliteratur zu diesem Thema vorhanden. Erst in den letzten Jahren erfolgten mehr wissenschaftliche Arbeiten dazu. Deshalb können zum Teil keine konkreten Zahlenangaben, gerade in den ersten Jahren, bezüglich der Toten und Verletzten durch Blitzschlag gemacht werden. Aus diesem Grund fehlen teilweise in den Tabellen die Zahlenangaben oder es sind Zirkaangaben. Erschwerend kommt hinzu, dass die Blitzschlaghäufigkeit pro Jahr und Land, somit auch die Toten- und Verletztenzahlen, erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Inzwischen scheint es aber in der Fachliteratur relativ gesichert zu sein, dass die Verletztenzahlen die Zahlen der Toten durch Blitzschlag zirka 10 Mal übertrifffen.

Tabelle 1 siehe Anhang.

Diagramm 1
Tote durch Blitzschlag (1970-2011) in unterschiedlichen Ländern

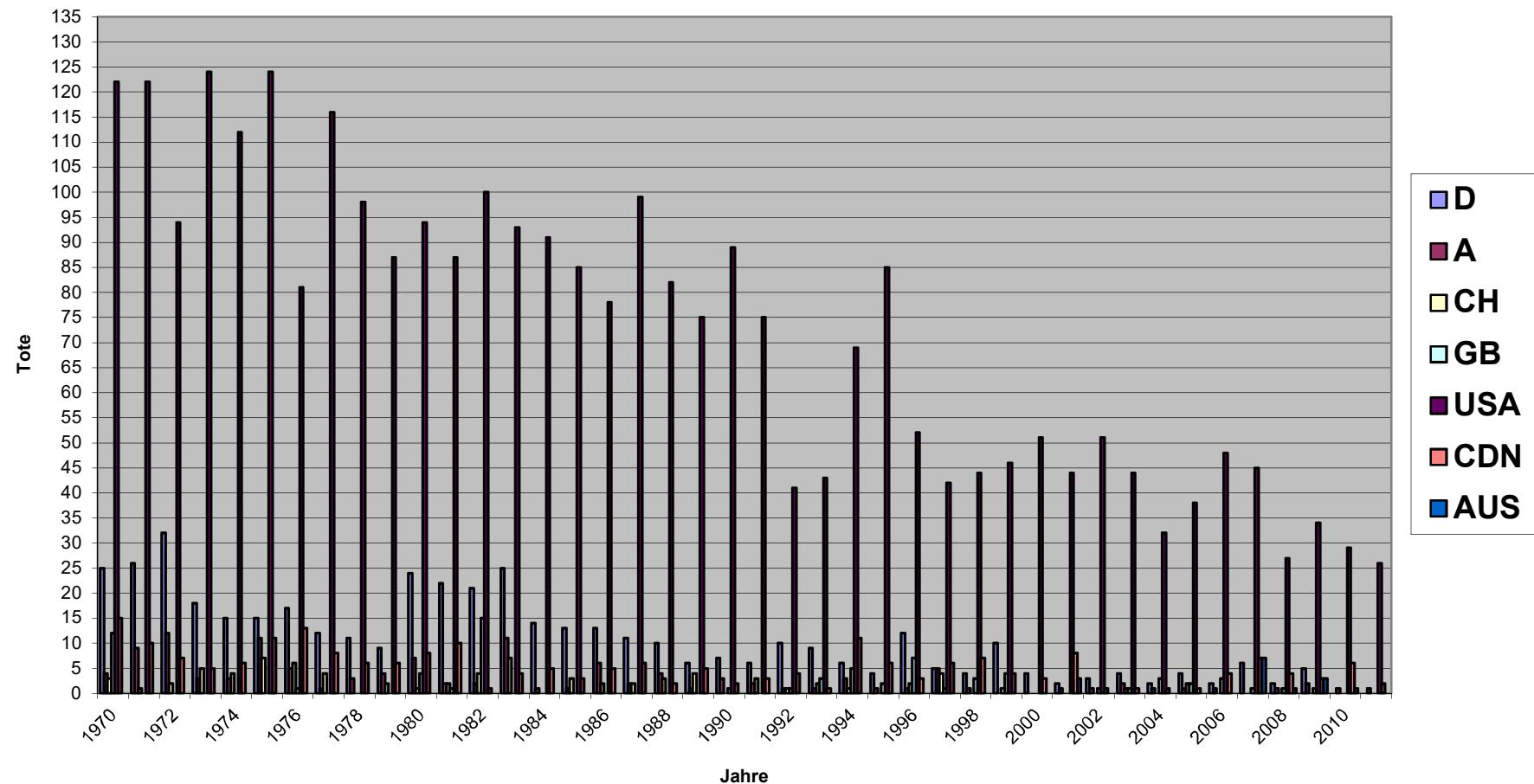
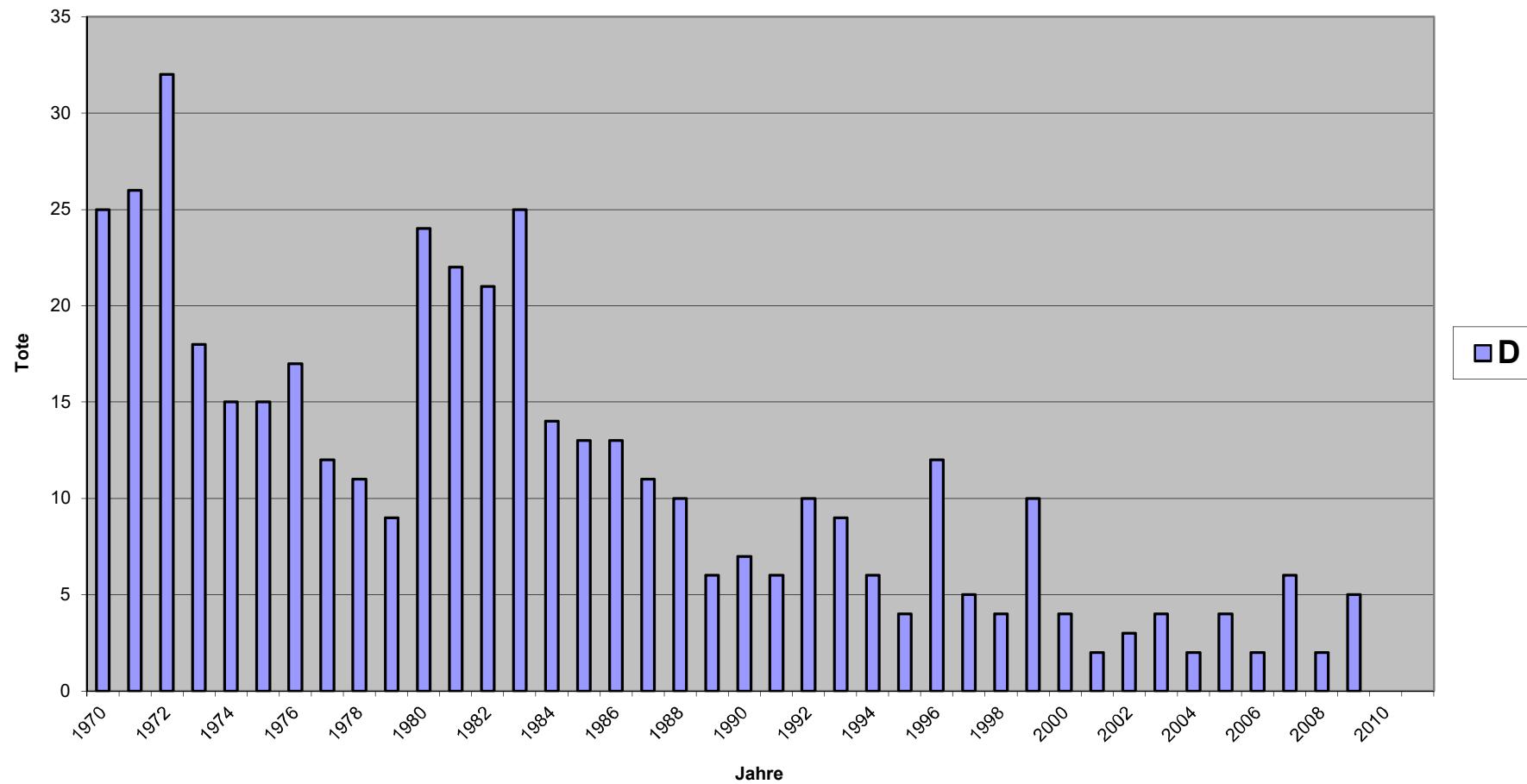
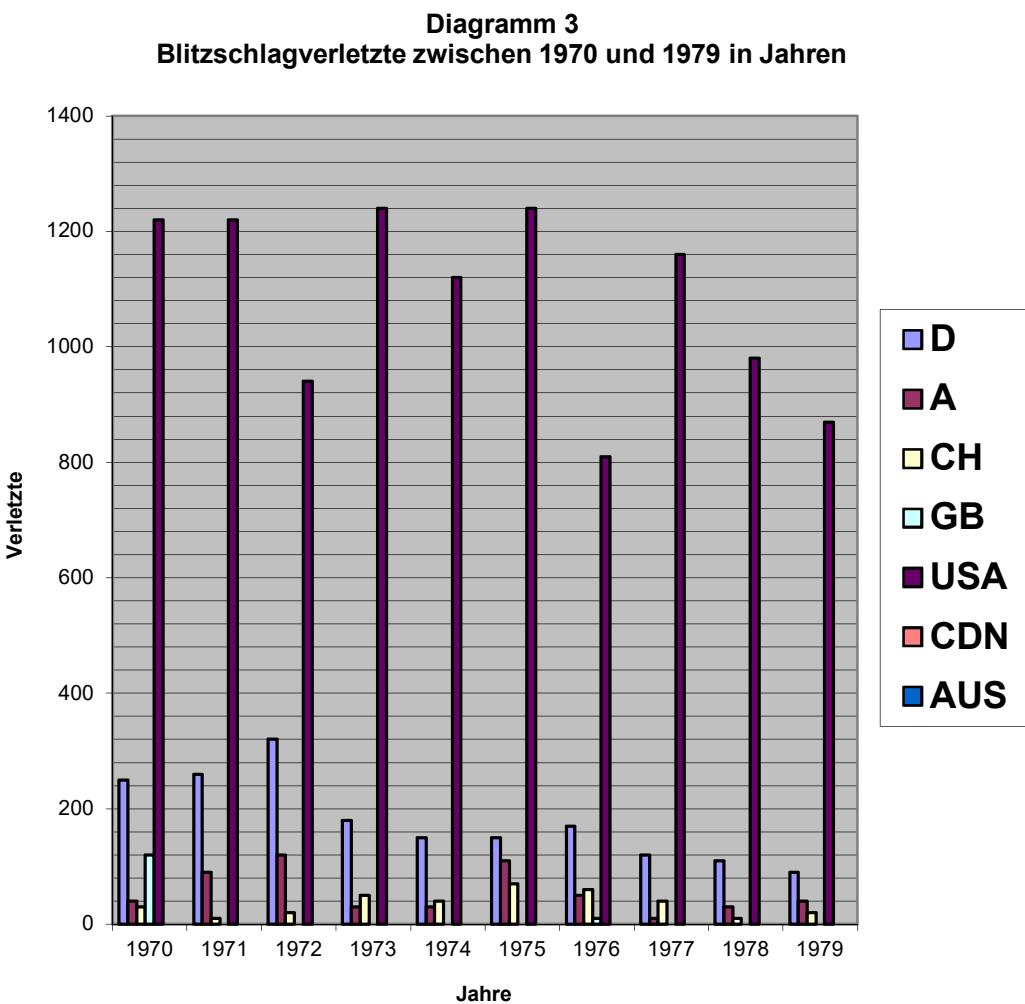


Diagramm 2
Tote durch Blitzschlag (1970-2010) in Deutschland



Bezüglich der Verletztenzahlen nach Blitzschlag schwanken die Angaben des Verhältnisses von Toten und Verletzten laut Brian Mills der einzelnen Autoren erheblich zwischen dem Faktor 1:1 und dem Faktor 1:16.^{41/75/82} (Elsom D.M. 2001/Mills B. 2008/ Pakiam J.E. 1981) Von Cherington et al. wurde ein Verlauf über mehrere Jahre mit dem amerikanischen Bundesstaat Colorado als Untersuchungsobjekt erstellt. Hierbei wurden Sterbeurkunden, Krankenhauseinweisungen und Notfalldatenbanken herangezogen.¹⁸ (Cherington M. 1999) Als Ergebnis daraus kristallisierte sich ein Verhältnis von 1 Toten zu 10 Verletzten nach Blitzschlag heraus. Dieses Verhältnis ist in der heutigen Fachwelt allgemein akzeptiert. Dennoch gibt es dabei eine hohe Dunkelziffer, da sich viele Leichtverletzte nach Blitzschlag nicht in ärztliche Behandlung begeben. Man geht deshalb von einer mindestens zweifach so hohen Verletztenzahl aus. In dieser Arbeit wird aber von dem allgemein akzeptierten Verhältnis von 1:10 ausgegangen und wo keine offiziellen Zahlen vorliegen die Zahl der Toten mit 10 multipliziert. Bei einem Zahlenwert von 0 Toten wird wie bei einem Zahlenwert von 1 Totem die Verletztenzahl mit mindestens 10 angegeben, da die Blitzhäufigkeit in den Jahren nicht signifikant variiert und deswegen davon auszugehen ist, dass es in diesen Jahren auch mehrere Verletzte durch Blitzschlag gegeben hat. Die längste offizielle zusammenhängende Zahlenreihe bezüglich Verletzter durch Blitzschlag besteht in den USA ab 1995 bis heute. In den anderen untersuchten Ländern sind nur Werte für einzelne Jahre erhältlich, da derzeit nur die USA die Verletztenzahlen durch Blitzschlag systematisch aufführen. In einer Erhebung der Verletztenzahlen durch Blitzschlag in den USA zwischen 1959 und 1994 wurde noch ein Verhältnis der Toten zu den Verletzten von zirka 1:3 angegeben. Dabei zählte man für diesen Zeitraum 3239 Tote und 9818 Verletzte. Die Methoden der Erhebung waren damals noch sehr ungenau, deshalb erwiesen sich auch die erhobenen Zahlen nicht als valide.

Tabellen 2-7 siehe Anhang.



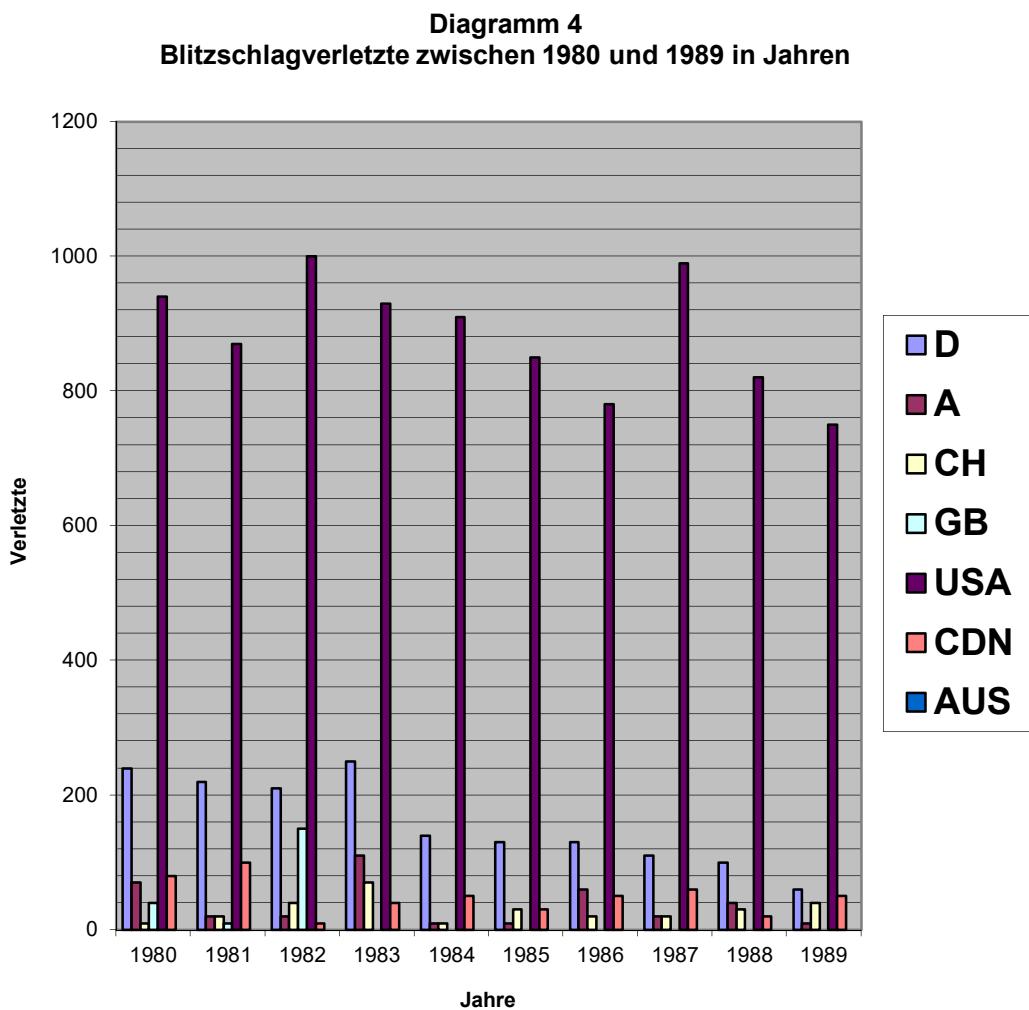
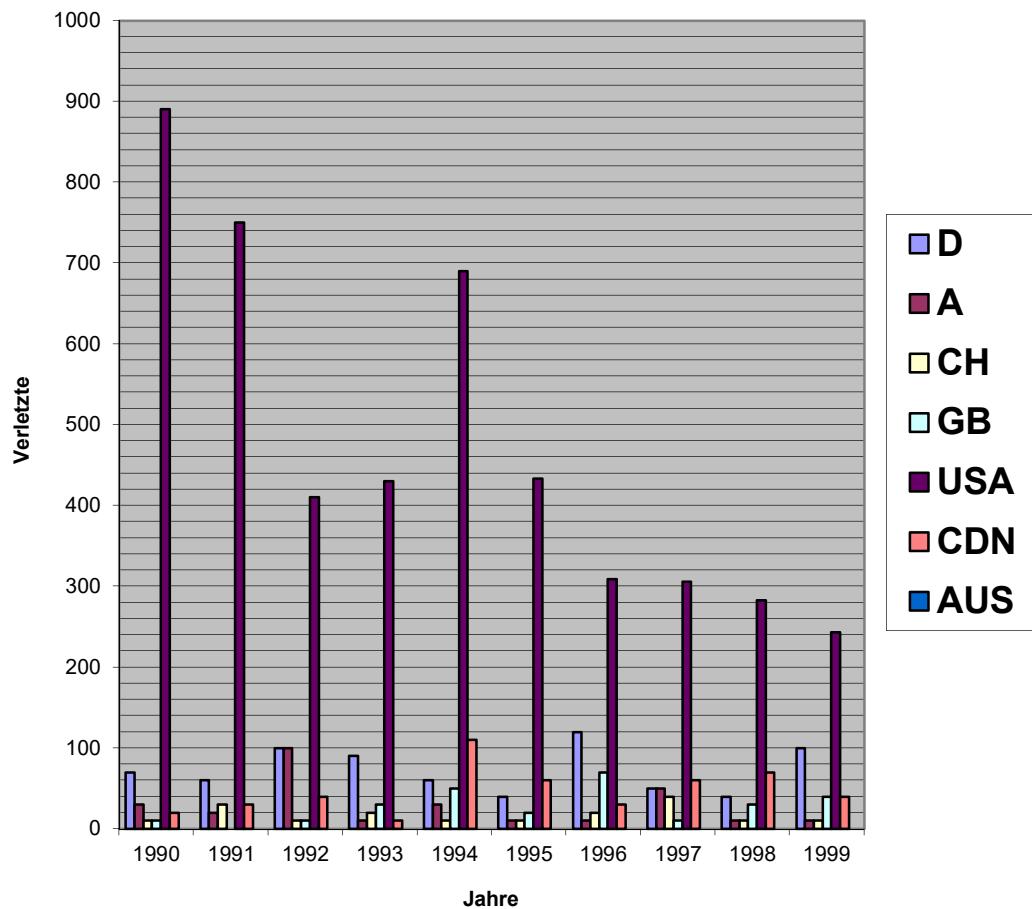
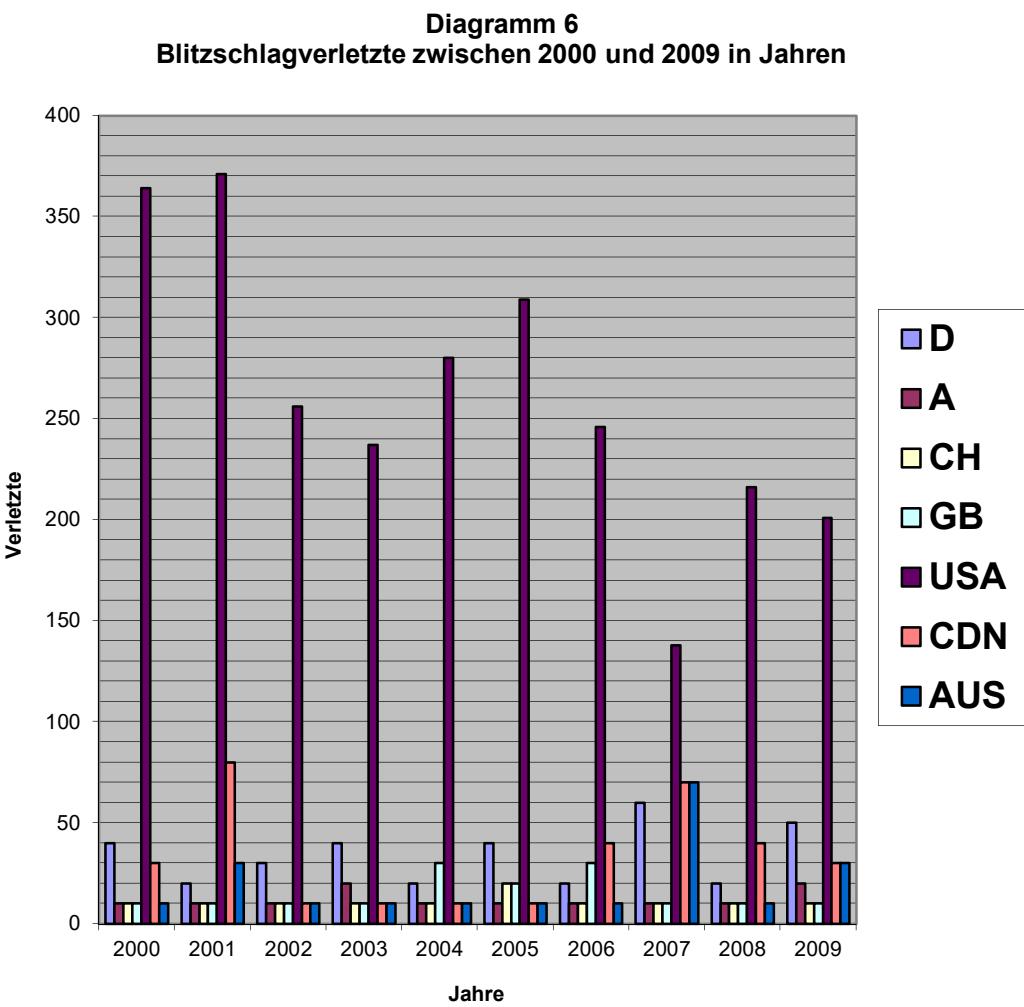


Diagramm 5
Blitzschlagverletzte zwischen 1990 und 1999 in Jahren





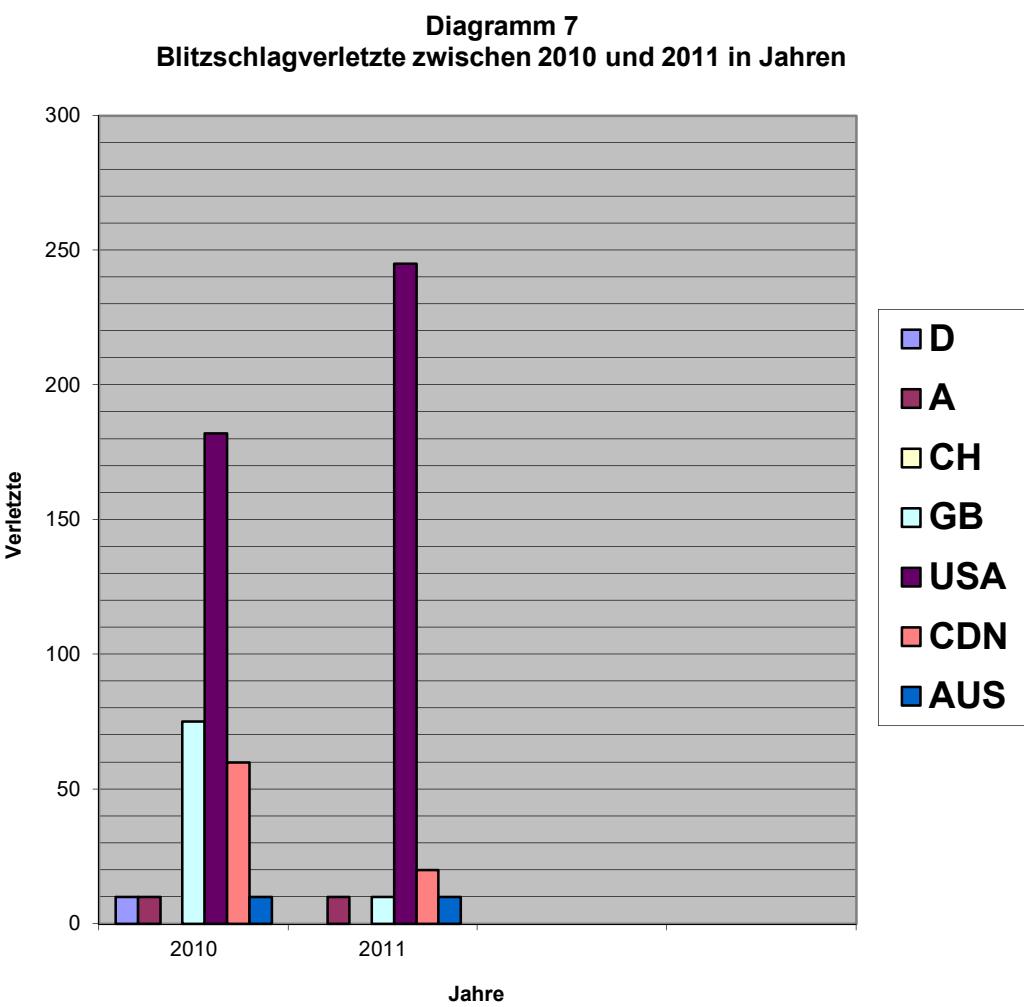
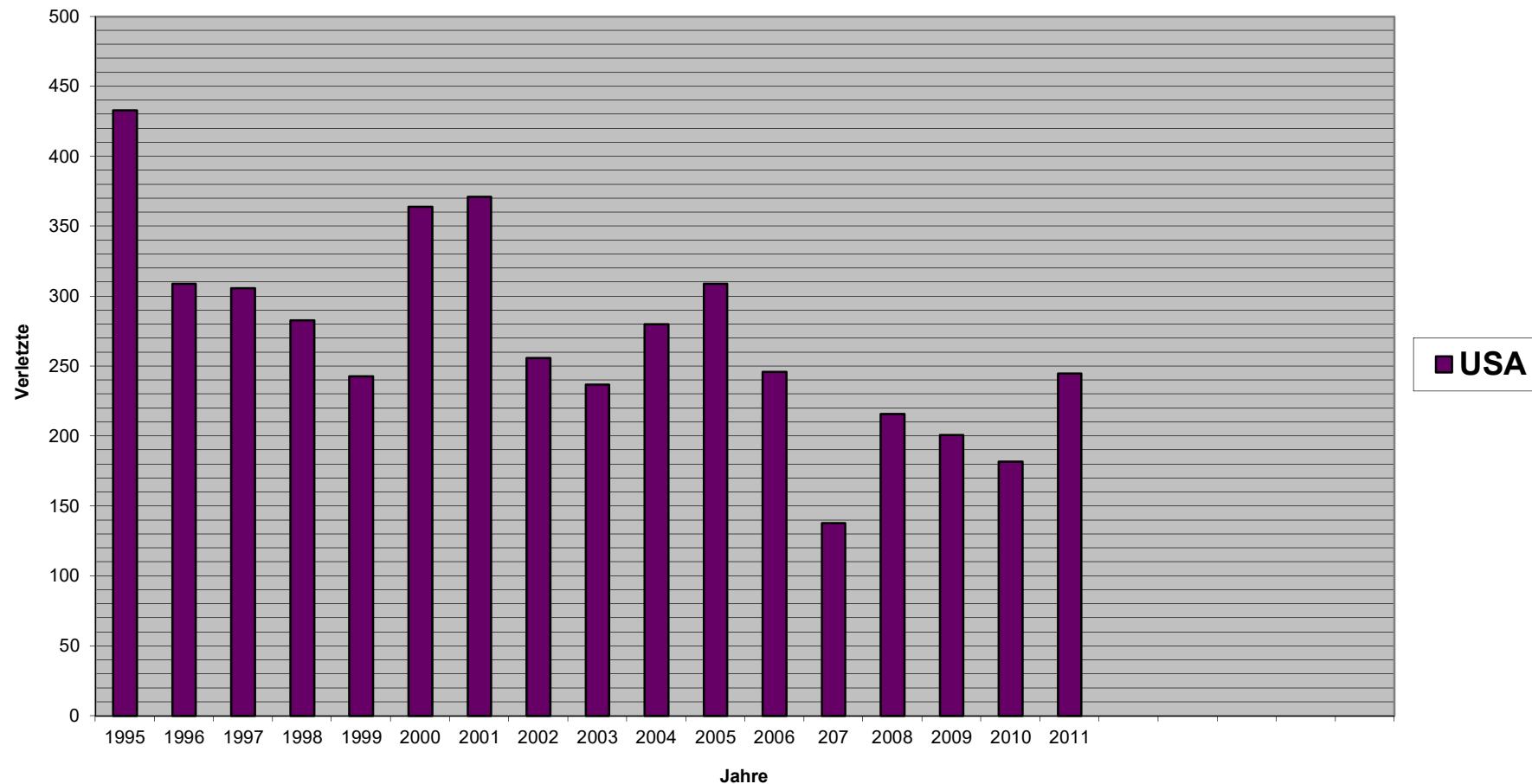


Diagramm 8
Blitzschlagverletzte in den USA zwischen 1970 und 2011



3.5. Vergleich der Blitzschlaghäufigkeiten zwischen Frau und Mann

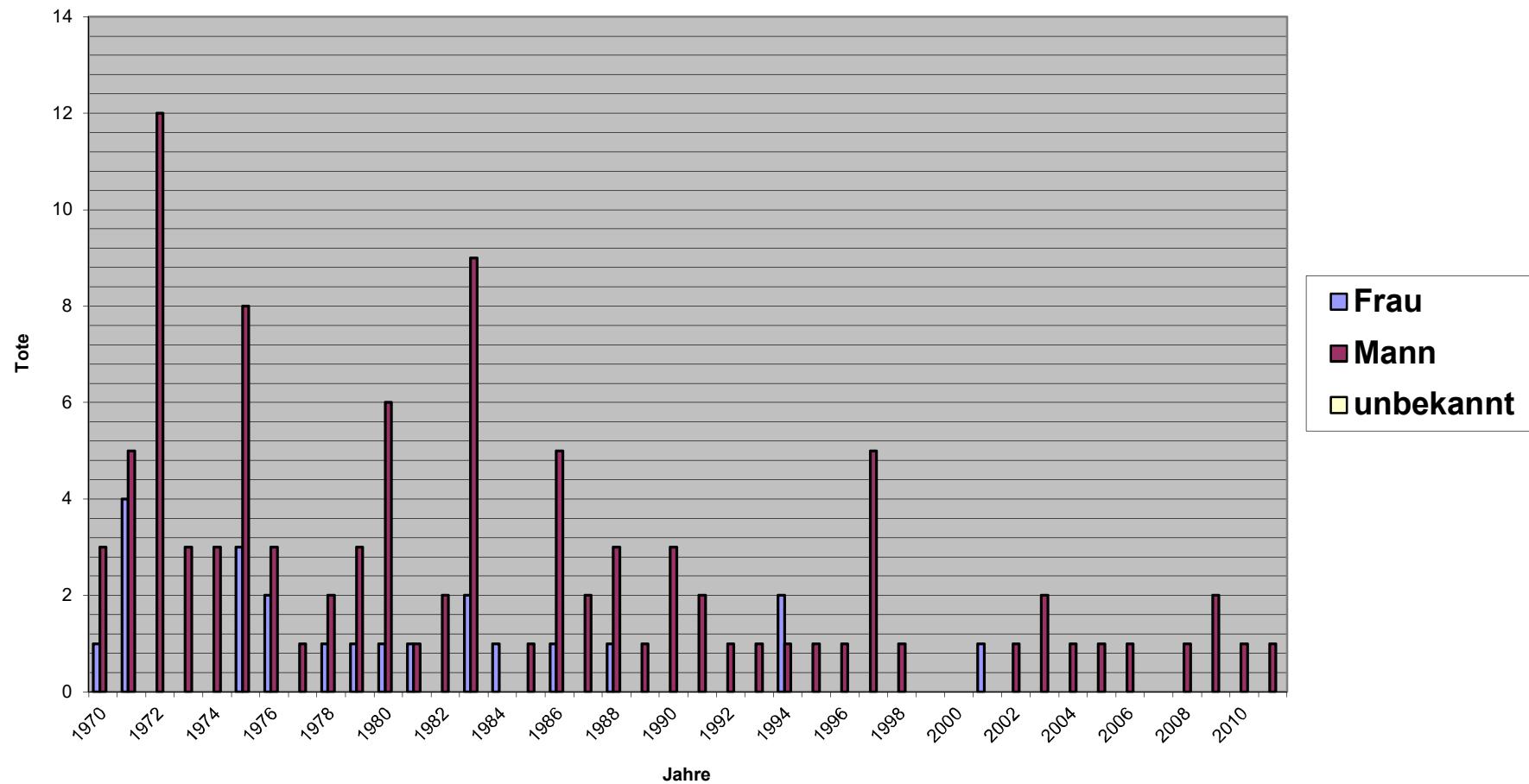
Bei diesem Vergleich sind die Datensätze teilweise unvollständig. Das betrifft vor allem die 70er und 80er Jahre. Besonders gut ist dabei die Datenlage für Österreich, die Schweiz und Kanada, da für diese Länder vollständige Datensätze ab 1970, teilweise auch davor, vorliegen. Für Deutschland ist das ab dem Jahr 1980 der Fall für die USA ab 1995. Australien teilt seit dem Jahr 2000 die Blitzschlagtoten statistisch nach Geschlechtern auf. Am schlechtesten sieht die Statistik für Großbritannien aus, hier wird bis zum heutigen Zeitpunkt keine kontinuierliche Unterscheidung bezüglich der Geschlechter bei Blitzschlagtoten gemacht. Das liegt wohl an den seltenen Todesfällen nach Blitzschlag in Großbritannien. Es liegen aber verlässliche Zahlen für die Jahre 1970, 1980, 1990 und von 1993 bis 2009 durch TORRO vor.

Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Österreich von 1970-2011:

Für Österreich liegen vollständige Datensätze ab 1970 bis einschließlich 2010 vor. Dabei findet durch das Statistikamt auch gleichzeitig eine Einteilung für die aufgeführten Jahre in Altersgruppen und ab 2002 in Regionen statt. Im untersuchten Zeitraum starben insgesamt 22 Frauen und 99 Männer.

Tabelle 8 siehe Anhang.

Diagramm 9
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1970-2011 in Österreich)

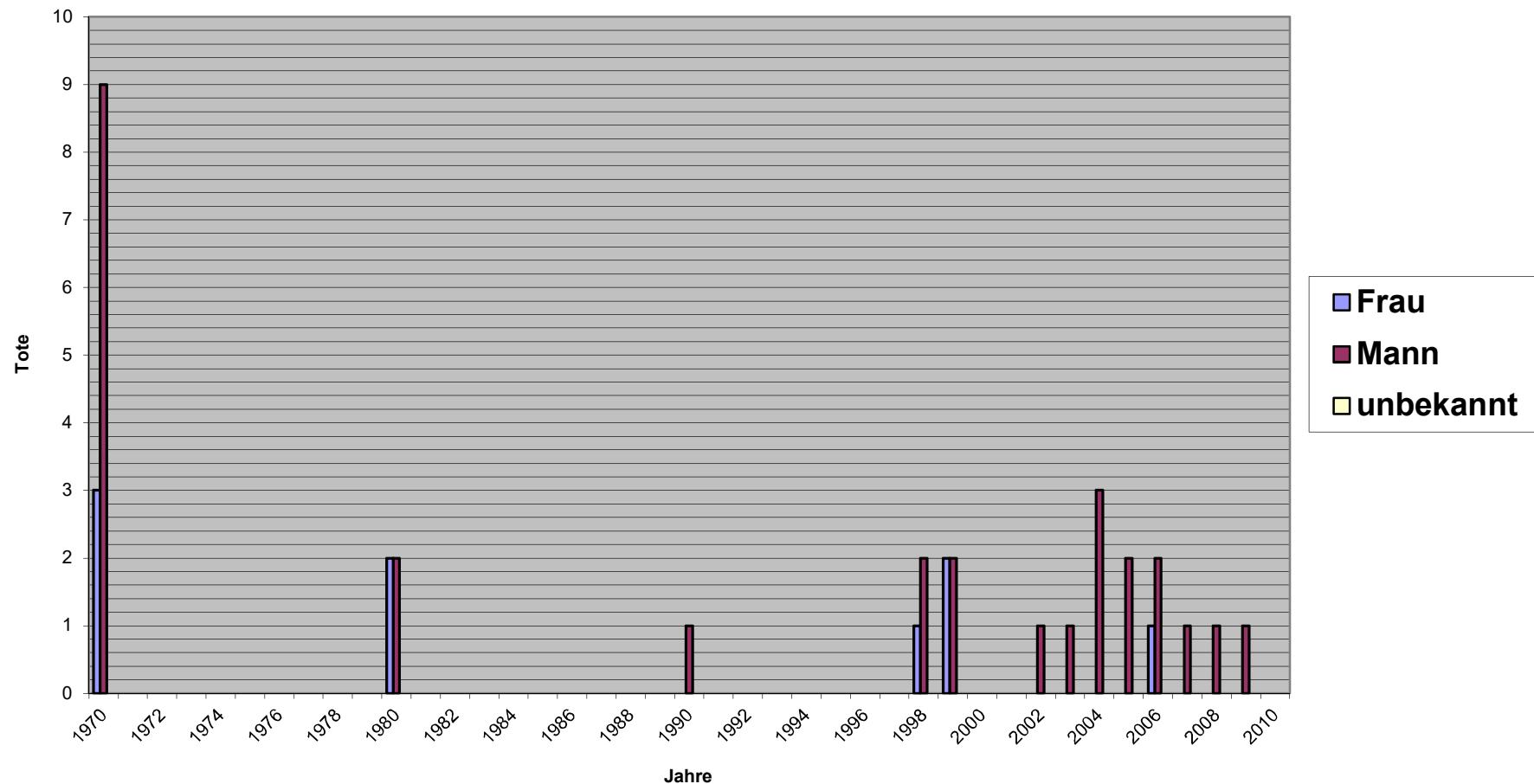


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Großbritannien von 1970-2010:

Für Großbritannien gestaltet sich die Erhebung der Datenlage deutlich schwieriger, da für England zusammen mit Wales und Irland, für Schottland und für Nordirland jeweils ein eigenes Blitzschlagregister mit Geschlechtsunterteilung der Blitzschlagtoten geführt wird. Auch bestehen die Register verschieden lang und beginnen dementsprechend zu verschiedenen Zeitpunkten. Gesicherte Daten liegen für Nordirland und Schottland ab 1970 vor. Für England zusammen mit Irland und Wales gibt es über TORRO erst ab 1993 bis 2010 eine systematische kontinuierliche Auswertung der Zahlen und damit verwertbare Datensätze mit einer verfügbaren Geschlechteraufteilung ab 1998. Davor wurden in England zusammen mit Irland und Wales nur vereinzelte Erhebungen vorgenommen und zwar in den Jahren 1970, 1980 und 1990. Für 1982 liegt ein einzelner Literaturwert von 14 ohne Geschlechteraufteilung vor. Zusätzlich starb in diesem Jahr 1 Mann in Nordirland an einem Blitzschlag. Aus den genannten Gründen wird innerhalb dieser Arbeit nur mit den gesicherten Werten bezüglich der Geschlechteraufteilung gearbeitet. Das heißt, dass nur die Werte von 1970, 1980, 1990 sowie 1998 bis 2010 in die Auswertung per Diagramm eingeflossen sind. In Klammern befinden sich die Toten nach Geschlechtern aus Schottland und Nordirland, ohne dass gleichzeitig aus diesem Jahr Daten aus England zusammen mit Wales und Nordirland vorliegen. Im untersuchten Zeitraum starben an gesicherten und vom Geschlecht bekannten Opfern insgesamt 9 Frauen und 32 Männer.

Tabelle 9 siehe Anhang.

Diagramm 10
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1970-2010) in Großbritannien

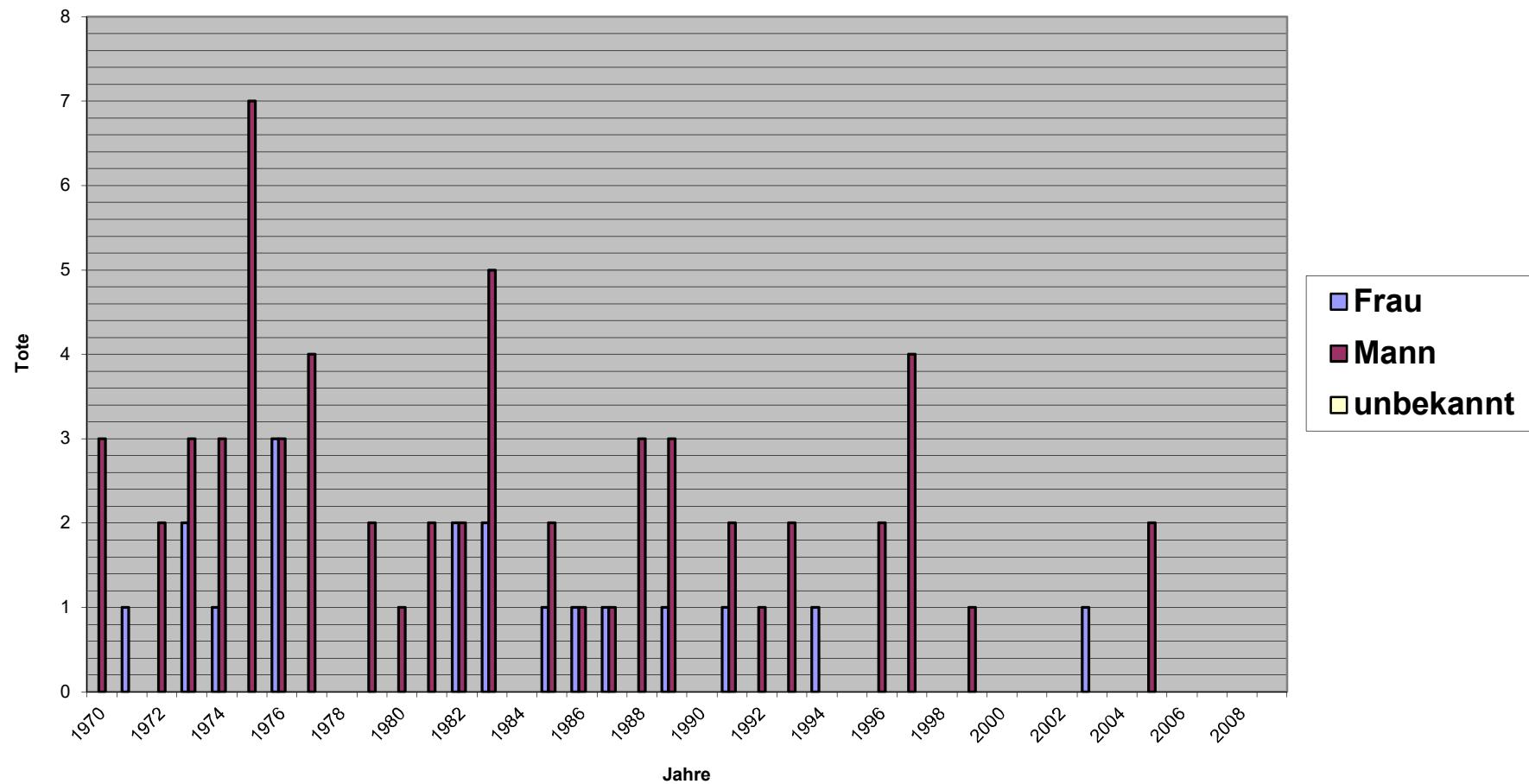


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in der Schweiz von 1970-2009:

Für die Schweiz bestehen vollständige Datensätze für die Jahre 1970 bis 2009 aus dem Statistikamt der Schweiz. Ab 2006 sind keine Todesfälle durch Blitzschlag mehr registriert. Im untersuchten Zeitraum starben 18 Frauen und 61 Männer.

Tabelle 10 siehe Anhang.

Diagramm 11
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1970-2009) in der Schweiz

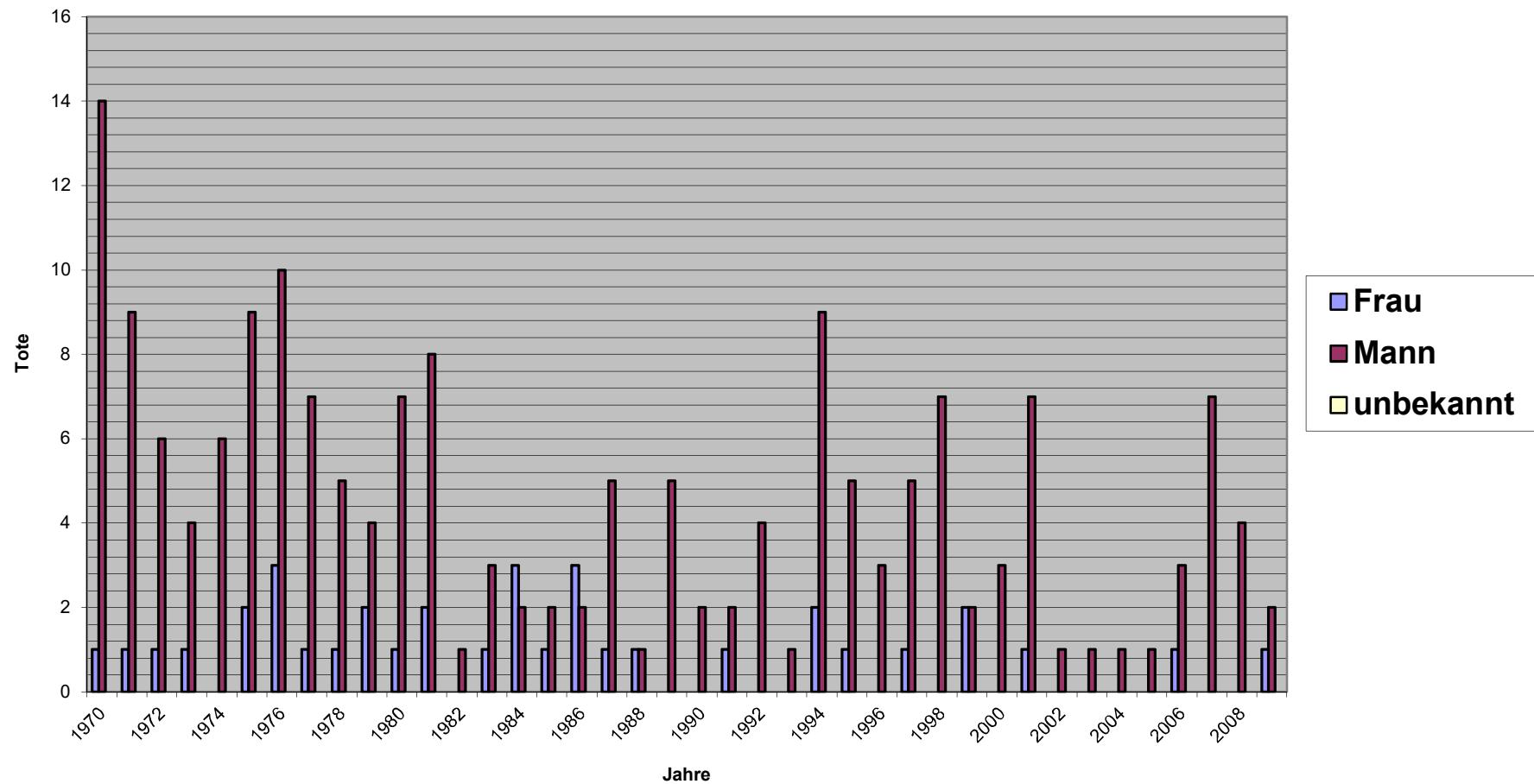


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Kanada von 1970-2009:

Für Kanada liegen verlässliche Zahlen bezüglich der Geschlechteraufteilung von Blitzschlagopfern in einem Zeitraum von 1970 bis 2009 in vollständiger Form vor. Im untersuchten Zeitraum starben insgesamt 36 Frauen und 180 Männer.

Tabelle 11 siehe Anhang.

Diagramm 12
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1970-2009) in Kanada

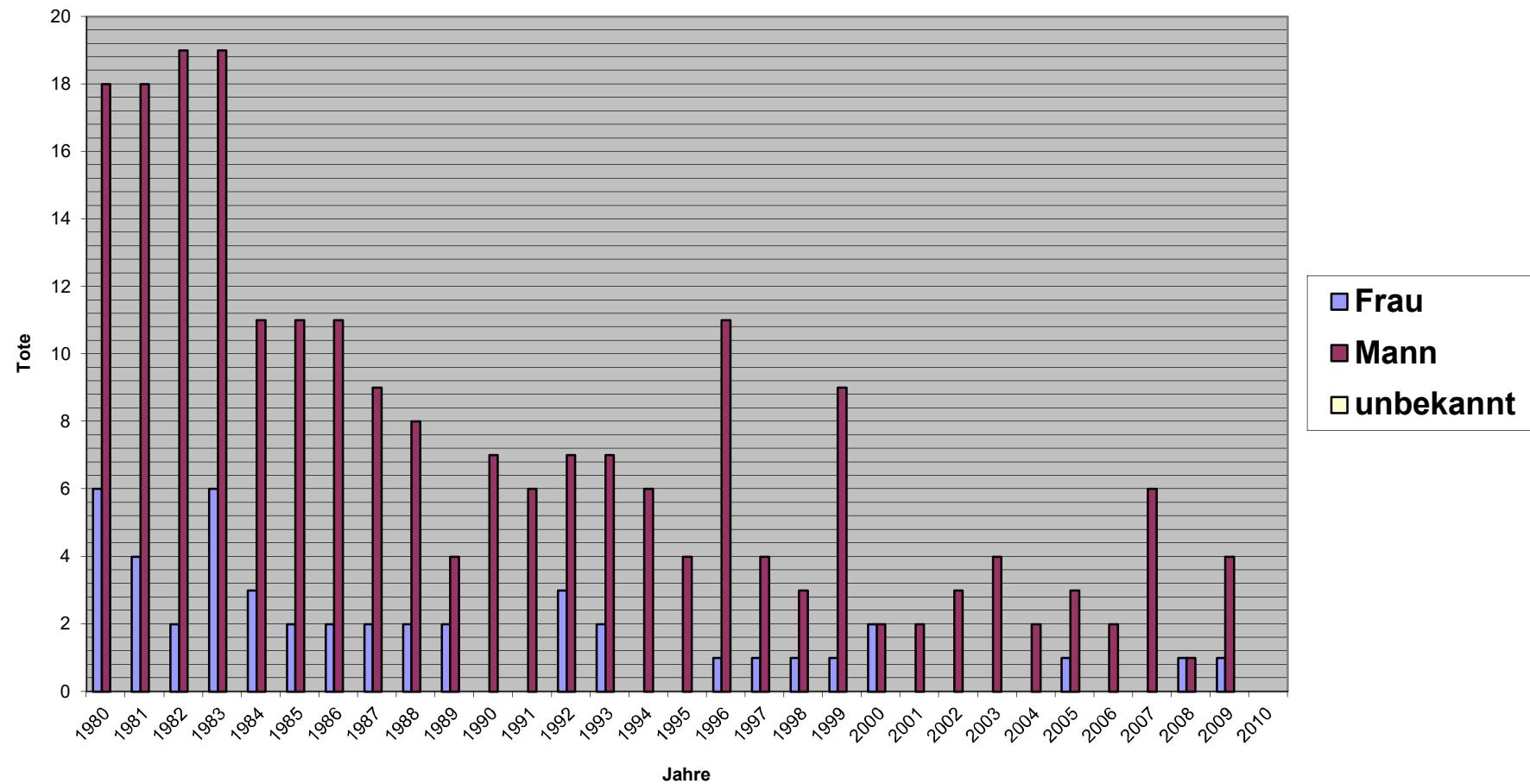


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Deutschland von 1980-2010:

Für Deutschland besteht von 1980 bis 2010 eine durchgehend gute Datenlage. Bezuglich dieser Jahre sind auch die neuen Bundesländer, ehemalige Deutsche Demokratische Republik, eingeschlossen. Die Toten durch Blitzschlag sind seit 1980 auch nach einzelnen Bundesländern aufgeteilt. Im untersuchten Zeitraum starben insgesamt 47 Frauen und 221 Männer durch Blitzschlag.

Tabelle 12 siehe Anhang.

Diagramm 13
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1980-2010) in Deutschland

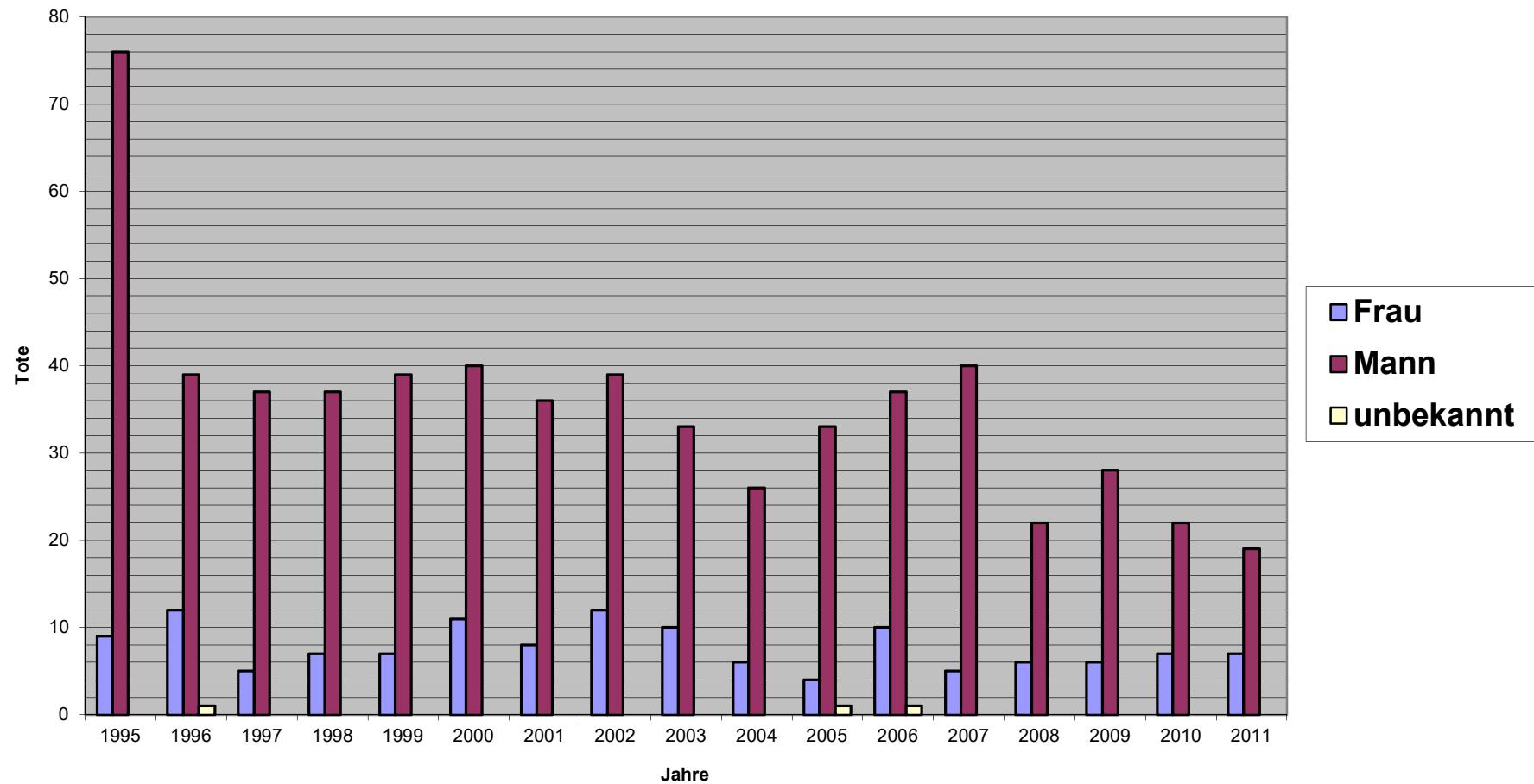


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in den USA von 1995-2011:

Sehr gut ist die Datenlage für die Vereinigten Staaten von Amerika ab 1995. In der Erhebung von 1959 bis 1994 aus Storm Data fanden sich ein Verhältnis zwischen Frau und Mann bezüglich Tod nach Blitzschlag von 1:4,6 (das heißt 84% Männer) und Verletzungen durch Blitzschlag von 1:5,3 (das heißt 82% der Männer).³³ (Cran E.B. 2000) In dieser Arbeit werden nur die gesicherten Zahlen aus der Literatur übernommen. Ab 1995 liegen für die USA, aufgrund einer systematischen Evaluierung, gesicherte Datensätze für die Geschlechteraufteilung bezüglich der Blitzschlagtoten vor. Im untersuchten Zeitraum starben insgesamt 132 Frauen und 603 Männer durch Blitzschlag. In den Jahren 1996, 2005 und 2006 verstarb zusätzlich pro Jahr eine Person mit unbekanntem Geschlecht durch Blitzschlag.

Tabelle 13 siehe Anhang.

Diagramm 14
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (1995-2011) in den USA

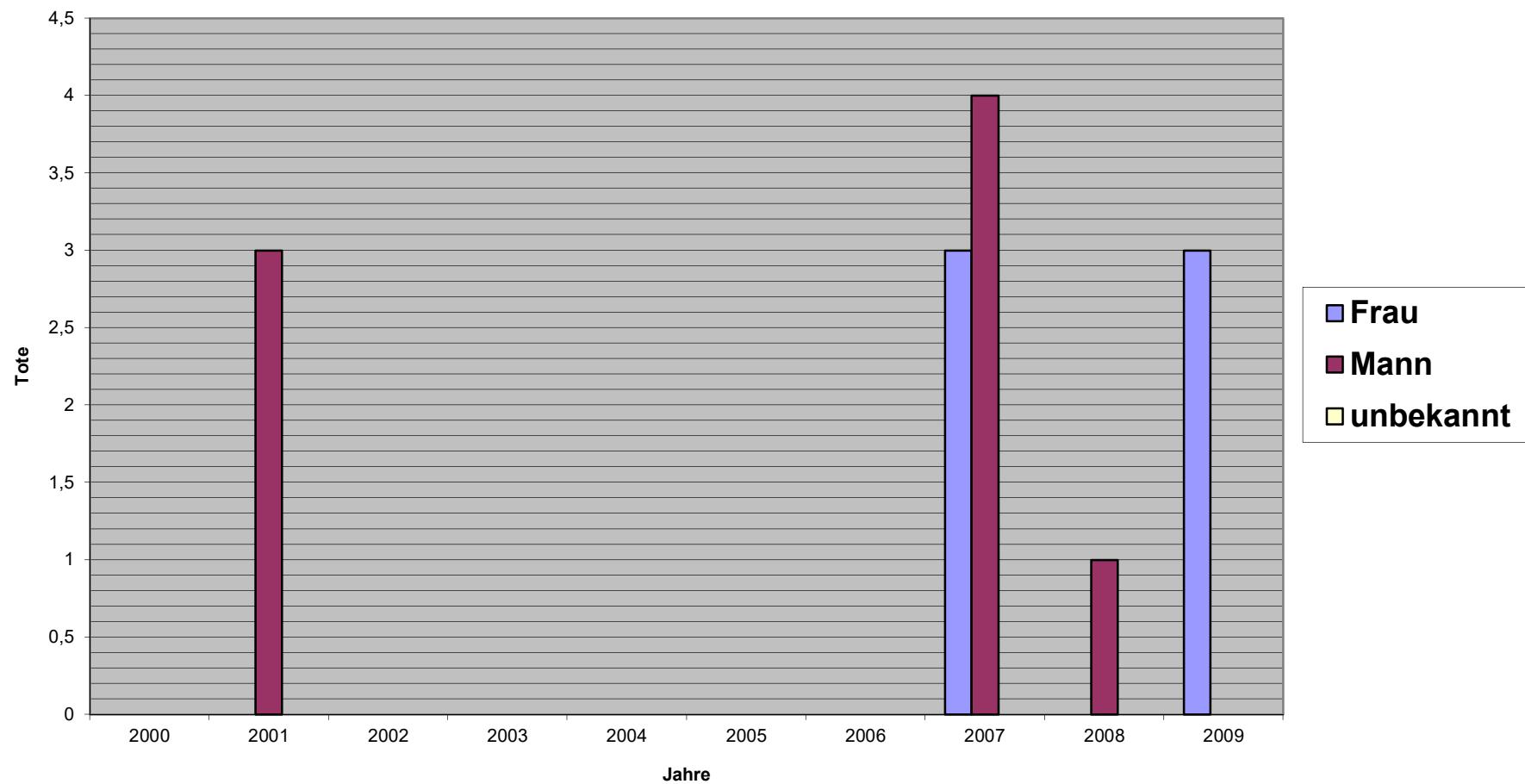


Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Australien von 2000-2009:

Für Australien besteht bezüglich der Geschlechterverteilung bei Blitzschlagtoten im Vergleich mit den anderen untersuchten Staaten die kürzeste gesicherte Zahlenreihe durch das Statistikamt dieses Staates. Es liegen Daten von den Jahren 2000 bis 2009 vor. Für die Jahre 2010 bis 2011 bestehen nur unsichere Zahlenangaben über Zeitungsberichte und Organisationen, die sich mit Blitzschlag und seinen Folgen befassen. Diese beiden Jahre wurden deshalb nicht in die Auswertung mit einbezogen. Im untersuchten Zeitraum starben somit insgesamt 6 Frauen und 8 Männer.

Tabelle 14 siehe Anhang.

Diagramm 15
Tote nach Blitzschlag, unterschieden nach Geschlecht (2000-2009) in Australien



3.6. Aufteilung nach Altersstufen

Im folgenden Abschnitt wird für die untersuchten Länder, soweit diesbezüglich Daten vorhanden sind, eine Unterteilung der Blitzschlagopfer in Altersgruppen vorgenommen. Dabei erfolgt auch, soweit möglich, eine Unterteilung in Geschlechter.

Altersstufenaufteilung für Österreich von 1970 bis 2011:

Für Österreich besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1970 bis 2011. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Insgesamt umfasst die Aufteilung 20 Altersstufen. Alle Altersstufen beziehen sich auf einen 5-Jahreszeitraum. Außer dem letzten Zeitraum, der alle Blitzschlagtoten ab dem 95. Lebensjahr wiedergibt. Bei den Frauen gibt es die meisten Todesopfer durch Blitzschlag in den Altersgruppen 10-14 Jahren mit 4 Toten, gefolgt von 3 Toten zwischen 20 bis 24 Jahren und 55 bis 59 Jahren sowie 2 Toten zwischen 25 bis 29, 30 bis 34, 35 bis 39 und 40 bis 44 Jahren. Bezuglich der Männer zeigen sich die Peaks in den Altersgruppen 15-19 und 40-44 Jahre mit jeweils 12 Toten, gefolgt von 11 Toten zwischen 50 bis 54 Jahren sowie jeweils 8 Toten zwischen 10 bis 14 und 60 bis 64 Jahren. Die meisten gemeinsamen Toten in beiden Geschlechtergruppen gibt es zwischen 40 und 44 Jahren mit 14 und zwischen 10 und 14 Jahren mit 12 Toten.

Tabelle 15 siehe Anhang.

Diagramm 16
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Österreich (1970-1989)

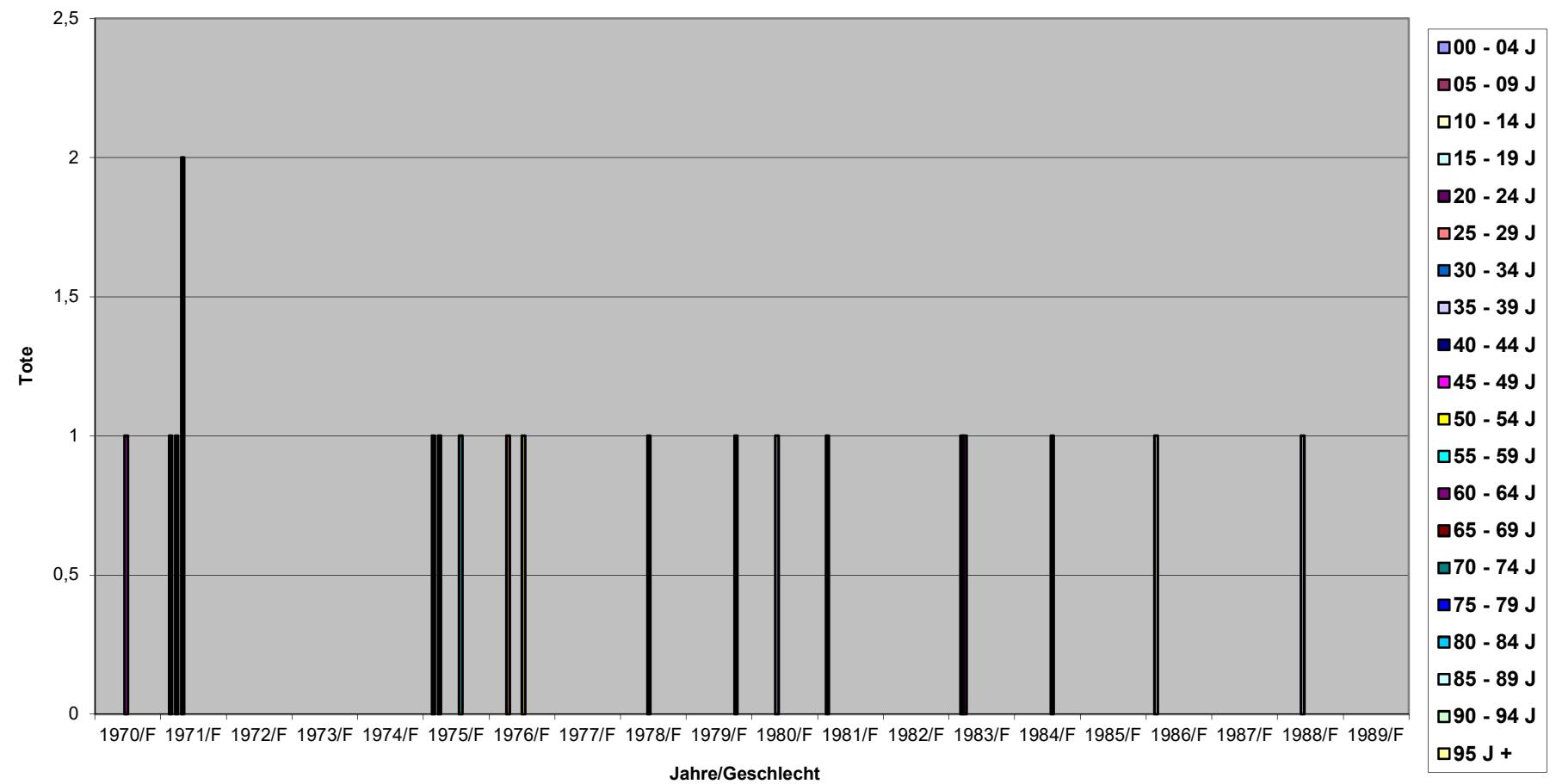


Diagramm 17
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Österreich (1990-2011)

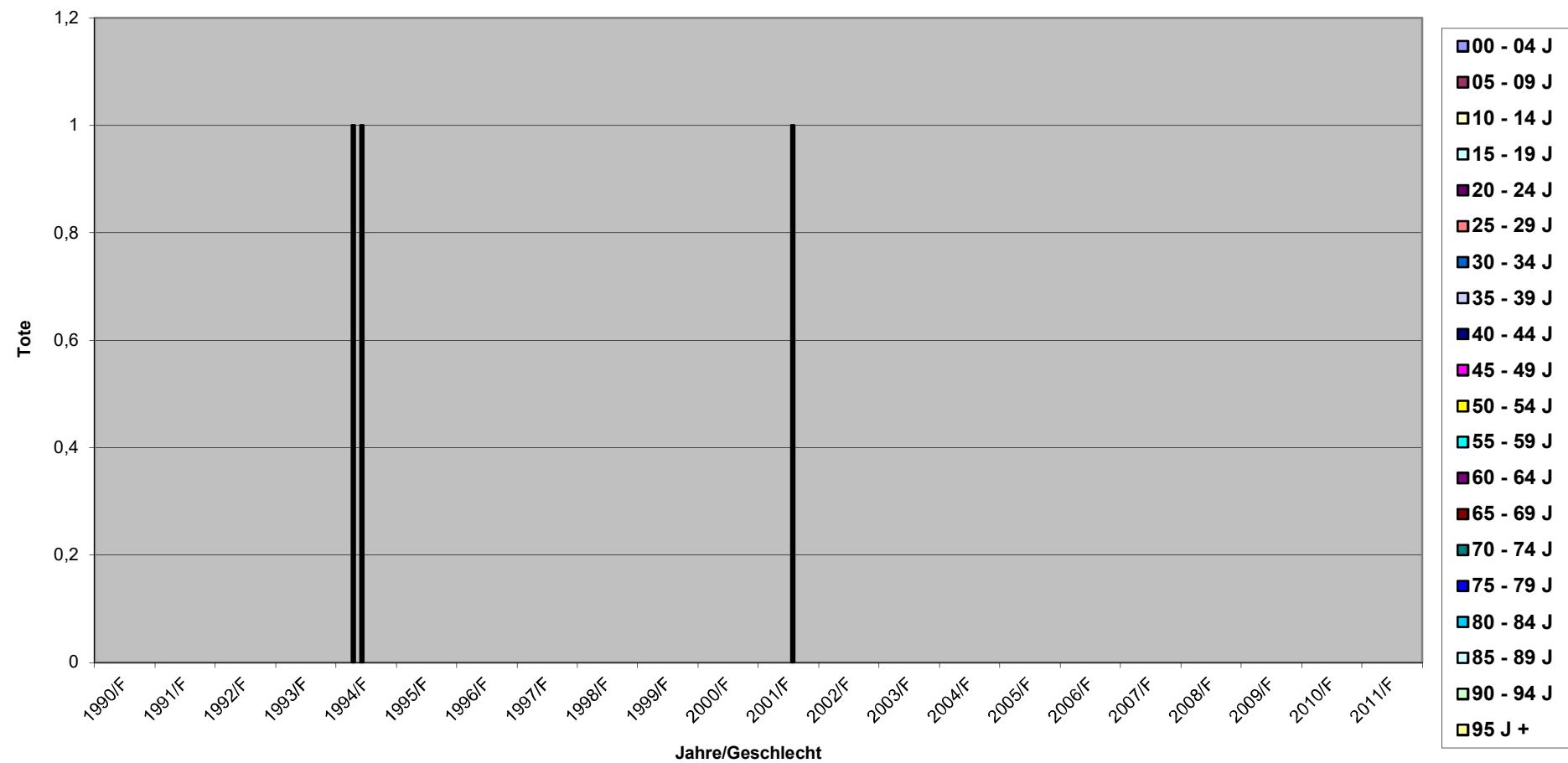


Diagramm 18
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Österreich (1970-1989)

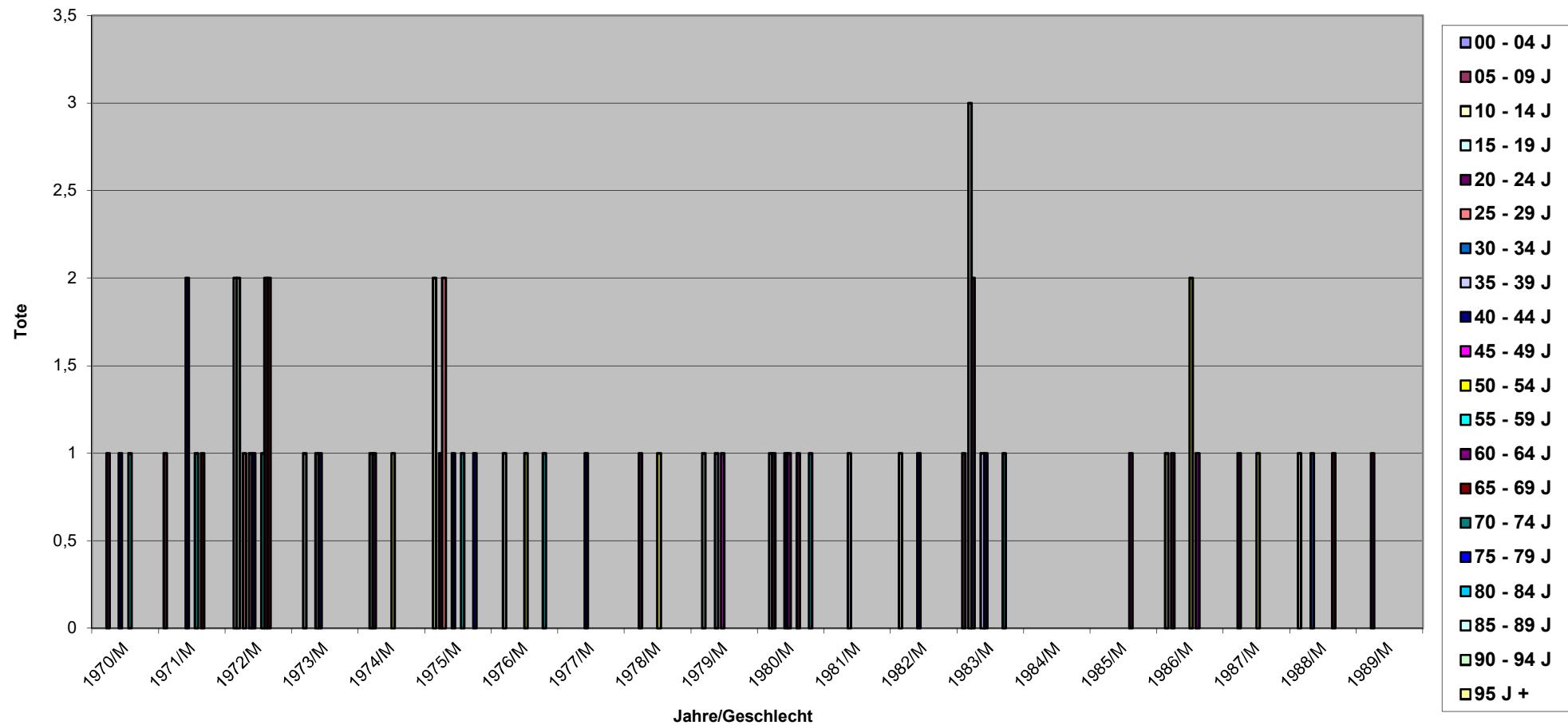
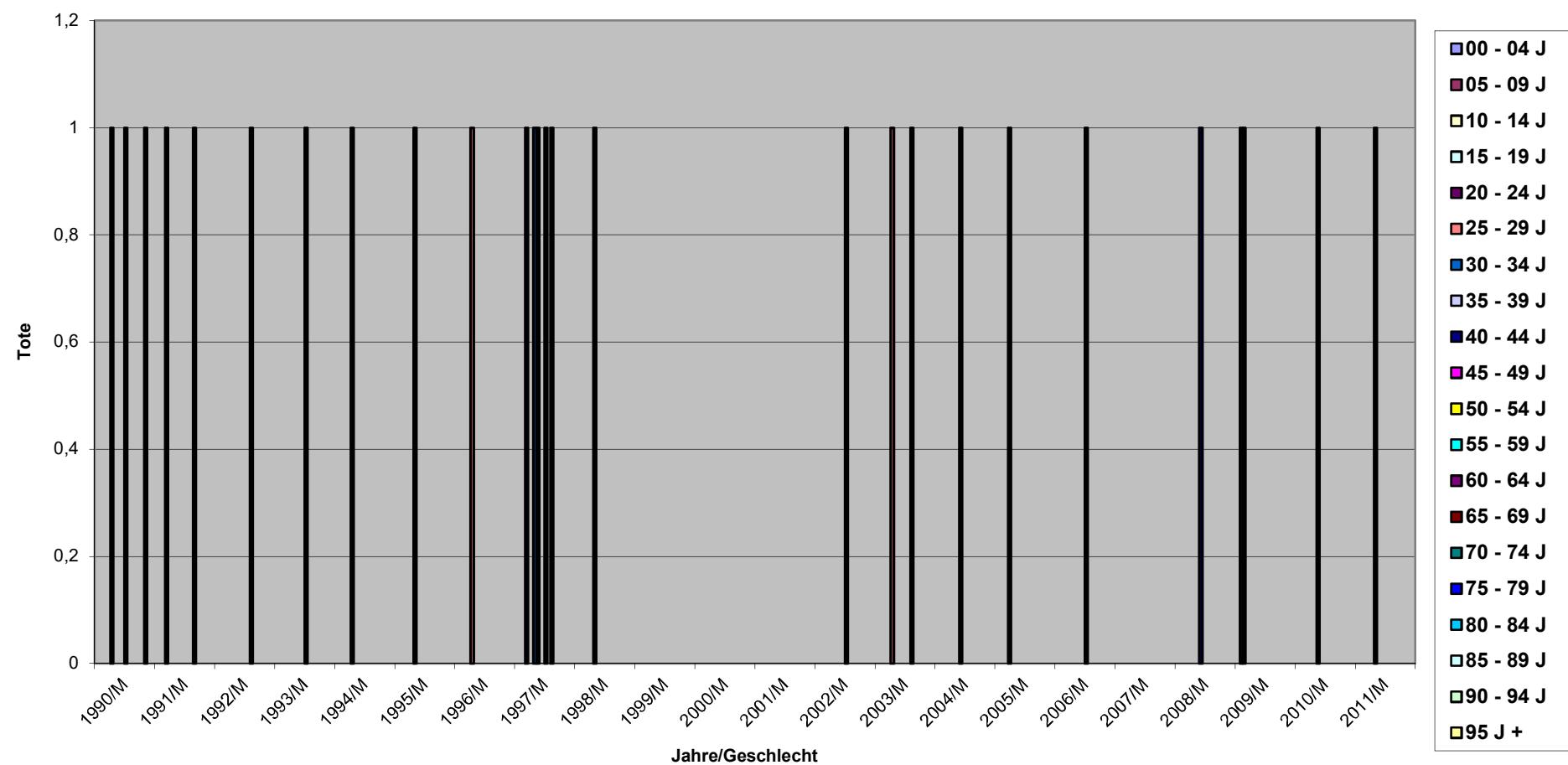


Diagramm 19
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Österreich (1990-2011)



Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1970 bis 2009:

Für die Schweiz besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1970 bis 2009. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Die einzelnen Altersstufen bestehen, außer der ersten, die nur ein Jahr umfasst, der zweiten, die nur einen Zeitraum von 4 Jahren beinhaltet, und der letzten, die alle Lebensjahre über 85 erfasst, immer aus 5 Jahren. Die meisten Toten bei beiden Geschlechtern gibt in den Altersstufen von 15 bis 19, von 20 bis 24 und von 50 bis 54 Jahren. Bei den Männern zeigt sich zusätzlich noch ein Peak in der Altersstufe von 35 bis 39 Jahren.

Tabelle 16 siehe Anhang.

Diagramm 20
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in der Schweiz (1970-1989)

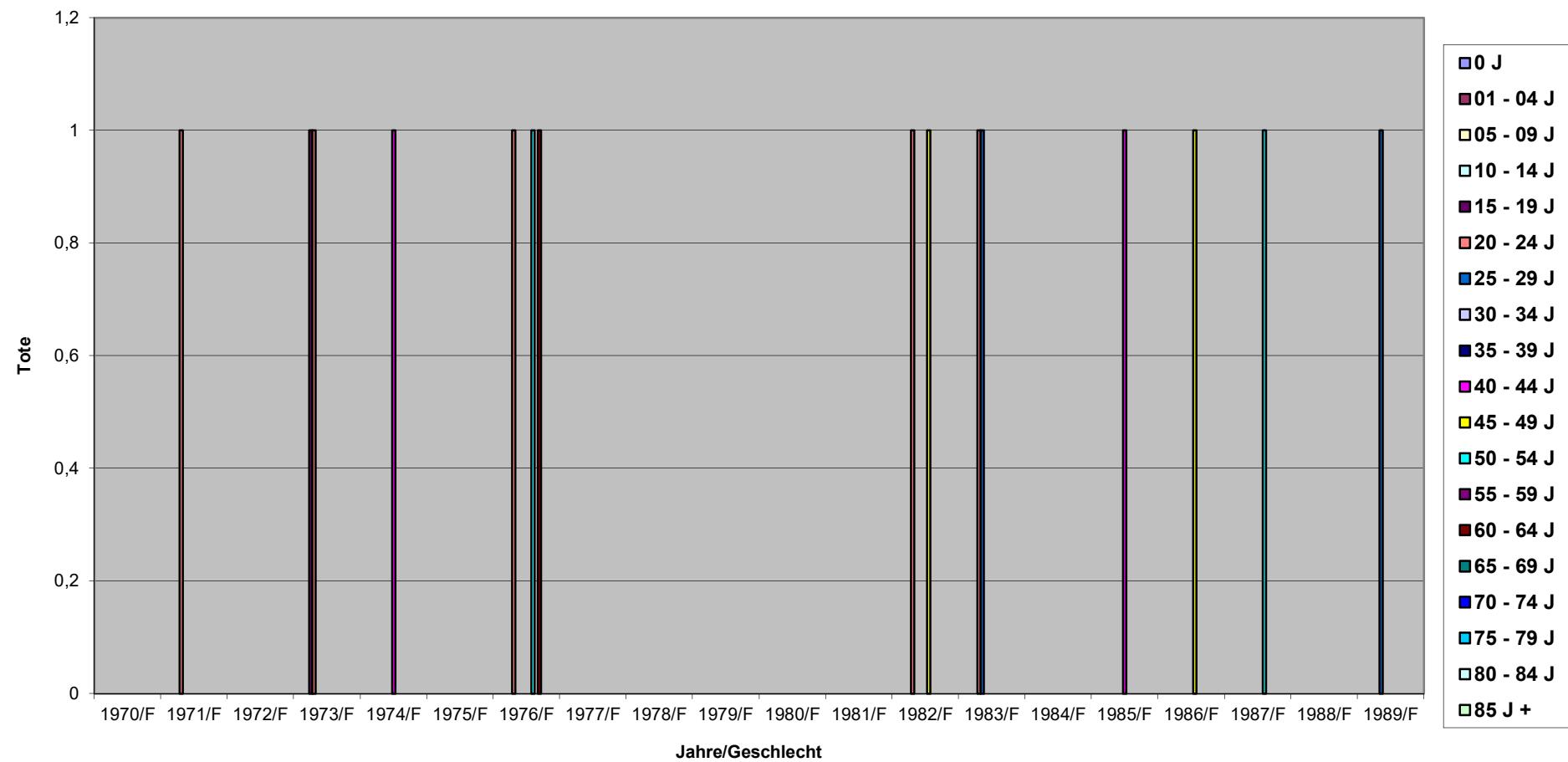


Diagramm 21

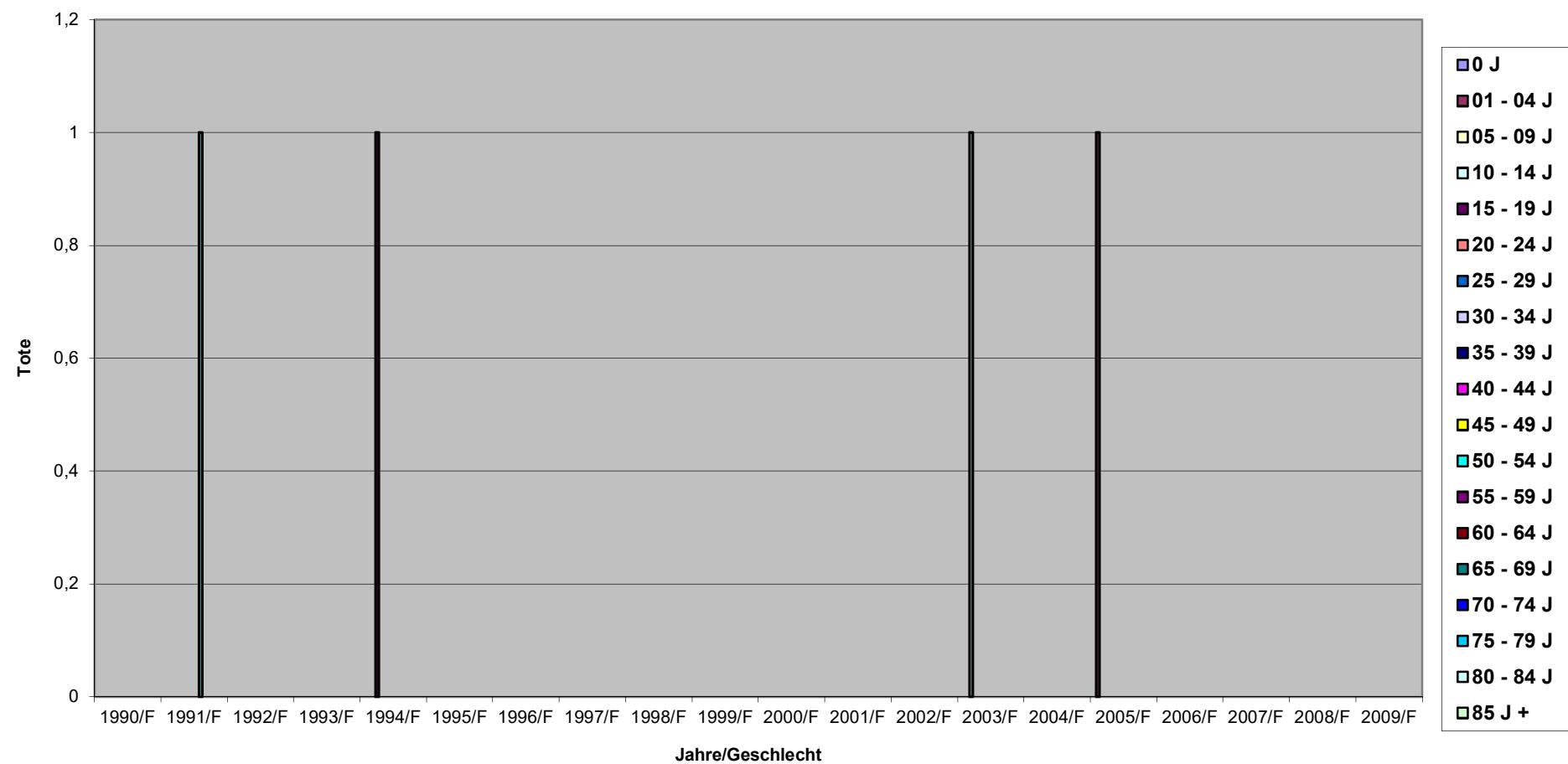


Diagramm 22
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in der Schweiz (1970-1989)

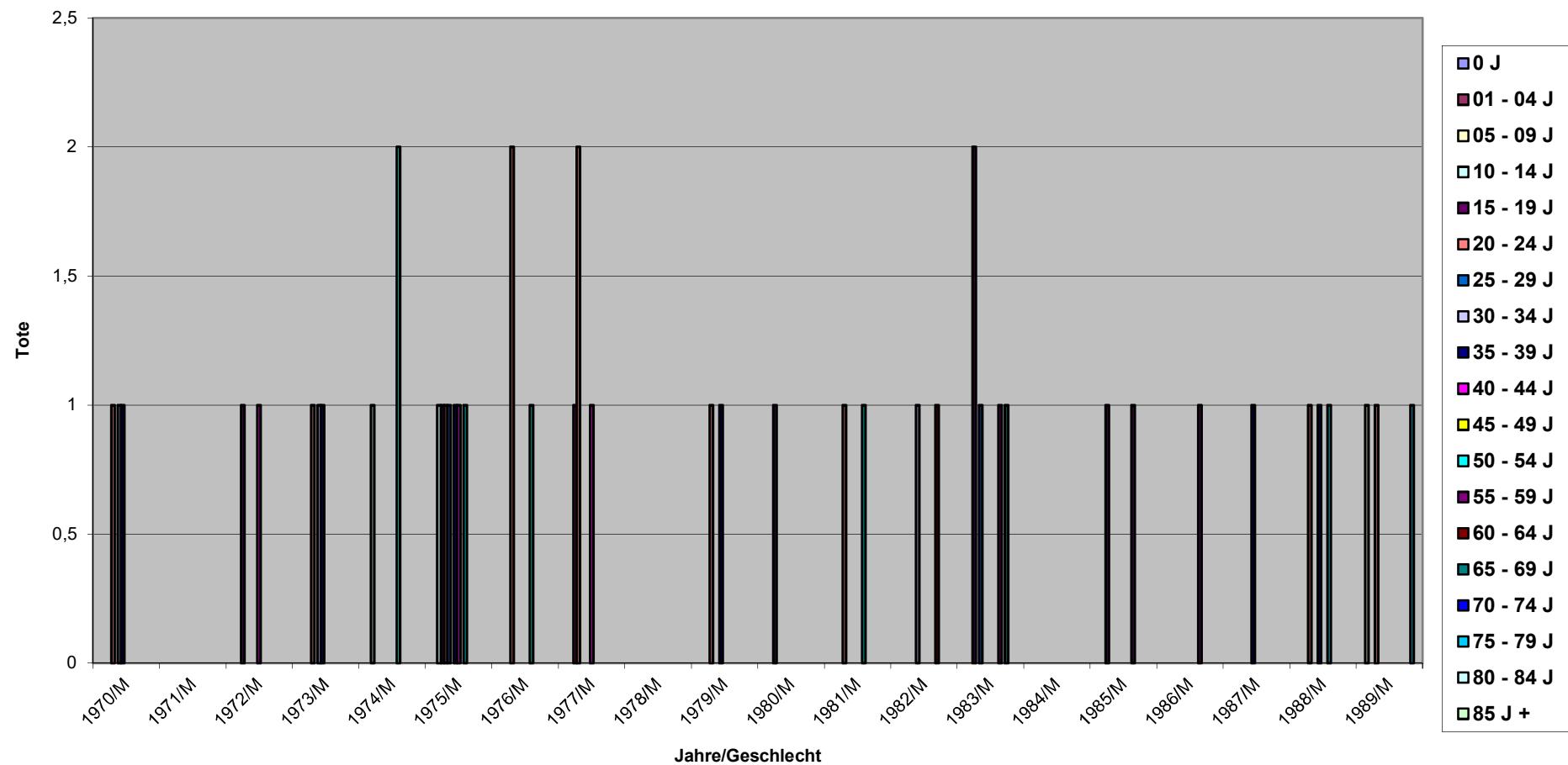
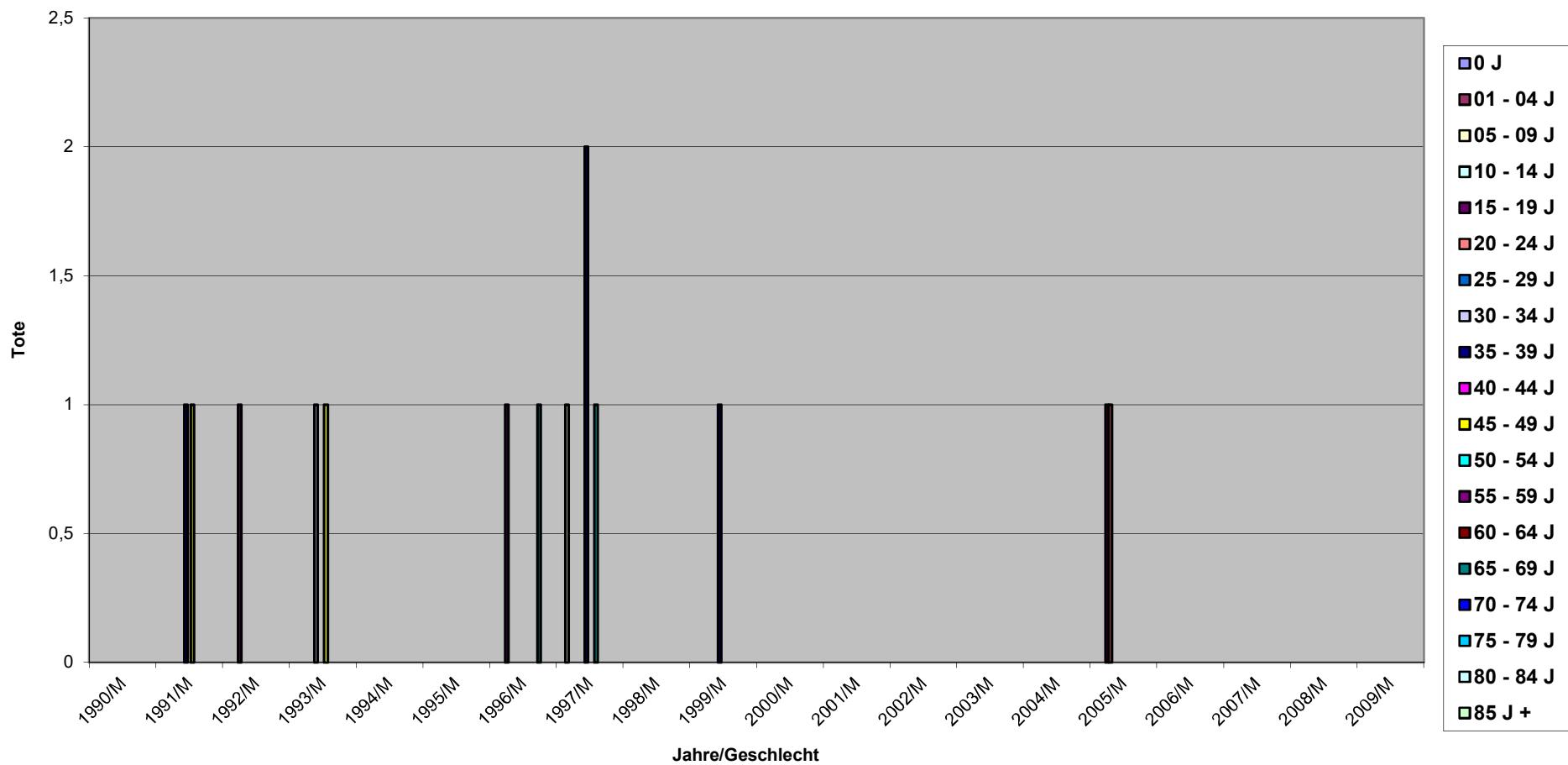


Diagramm 23
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in der Schweiz (1990-2009)



Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1980 bis 2010:

Für Deutschland besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1980 bis 2010. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Die einzelnen Altersstufen bestehen, außer der ersten, die nur ein Jahr umfasst, und der letzten, die alle Lebensjahre über 90 erfasst, immer aus 5 Jahren. Die meisten Toten bei den Frauen gibt es in den Altersgruppen von 10 bis < 15, von 15 bis < 20, von 30 bis < 35 und von 40 bis < 45 Jahren. Bei den Männern gibt es sie in den Altersgruppen von 25 bis < 30, von 35 bis < 40, von 40 bis < 45 und von 55 bis < 60 Jahren. Beide Geschlechter haben eine gemeinsame Häufung der Todesopfer in der Altersgruppe 40 bis < 45 Jahren.

Tabelle 17 siehe Anhang.

Diagramm 24
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Deutschland (1980-1995)

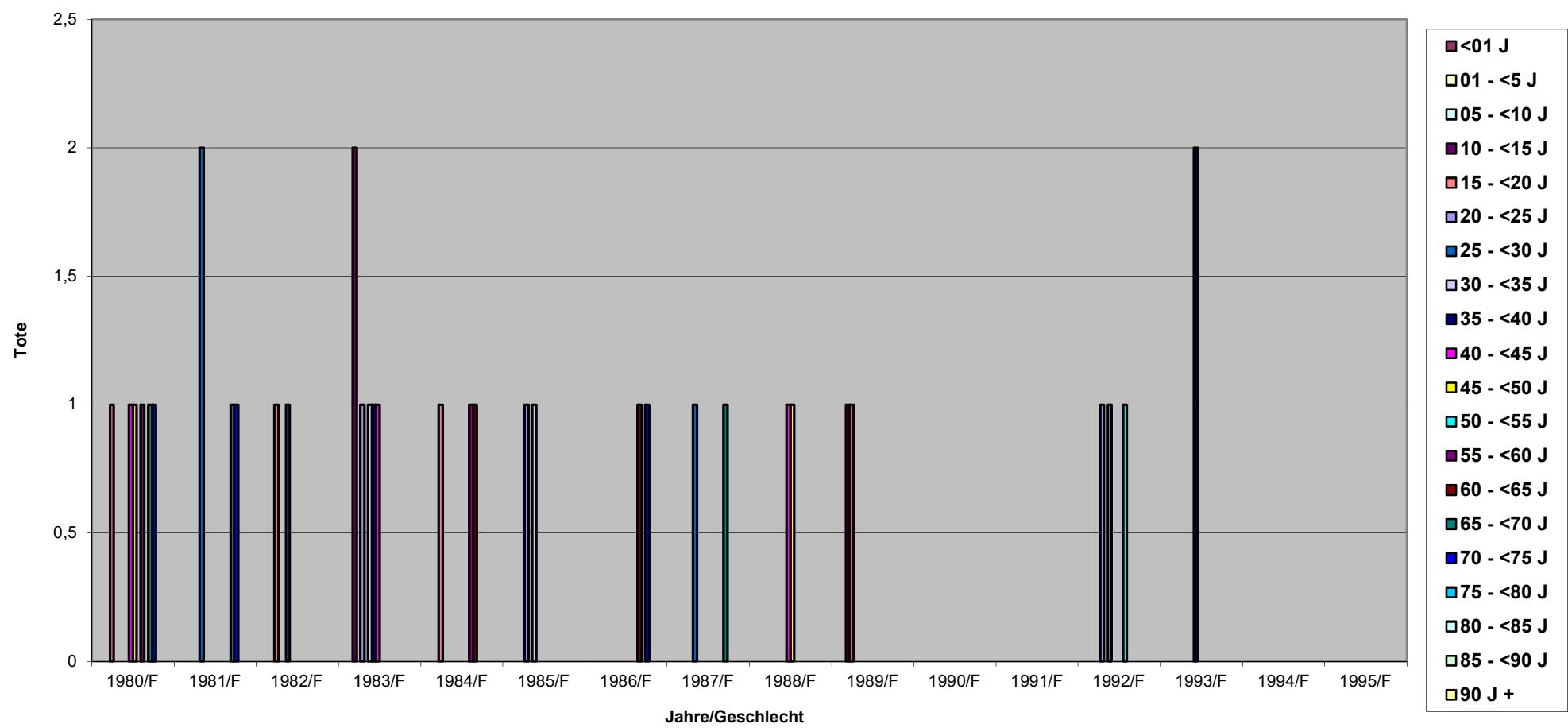


Diagramm 25
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Deutschland (1996-2010)

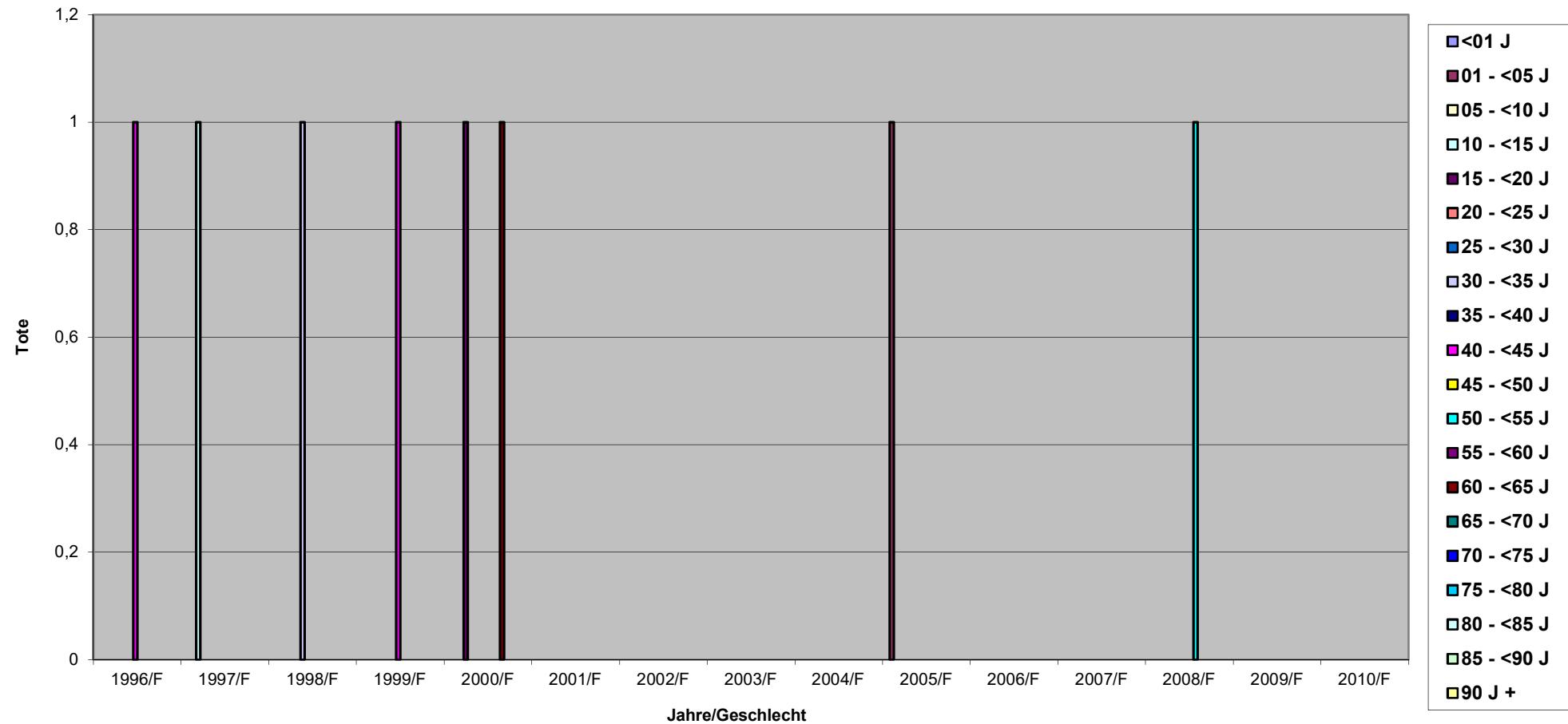


Diagramm 26
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Deutschland (1980-1995)

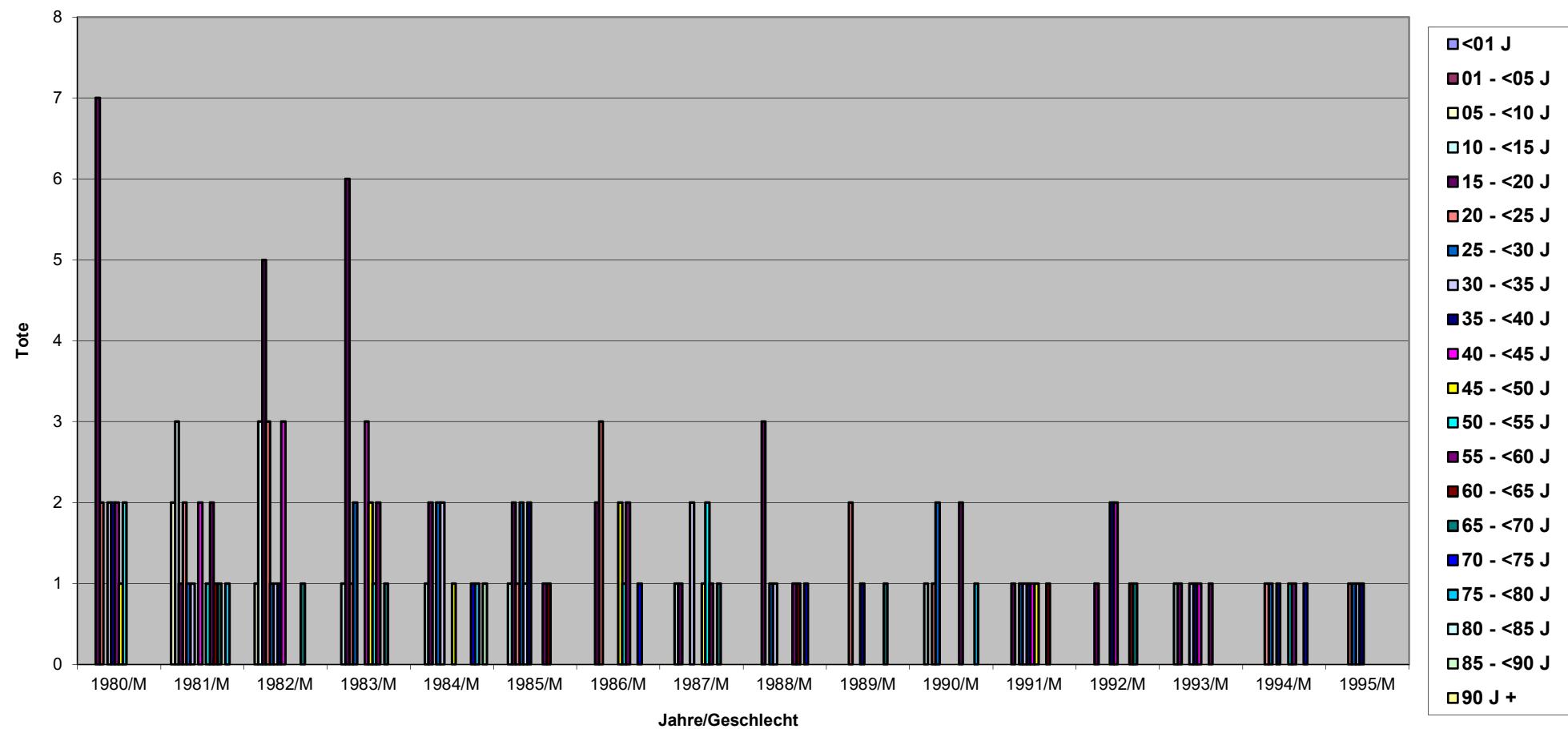
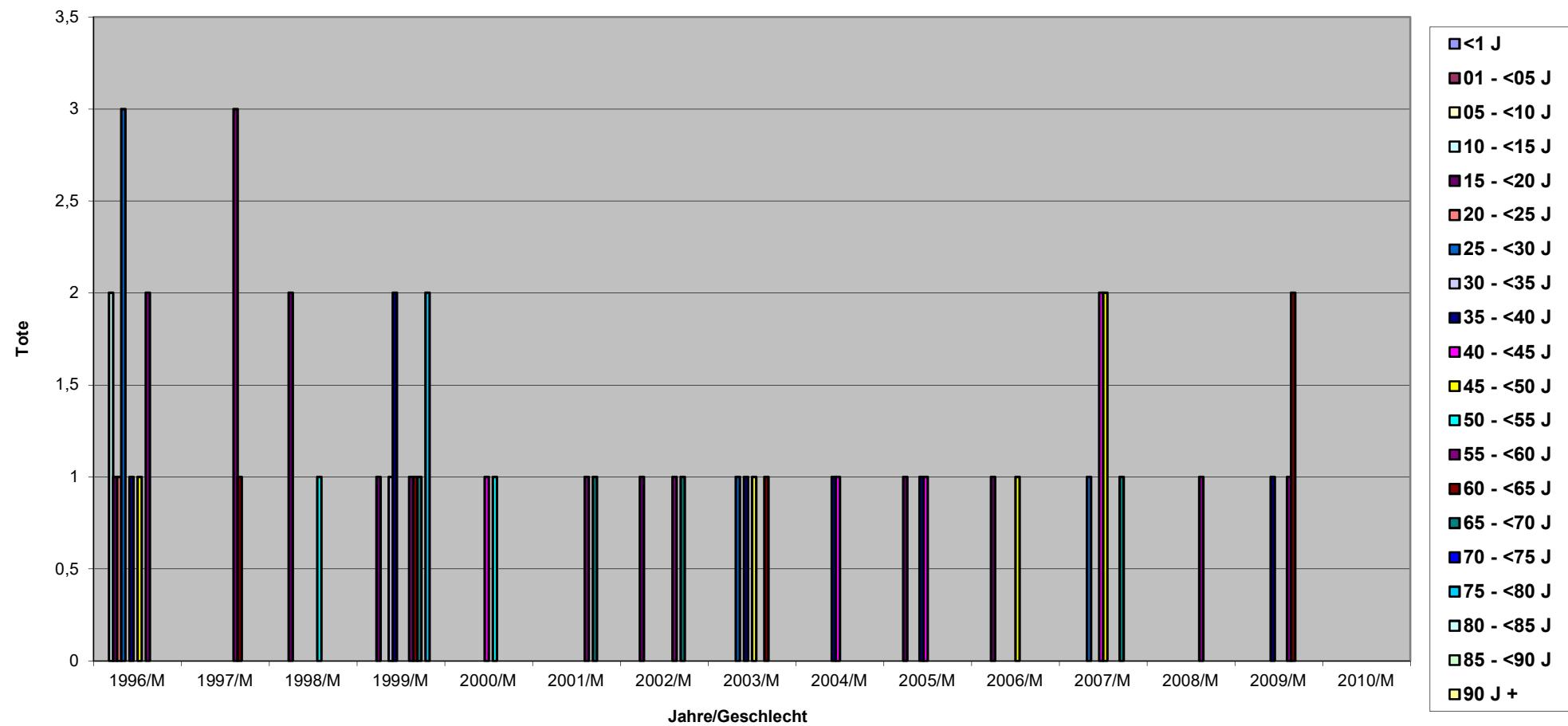


Diagramm 27
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Deutschland (1996-2010)



Altersstufenaufteilung für Kanada von 1970 bis 1991 und von 2000 bis 2009:

Für Kanada besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1970 bis 1991 und von 2000 bis 2009. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Die Jahre 1970 bis 1991 sind in 19 und die Jahre 2000 bis 2009 in 20 Altersstufen aufgeteilt. Zur Vereinheitlichung wurde für die tabellarische Darstellung der Ergebnisse für alle Jahre, für die Daten vorliegen, eine Aufteilung in 20 Altersstufen gewählt. Für die 1992 bis 1999 liegt nur eine Aufteilung nach Provinzen in Kanada vor. Bezuglich der Männer starben in der Altersgruppe 20-24 Jahre mit 21 Opfern die meisten an einem Blitzschlag, gefolgt von 20 Toten in den Altersgruppen 15-19 und 25-29 Jahren sowie 17 Toten in der Altersgruppe 30-34 Jahren. Bei den Frauen starben mit 7 Toten in der Altersgruppe 20-24 Jahren die meisten, gefolgt von 6 Toten in der Altersgruppe 10-14 Jahren sowie jeweils 5 Toten in den Altersgruppen 15-19 und 30-34 Jahren. In beiden Geschlechtern gibt es eine Häufung der Blitzschlagtoten in den Altersgruppen 20-24, 15-19 und 30-34 Jahren, absteigend in der Zahl der Toten.

Tabelle 18 siehe Anhang.

Diagramm 28
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Kanada (1970-1985)

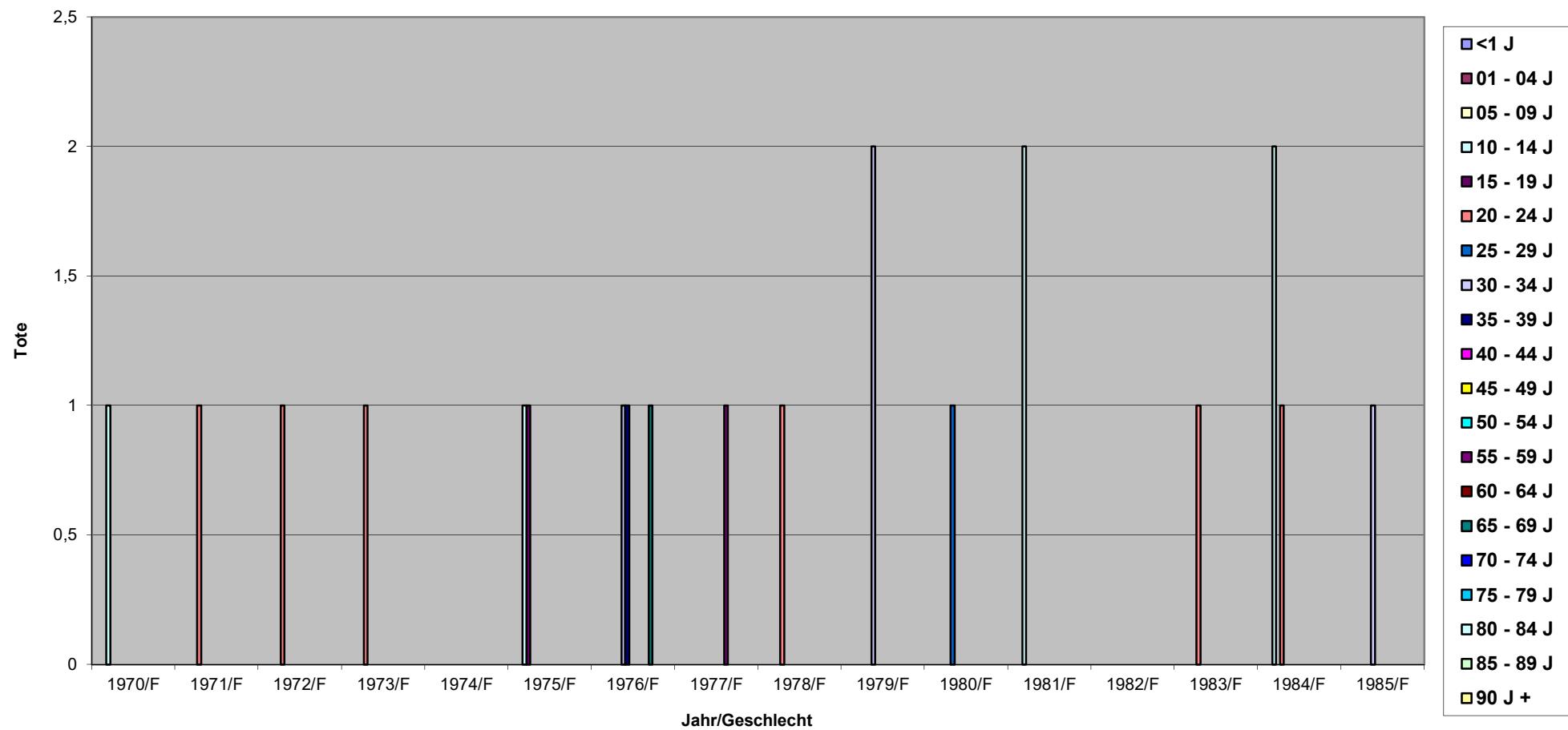


Diagramm 29
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Kanada (1986-2009)

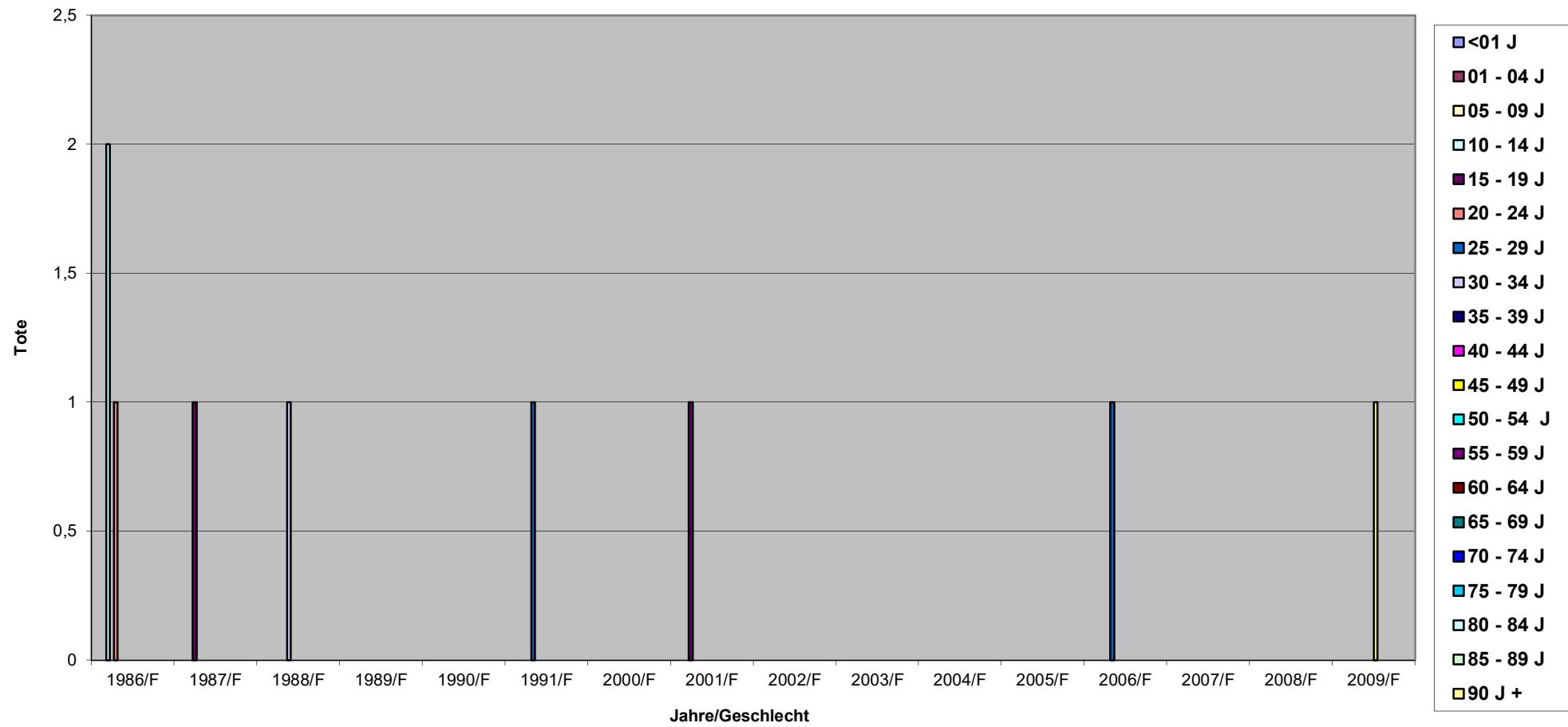


Diagramm 30
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Kanada (1970-1985)

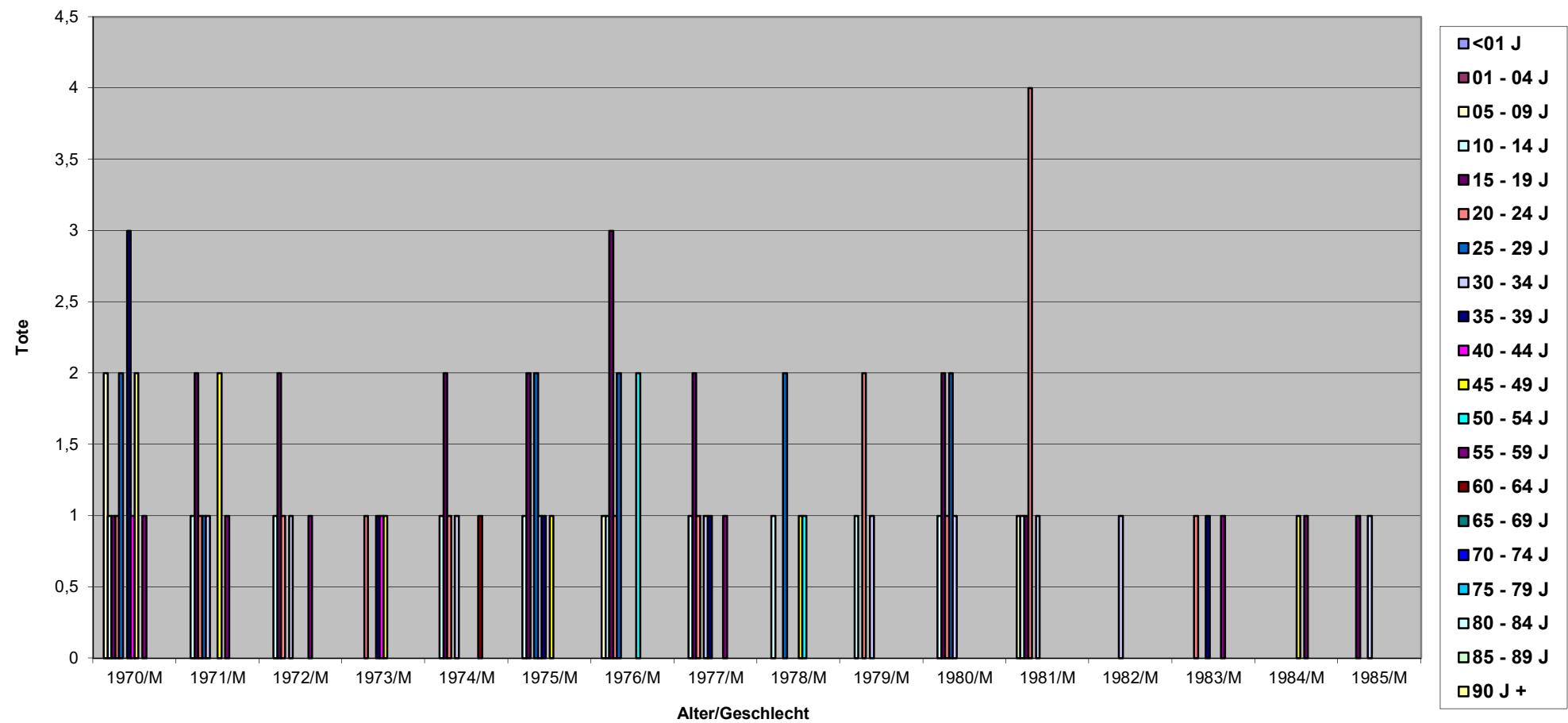
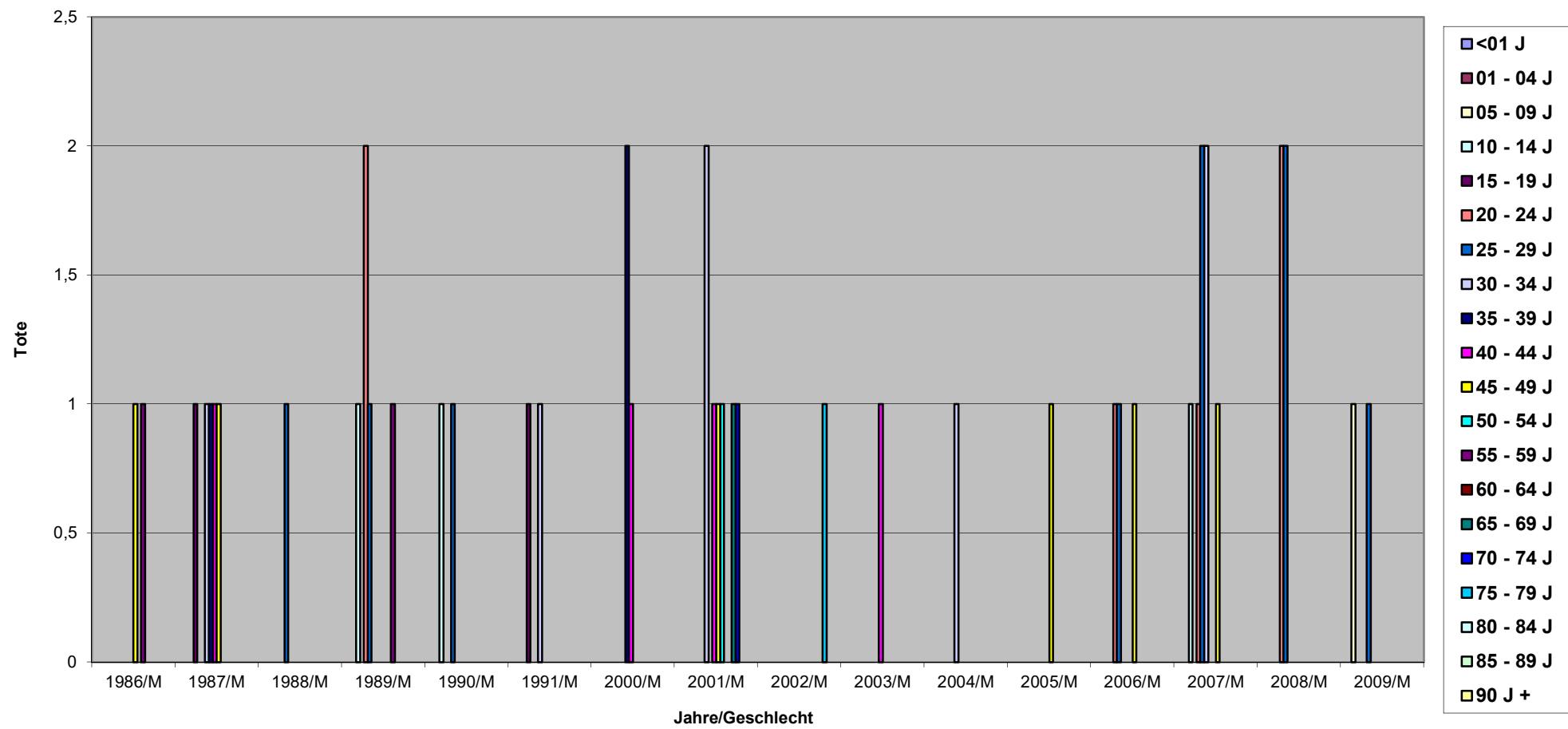


Diagramm 31
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Kanada (1986-2009)



Altersstufenaufteilung für die USA von 1995 bis 2011:

Sehr gut ist die Datenlage für die Vereinigten Staaten von Amerika ab 1995. In der Erhebung von 1959 bis 1994 aus Storm Data wurden keine für die einzelnen Jahre aufgeschlüsselten Altersstufenaufteilungen vorgenommen.³³ (Curran E.B. 2000) In dieser Arbeit werden nur die gesicherten Zahlen aus der Literatur übernommen. Ab 1995 liegen für die USA, aufgrund einer systematischen Evaluierung, gesicherte Datensätze für die Altersstufenaufteilung bezüglich der Blitzschlagtoten bis 2011 vor. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Dabei gibt es eine Aufteilung in neun Altersstufen von jeweils 10 Jahren. Die zehnte Altersstufe umfasst alle Blitzschlagopfer ab 90 Jahren. Im untersuchten Zeitraum starben insgesamt 132 Frauen und 603 Männer durch Blitzschlag. In den Jahren 1996, 2005 und 2006 verstarb zusätzlich pro Jahr eine Person mit unbekanntem Geschlecht durch Blitzschlag. Für 1995 gibt es 13 tote Männer durch Blitzschlag ohne Altersangabe. 1996 gilt das für einen Mann und eine Frau sowie eine Person, bei der das Geschlecht nicht bekannt ist. 1997 gibt es einen Mann ohne Altersangabe. 1999 ist das für zwei Männer der Fall. Gleches gilt für 2002. 2003 ist ein Mann davon betroffen. 2004 sind es zwei Männer. 2005 gilt es für vier Männer und eine Person bei der das Geschlecht nicht bekannt ist. 2006 sind ein Mann und eine Person unbekannten Geschlechts. 2007 gilt es für einen Mann. Bezuglich der Männer ist in der Altersgruppe 30-39 Jahren die höchste Zahl der Toten mit 127 festzustellen, gefolgt von 117 Toten in der Altersgruppe 20-29 Jahren sowie 105 Toten in der Altersgruppe 40-49 Jahren. Bei den Frauen ist die Altersgruppe 10-19 Jahren mit 32 Toten führend, gefolgt von 24 Toten in der Altersgruppe 40-49 Jahren sowie 21 Toten in der Altersgruppe 30-39 Jahren. Bei beiden Geschlechtern gibt es Peaks bei der Zahl der Toten in den Altersgruppen 30-39 und 40-49 Jahren.

Tabelle 19 siehe Anhang.

Diagramm 32
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in den USA (1995-2011)

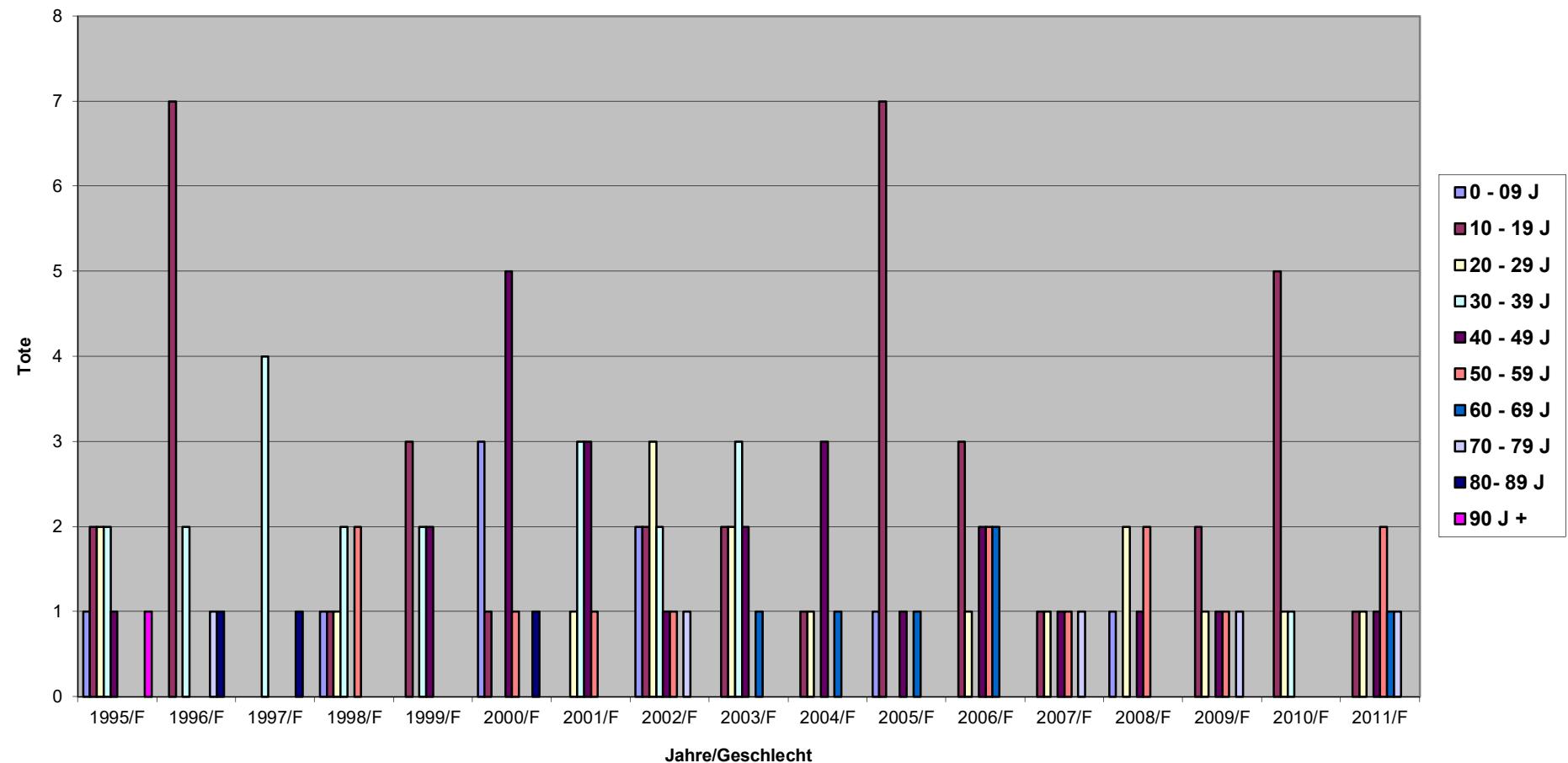
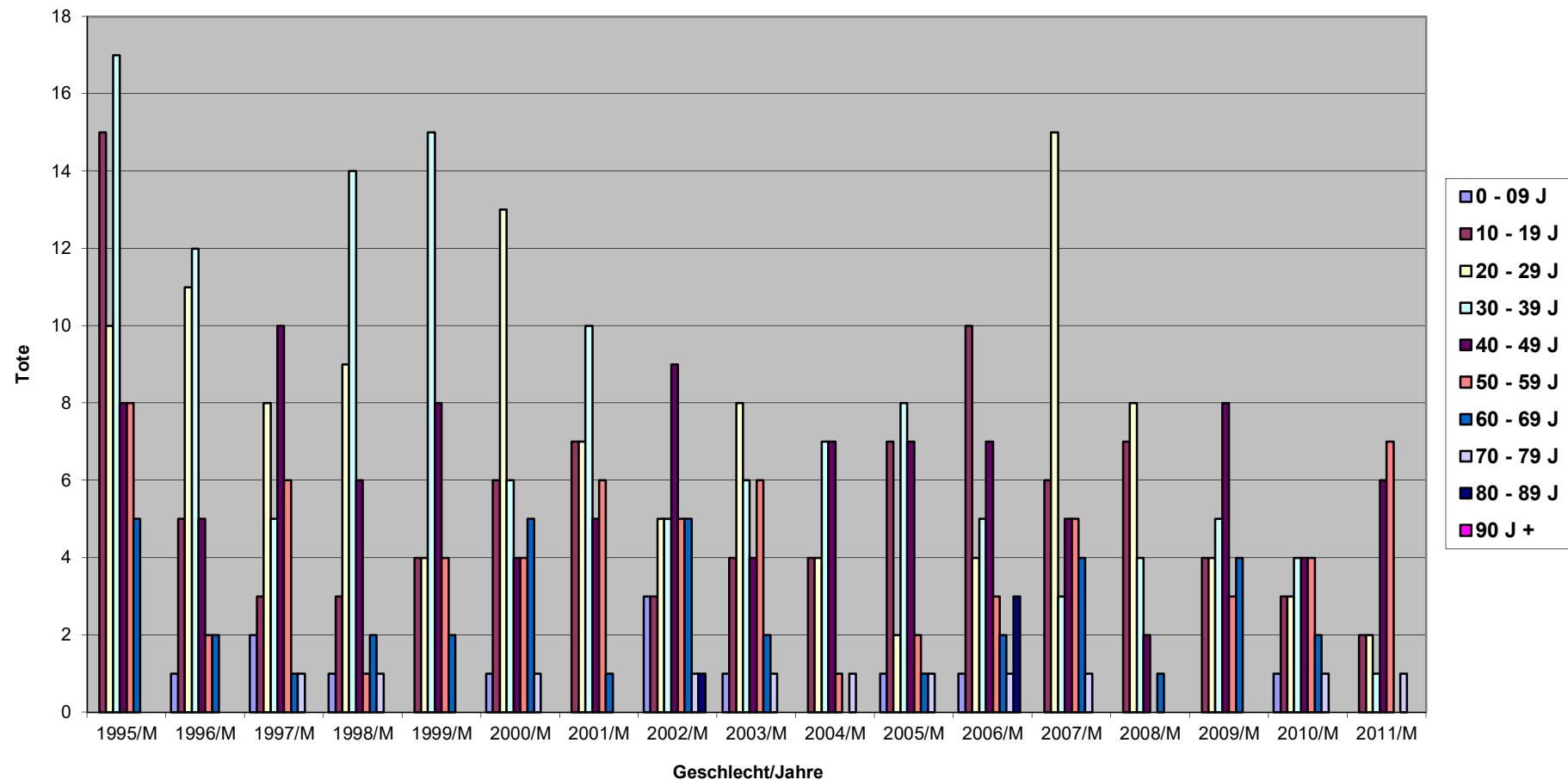


Diagramm 33
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in den USA (1995-2011)



Altersstufenaufteilung für Großbritannien von 1970/1980/1990 sowie 1998 bis 2010:

Für Großbritannien besteht durch die Jahresberichte von TORRO (Tornado and Storm Research Organisation) bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1998 bis 2010. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Die einzelnen Altersstufen bestehen, außer der ersten, die nur ein Jahr umfasst, der zweiten, die einen Zeitraum von 4 Jahren erfasst, und der letzten, die alle Lebensjahre über 95 erfasst, immer aus 5 Jahren. Zusätzlich liegen Datensätze von 1970, 1980 und 1990 vor. In diesen Jahren wurden auch Statistiken erhoben. Bezuglich der Männer gibt es in der Altersgruppe 10-14 Jahren die meisten Blitzschlagtoten mit 9, gefolgt von den Altersgruppen 20-24, 30-34 und 35-39 Jahren mit jeweils 3 Toten sowie 2 Toten in den Altersgruppen 25-29 und 40-44 Jahren. Bei den Frauen gibt es mit 2 Toten in der Altersgruppe 45-49 Jahren die meisten Toten. Gemeinsame Altersgruppen mit vielen Blitzschlagtoten gibt es nicht.

Tabelle 20 siehe Anhang.

Diagramm 34
Altersstufenaufteilung Blitztote für Frauen in Großbritannien (1970/1980/1990/1998-2010)

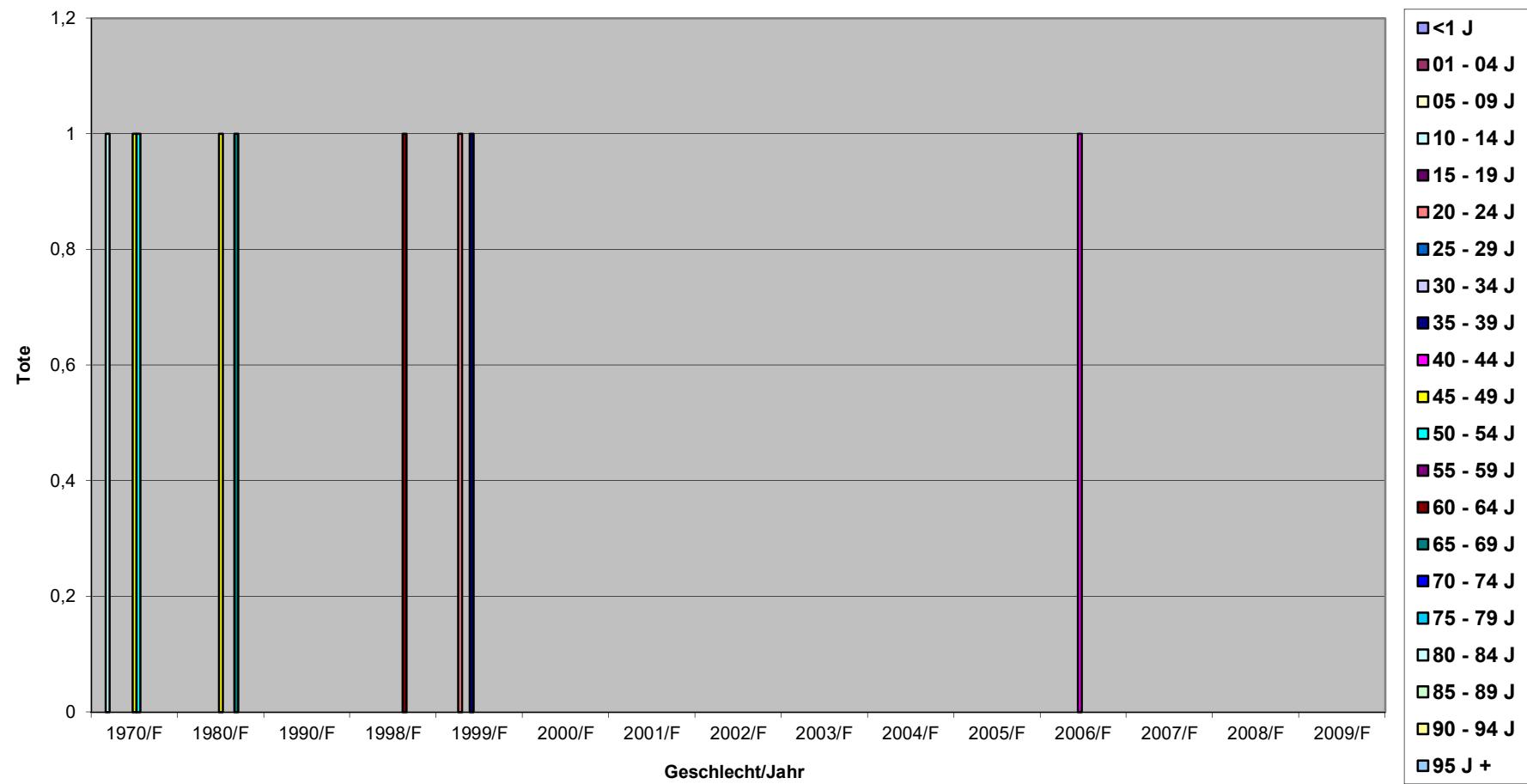
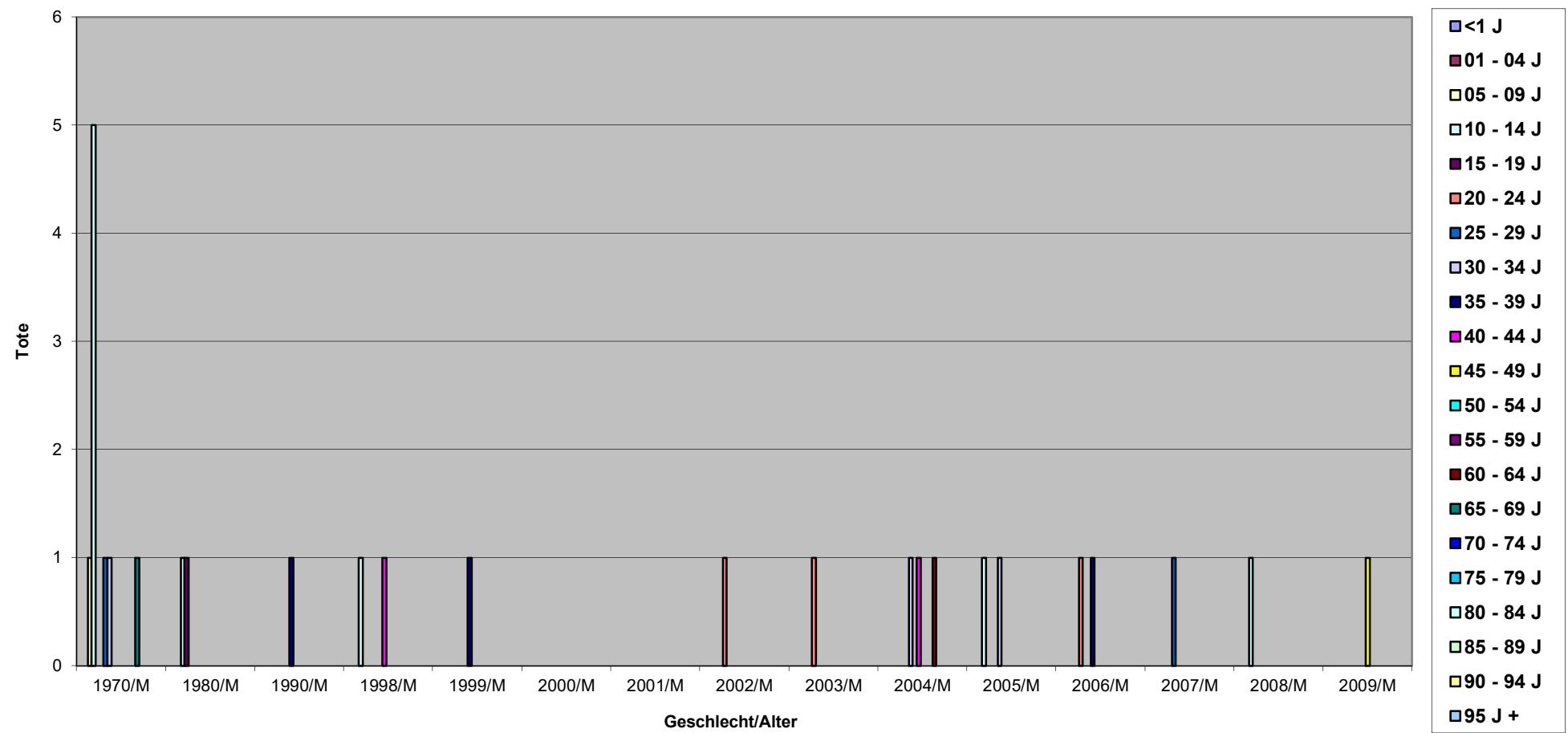


Diagramm 35
Altersstufenaufteilung Blitztote für Männer in Großbritannien (1970/1980/1990/1998-2010)



Altersstufenaufteilung für Australien:

Für Australien hat das dortige Bundesamt für Statistik nur eine Einteilung in 3 verschiedene Altersgruppen für den Zeitraum von 1970 bis 2009, ohne dass eine weitere Unterteilung in die Geschlechter stattfindet. Die erste Gruppe umfasst die Lebensjahre 0 bis 34, die zweite vom 35. bis zum 69. Lebensjahr und die dritte Gruppe, die Personen über 70 Jahre. In den 40 Jahren sind insgesamt 81 Menschen durch Blitzschlag in Australien gestorben. Dabei gab es mit 47 die meisten Toten in der Altersgruppe von 0 bis 34 Jahren. In der Altersgruppe von 35 bis 69 Jahren waren es 34 Personen. Bei Frauen und Männern über 70 Jahren gab es für den Zeitraum zwischen 1970 und 2009 keine Toten durch Blitzschlag.

3.7. Aufteilung nach Aufenthaltsort während des Blitzschlags

Im folgenden Abschnitt wird für die untersuchten Länder, soweit diesbezüglich Daten vorhanden sind, eine Unterteilung der Blitzschlagopfer nach Aufenthaltsort während des Blitzschlags vorgenommen. Dabei erfolgt auch, soweit möglich, eine Unterteilung in Geschlechter. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass man an keinem Platz zu 100% sicher ist vor einem Blitzschlag. Dabei ist aber die Wahrscheinlichkeit im Freien von einem Blitzschlag getroffen zu werden sehr viel höher als in einem Haus.

Aufteilung nach Aufenthaltsort für Kanada:

Über 90% der Blitzschlagopfer befinden sich in den Regionen Ontario, Quebec, Saskatchewan, Alberta und Manitoba, wobei Ontario führend ist.⁷⁵ (Mills B. 2008) Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen der Bevölkerungsdichte und der Häufigkeit der Blitzschlagopfer. Die meisten Opfer sind männlich, jünger als 45 Jahre alt und befanden sich während des Blitzschlags im Freien. Früher wurden die Opfer von Blitzschlag dabei im Freien meistens während der Arbeit getroffen. In den letzten Jahrzehn-

ten zeigte sich ein Wandel der Aktivitäten im Freien, das heißt, dass Arbeitsaktivitäten immer mehr in Gebäude verlagert und gleichzeitig in progradientem Maß Freizeitaktivitäten im Freien verbracht wurden. Dadurch werden immer mehr der Blitzschlagopfer während Freizeitaktivitäten getroffen. Bezuglich der Arbeiten im Freien sind Blitzschlagopfer besonders häufig beim Be- und Entladen von Fahrzeugen. Der Blitzschlag trifft die Menschen während Freizeitaktivitäten oft beim Campen auf offenen Feldern, in offenen Sportstätten, auf Spielplätzen, unter Bäumen, bei Wasseraktivitäten (Fischen et cetera), beim Golfen und beim Musikhören. Eine Unterteilung, mit und ohne Jahresvergleich, in Geschlechter und die jeweiligen Prozentzahlen bezüglich des Aufenthalts der Blitzschlagopfer ist für Kanada in der zugänglichen wissenschaftlichen Literatur nicht erhältlich. Es besteht lediglich eine Auswertung von Medienberichten für den Zeitraum von 1986 bis 2005. Hierbei wird eine Prozentzahl von 20,8 für das Campen/Wandern, von 15,1 für Aktivitäten auf und im Wasser, von 9,4 für das Picknicken, von 7,5 für das Golfen, von 7,5 für zuhause und von 5,7 für die Arbeit festgestellt. Bei 9,4% ist bei der vorliegenden Auswertung der Aufenthaltsort unbekannt.⁷⁵ (Mills B. 2008)

Aufteilung nach Aufenthaltsort für die USA:

In den USA gibt es zwei verschiedene Typen an Staaten bezogen auf die Häufigkeit von Blitzschlägen und die Zahl von Blitzschlagopfern. Der Unterschied der beiden Gruppen ergibt sich aus der Klimazonenzugehörigkeit. Zum Colorado-Typ gehören neben Colorado Staaten wie Kalifornien, Arizona, New Mexico, Utah, Wyoming, South Dakota und ein paar Staaten an der Ostküste. Florida repräsentiert die andere Gruppe. Zu dieser gehören neben Florida die meisten Staaten im Nordwesten, die meisten zentralen Staaten, die meisten Staaten im mittleren Westen und die meisten südlichen Staaten.⁶⁸ (López R.E. 1994) Bezuglich den Vereinigten Staaten von Amerika ist in der Literatur ein Ranking bezüglich der zehn am häufigsten von Blitzschlagtoten und -verletzten beziehungsweise nur von Blitzschlagtoten betroffenen Staaten vorhanden. Das erste Ranking bezieht

sich auf den Zeitraum von 1959 bis 2004 (National Weather Service Forecast Office; Melbourne, Florida).

Ranking von US-Staaten bezüglich Blitzschlagtoten und -verletzten:

Tabelle 21 siehe Anhang.

Im zweiten Ranking wird der Zeitraum von 1959 bis 2007 abgedeckt.

Ranking von US-Staaten bezüglich Blitzschlagtoten:

Tabelle 22 siehe Anhang.

Eine andere Einteilung durch Adekoya und Nolte bezieht sich auf einen Zeitraum von 1995 bis 2000.² (Adekoya N. May 2005) Dabei werden die Blitzschlagtoten nach Häufigkeitsgruppen und Staaten eingeteilt. Gleichzeitig wird auch eine Unterteilung der Aufenthaltsorte bei einem Blitzschlag nach Häufigkeit vorgenommen.

Einteilung von Blitzschlagtoten nach US-Staaten und Anzahl, 2000-2005:

Tabelle 23 siehe Anhang.

Für die Tabelle 23 gilt, dass der prozentual größte Teil der Blitzschlagopfer im Zusammenhang mit der Landwirtschaft auftritt. Danach folgt in der Häufigkeit die Baubranche. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Tätigkeiten während des Blitzschlagereignisses stechen vor allem die Feldarbeit, die Waldarbeit und Arbeiten im Zusammenhang mit dem Fischen hervor. Auf den Plätzen 3 und 4 folgen von der Häufigkeit Blitzschlagopfer auf dem Privatgrundstück und bei Freizeitaktivitäten.

Für Virginia liegt bezüglich des Aufenthaltsorts von Blitzschlagopfern beim Blitzschlag eine Statistik vor, die den Zeitraum von 1959 bis 2005 umfasst. Diese sagt aus, dass es in Virginia im genannten Zeitraum die meisten Blitzschlagtoten (17) und –verletzten (52) unter Bäumen gegeben hat. Danach folgen Grün- und Freiflächen (16 bzw. 39), Aufenthalt am oder im Wasser (7 bzw. 18), Nähe zur Tür oder zum Fenster (0 bzw. 15), Golfen und auf bzw. in der Nähe von schweren Maschinen (jeweils 3 bzw. 9) sowie Vorfälle beim Telefonieren (0 bzw. 9). Nach dieser Statistik gibt es 17 Tote und 118 Verletzte durch Blitzschlag, die sich an anderen als den genannten Lokalitäten befunden haben oder wo der Aufenthaltsort nicht bekannt ist (2008 Virginia Department of Emergency Web site).

Aus den offiziellen Statistiken des National Weather Service, Lightning Safety, für die Jahre 1995 bis 2011 geht bezüglich der Blitzschlagtoten hervor, dass im genannten Zeitraum insgesamt 737 Menschen in den USA durch Blitzschlag starben. Hierbei sind die zwei zahlenmäßig größten Gruppen, die auf offenen Flächen und die unter Bäumen starben. Die Gruppen in Bezug zum Aufenthaltsort teilen sich folgendermaßen auf:

Siehe Tabelle 24 im Anhang.

Aufteilung nach Aufenthaltsort für Australien:

Für Australien gibt es bezüglich der Aufteilung von Blitzschlagtoten in Aufenthaltsorte beziehungsweise Regionen eine Übersichtsarbeit von 1993.²² (Coates L. 1993) Im untersuchten Zeitraum starben 650 Menschen durch einen Blitzschlag. Bezuglich der verschiedenen Staaten von Australien ergibt sich hierbei eine eindeutige Häufigkeitsreihung der Blitzschlagtoten. Die meisten Toten gab es zwischen 1824 und 1991 in New South Wales inklusive Australian Capital Territory, gefolgt von Queensland, Victoria, Western Australia, Südaustralien, Northern Territory und Tasmania. Von 650 Blitzschlagtoten ist bei 339 bekannt, an welchem Ort sie vom

Blitz getroffen wurden. 47 (13,9%) wurden in Gebäuden und 292 (86,1%) außerhalb von Gebäuden getroffen. Von den 292 Personen außerhalb von Gebäuden haben sich 162 an exponierten Stellen befunden, bei 49 Personen ist der Aufenthaltsort unklar gewesen und 81 haben im Freien Schutz gesucht. Diese 81 teilen sich wiederum in Personen auf, die unter Bäumen (64 Personen), in Schuppen (7) und in Zelten (6) Schutz gesucht haben. Bei 4 Personen ist unbekannt, ob oder welcher Schutz gesucht wurde. In einer weiteren Aufteilung nach Aktivitäten während des Blitzschlags zeigt sich, dass von 650 Blitzschlagopfern bei 281 diese bekannt sind. Dabei wurden 176 Personen (62,6%) während der Arbeit, 57 (20,3%) während der Freizeit und 48 (17,1%) während einer Aktivität, welche nicht eindeutig einer der ersten beiden Gruppen zugeteilt werden kann (z. B. Essen oder Sitzen an einer Feuerstelle et cetera), vom Blitz getötet. Betrachtet man nur die Zeit ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts zeigt sich immer mehr eine Verschiebung der Blitzschlagopfer in den Freizeitbereich. Die tödlichen Unfälle durch Blitzschlag im Freien während der Arbeit nehmen durch die zunehmende Industrialisierung, wie in den anderen Industriestaaten auch, ständig ab. Für Australien besteht bezüglich des Aufenthaltsorts von Blitzschlagopfern während des Ereignisses eine weitere Auswertung. Diese bezieht sich auf den Zeitraum von 2001 bis 2004. Der Herausgeber ist die AIHW National Injury Surveillance Unit, Research Centre for Injury Studies, Flinders University in South Australia.⁸⁷ (Pointer S. April 2007) In dieser Untersuchung wird festgestellt, dass es zwischen 2001 und 2004 in Australien durch Blitzschlag 7 tote Männer im Alter von 16 bis zu 57 Jahren gegeben hat. Frauen seien in diesem Zeitraum nicht an einem Blitzschlag gestorben. Zwischen 2001 und 2004 hat es laut dieser Arbeit im untersuchten Intervall 77 Verletzte durch Blitzschlag gegeben. 58% davon sind Männer und 42% Frauen gewesen. Der größte Teil der Verletzten hat sich in einer Altersgruppe zwischen 25 und 64 Jahren befunden. 2/3 sind dabei während der Arbeit und 1/3 während Freizeitaktivitäten vom Blitz verletzt worden. 30% der Unfälle sind zuhause, 14% im Rahmen industrieller Tätigkeit und 10% in Sportanlagen aufgetreten. Bezuglich der 7

Toten sind bei 5 davon der Aufenthaltsort während des Blitzschlags bekannt. Alle 5 Männer haben zu diesem Zeitpunkt im Außenbereich gearbeitet

Aufteilung nach Aufenthaltsort für Großbritannien:

Derek M. Elson hat in seinem Abstrakt mit dem Titel „Deaths and injuries caused by lightning in the United Kingdom, 1852-1998“ festgestellt, dass im Laufe der Jahre die Zahl von Toten und Verletzten durch Blitzschlag kontinuierlich abgenommen hat. Ungefähr 2/3 der Opfer sind nach dem Bericht Männer und 1/3 Frauen. Zwischen 1993 und 1998 hätten sich alle Blitzschlagopfer, die durch den Blitz gestorben seien, im Außenbereich befunden. Bei den Blitzschlagverletzten sei ungefähr die Hälfte innerhalb von Gebäuden getroffen worden. Von diesen wäre jeder Vierte beim Telefonieren getroffen worden. In einem weiteren Artikel wurden zwei Datenbanken herangezogen.⁴¹ (Elsom D.M. 2001) Der untersuchte Zeitraum der Analyse war zwischen 1993 und 1999. In diesem Abschnitt starben 22 Menschen durch Blitzschlag in England und Wales. Alle Ereignisse traten im Außenbereich auf. Unter den 22 fanden sich 16 Männer und 6 Frauen. Die Altersspanne der Opfer befand sich zwischen 2 und 75 Jahren mit einem Altersdurchschnitt von 30 Jahren. 7 der Opfer gab es an Freisportanlagen, Feldern oder Parks, 4 unter Bäumen, 3 auf Hügeln oder Bergkuppen, 3 beim Fischen, 1 im Zelt, 1 beim Entlanglaufen an einem Kanals, 1 beim Sitzen auf einem Fahrzeuganhänger, 1 auf einer Leiter und 1 auf dem Golfplatz mit einem Regenschirm in der Hand.

Für die Jahre 1998 bis 2007 liegen über die Tornado and Storm Research Organisation frei zugängliche Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern in England und Wales vor. Herausgegeben worden sind die Daten von Prof. Derek M. Elsom, Head of TORRO, Geography Dept, Oxford Brookes University, Gipsy Lane, Headington, Oxford, Oxfordshire OX3 0BP, und Jonathan D.C. Webb. Aus den Daten geht hervor, dass zirka die Hälfte der Blitzschlagopfer innerhalb von Gebäuden getroffen wur-

de (Spanne in den verschiedenen Jahren zwischen 1/3 und 2/3). Dabei kam es zu keinen Todesfällen. Die Opfer wurden oft beim Kontakt mit Wasser, elektrischen Geräten oder beim Telefonieren getroffen. Zwischen 1998 und 2007 starben in England und Wales insgesamt 16 Menschen. Dabei starben alle Blitzschlagopfer außerhalb von Gebäuden. Die Altersspanne der Opfer befand sich zwischen 12 und 63 Jahren. Während der tödlichen Blitzschläge befanden sich 5 Personen unter Bäumen zum Schutz vor dem Gewitter, 3 Personen in den Bergen beim Klettern, 2 Personen auf einem Golfplatz, 3 Personen bei Freizeitaktivitäten sowie jeweils 1 Person beim Laufen auf einer Brücke, auf einem Feld und an einem Kanal. Keines der Blitzschlagopfer wurde während einer Arbeitstätigkeit getroffen.

Aufteilung nach Aufenthaltsort für die Schweiz:

Das Bundesamt für Statistik in der Schweiz führt keine Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern während des Blitzschlags.

Aufteilung nach Aufenthaltsort für Österreich:

Die Bundesanstalt Statistik Österreich führt keine Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern während des Blitzschlags. Es gibt von dieser Behörde für den Zeitraum von 2002 bis 2010 lediglich eine Zuordnung der Blitzschlagtoten zu den einzelnen österreichischen Bundesländern. Im genannten Zeitraum sind insgesamt 10 Menschen an einem Blitzschlag gestorben. Alles waren Männer. Jeweils 3 Todesopfer durch Blitzschlag gab es in den Bundesländern Steiermark, Niederösterreich und Salzburg. 1 Mann ist in Tirol in den Jahren 2002 bis 2010 durch einen Blitzschlag ums Leben gekommen. Für Verletzte durch Blitzschlag gibt es bezüglich des Aufenthaltsorts in Österreich keine Statistiken. Innerhalb des Bundesministeriums Wirtschaft und Arbeit, Abteilung I/14 – Elektrotechnik, Maschinen- und Gerätesicherheit, wurden für Österreich Statistiken bezüglich der Berufsart und der Unfallstelle bei Blitzschlagopfern erhoben. Dabei wurde der Zeitraum zwischen 1955 und 1998 untersucht. Es fand eine Untertei-

lung der Berufsart in Gesamtzahl der Unfälle, Land- und Forstwirtschaft, Kinder und sonstige Erwachsene statt. Der Punkt Unfallstelle wurde in die Bereiche im Freien unter Bäumen und dergleichen, im Freien ohne besondere Anziehungsobjekte und in Gebäuden unterteilt. Zusätzlich fand noch eine Unterteilung in Gesamtzahl der Unfälle mit Blitz und tödliche Unfälle durch Blitzschlag statt. Im Vergleich zu den offiziellen Daten der Bundesanstalt Statistik Österreich weichen die Zahlen der Toten durch Blitzschlag erheblich von denen des Bundesministeriums Wirtschaft und Arbeit, Abteilung I/14 – Elektrotechnik; Maschinen- und Gerätesicherheit, ab. Insgesamt sind laut des Bundesministeriums Wirtschaft und Arbeit zwischen 1970 und 1998 118 Menschen durch Blitzschlag gestorben. In der Land- und Forstwirtschaft starben danach 29 Menschen. Bezuglich der Unfallstelle seien 54 Menschen im Freien unter Bäumen und dergleichen, 45 im Freien ohne besondere Anziehungsobjekte und 17 in Gebäuden gestorben. Bei zwei Personen sei die Unfallstelle nicht bekannt gewesen.

Aufteilung nach Aufenthaltsort für Deutschland:

Bezuglich des Aufenthaltsorts der Toten nach Blitzschlag gibt es vom statistischen Bundesamt eine Aufteilung nach Bundesländern. Der erfasste Zeitraum liegt zwischen 1980 und 2010. Für die einzelnen Bundesländer ergibt sich demnach tabellarisch das folgende Bild.

Einteilung von Blitzschlagtoten nach Bundesländern, 1980-2010:

Tabellen 25 bis 28 siehe Anhang.

Bezuglich der Verteilung der Blitzschlagopfer nach dem Aufenthaltsort gibt es vom Statistischen Bundesamt, Abteilung Gesundheitsberichtserstattung des Bundes, noch zwei verfeinerte Unterteilungen. Die eine bezieht sich auf die Jahre 1980 bis 1997 und die andere auf die Jahre 1998 bis 2010. In der erstgenannten wird eine Unterteilung in Arbeitsunfall, häuslicher Unfall, Schulunfall, Verkehrsunfall, Sport- und Spielunfall und son-

stiger Unfall vorgenommen. Danach starben in den Jahren 1980 bis 1997 10 Männer und 2 Frauen während der Arbeit an einem Blitzschlag, 4 Männer und 0 Frauen im häuslichen Umfeld, niemand bei einem Schulunfall, 3 Männer und 1 Frau bei einem Verkehrsunfall, 11 Männer und 1 Frau bei einem Sport- und Spielunfall sowie 152 Männer und 35 Frauen bei sonstigen Unfällen. Bezuglich der Jahre 1998 bis 2010 besteht eine Unterteilung in Blitzschlagopfer zu Hause, in Wohnheimen oder Anstalten, in Sportstätten, auf Straßen und Wegen, in Industrieanlagen und auf Baustellen, in landwirtschaftlichen Betrieben sowie in keine näher bezeichneten Orte des Ereignisses. Demnach starben 2 Männer und keine Frauen zu Hause an einem Blitzschlag, 3 Männer und keine Frauen in Wohnheimen oder Anstalten, kein Mann und 1 Frau in Sportstätten, 1 Mann und keine Frau auf Straßen und Wegen, 1 Mann und keine Frau in Industrieanlagen und auf Baustellen, 1 Mann und keine Frau in landwirtschaftlichen Betrieben sowie 11 Männer und 5 Frauen an einem nicht näher bezeichneten Ort des Ereignisses. Die zahlenmäßig größte Gruppe konnte keinem Ort zugeordnet werden, das heißt, dass der Ort nicht bekannt ist.

3.8. Korrelation bezüglich Blitzschlaghäufigkeit und Aufenthaltsort

Wie aus Punkt 3.7. zu ersehen ist, gibt es eine deutliche Korrelation zwischen der Blitzschlaghäufigkeit und dem Aufenthaltsort. Allen untersuchten Ländern ist gemeinsam, dass die Blitzschlaghäufigkeit signifikant an Bergketten gesteigert ist. Deshalb kommen im Verhältnis zu anderen Orten besonders viele Menschen in den Bergen durch Blitzschläge ums Leben. Auch die einzelnen Klimazonen spielen für die Blitzschlaghäufigkeit eine entscheidende Rolle. So werden Personen, die sich in tropischen oder subtropischen Gebieten aufhalten, wesentlich häufiger vom Blitz getroffen und getötet. So ist es zum Beispiel zu erklären, dass Florida in den USA der Staat ist, in dem, im Vergleich mit den anderen Bundesstaaten, die meisten Toten durch Blitzschlag anfallen. Klar ist auch, dass im geschützten Umfeld von Häusern mit geschlossenen Räumen und Blitzableitern et cetera so gut wie keine Todesopfer durch Blitzschlag auftreten. Unabhän-

gig von der Blitzschlaghäufigkeit werden Menschen besonders häufig Opfer von Blitzschlägen, wenn sie sich an exponierten Orten aufhalten wie erhöhte Punkte. Der Blitz sucht sich nämlich häufig den kürzesten Weg zur Erde. Damit werden Menschen besonders oft an Orten getroffen, die höher als die Umgebung sind. Es kommt auch häufig vor, dass Menschen unter herausragenden Punkten im Gelände getroffen werden, das heißt, dass oft ein Blitz in einen Baum als nach oben ragendes Objekt einschlägt und der Blitz an die darunter schutzsuchenden Menschen weitergeleitet wird. Auch Menschen am und im Wasser sind besonders gefährdet, vom Blitz getroffen zu werden, da Wasser die Energie sehr gut aufnimmt, diese schnell verteilt und an andere Objekte weitergibt. Dadurch sind Menschen im oder am Wasser recht häufig Opfer von Blitzschlägen. Erschwerend kommt dazu, dass sich die Blitzenergie den Weg des geringsten Widerstands sucht. Damit gehen viele Blitzschläge in das Wasser. Über Wasser wie Seen oder Meeren bestehen zudem zudem ideale klimatische Voraussetzungen zur Entstehung von Gewittern und somit Blitzen.

3.9. Ländervergleich von Patienten mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag

Der folgende Punkt beschäftigt sich mit Blitzschlagopfern, die den Blitzschlag überlebt haben und an deren Folgen leiden. Die wissenschaftliche Literatur ist bis heute in den einzelnen untersuchten Ländern sehr spärlich, um einen exakten wissenschaftlichen Ländervergleich von Patienten mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag machen zu können. Erschwert wird der Vergleich noch durch die Tatsache, dass viele der Blitzschlagopfer nicht erfasst werden, weil sie nach dem Blitzschlag nur leicht verletzt sind und deshalb keine medizinische Hilfe in Anspruch nehmen. Laut Literatur kommt es nahezu bei allen Blitzschlagopfern, zumindest temporär, zu neurologischen, neuro-psychologischen oder psychiatrischen Schäden. Die Schäden können innerhalb von Minuten oder wenigen Stunden wieder vollständig verschwunden oder dauerhaft sein. Bei Beteiligung des Rückenmarks können weniger als die

Hälften der sich im arbeitsfähigen Alter befindlichen Blitzschlagopfer wieder irgendwann in den Arbeitsprozess zurückkehren. Laut der verfügbaren Fachliteratur erleiden ungefähr 25% der vom Blitz getroffenen Personen eine posttraumatische Belastungsstörung.^{8/13} (Blachard E.B. 1996/Breslau N. 1991) Für die USA geht man davon aus, dass zirka $\frac{3}{4}$ aller Blitzschlagopfer mit einer permanenten neurologischen, neuro-psychologischen oder psychiatrischen Schädigung verschiedener Graduierung weiterleben müssen.⁸¹ (Nield S.N. 2004) Zum deutlich größeren Teil bleiben dabei diskrete bis leichte Schäden zurück. In derselben Arbeit von Nield und Kamat werden verschiedene Fallzahlen mehrerer Autoren bezogen auf Langzeitschäden von Kindern nach einem Blitzschlag gegenübergestellt. Dabei geben die verschiedenen Autoren zwischen 50 und 100% neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Langzeitschäden bei Kindern als Blitzschlagopfer an. Ungefähr 2/3 der Blitzschlagopfer mit ernsthaften neurologischen Schäden haben eine kurzzeitige Keraunoparalyse. Auf einem Kongress in Washington am 08.10.2007 (Scientific Assembly Seattle, Washington) wird von Christopher B. Colwell von 70-75% Folgeerscheinungen, temporär oder bleibend, nach Blitzschlag ausgegangen. Dabei erfolgt keine Aufteilung nach neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden. In einem Artikel im Internet von 2006, Medlink Neurology, Neurologic complications of lightning injuries, ging M. Cheirington davon aus, dass am häufigsten nach einem Blitzschlag bei den Betroffenen zu 80% eine kurze Schwäche der Glieder und eine Parästhesie sowie zu 75% ein kurzer Bewußtseinsverlust auftreten. Auch hier ist keine Aufteilung nach den oben genannten 3 Kategorien vorgenommen worden, sondern nur nach der zeitlichen Dimension. M.A. Cooper hat 1980 in einer Studie festgestellt, dass 75% der Blitzschlagopfer einen Bewußtseinsverlust und 86% eine vorübergehende Desorientierung und Verwirrung zeigten. Darüber hinaus wurden einzelne, durch den Blitzschlag ausgelöste, epileptische Anfälle ohne Prozentangabe beschrieben. Bei 69% konnten eine Keraunoparalyse gesichert werden.²⁸ (Cooper M.A. 1980) Grube et al

haben 1990 festgestellt, dass es bei zirka 20% der Opfer von Stromunfällen, also nicht nur durch Blitzschlag, zu einer verzögert auftretenden peripheren Neuropathie kommt. Dabei sind am häufigsten der Nervus medianus, der Nervus ulnaris und der Nervus radialis betroffen.⁴⁸ (Grube B.J. 1990) Von Epperly und Stewart wurde 1989 ein Fall aus Georgia aufgeführt. In diesem Fall wurden am 3. Juni 1987 10 Soldaten gleichzeitig vom Blitz getroffen. Nach dem Blitzschlag hatten 70% vorübergehende Probleme mit der Zweipunktdiskriminierung und der Wahrnehmung leichter Berührungen, 80% zeigten kurzzeitige Parästhesien und 20% wiesen einen transienten Tinnitus und Hörprobleme auf.⁴³ (Epperly T.D. 1989) Engelstatter hat 1994 retrospektiv erhobene Daten bezüglich neuro-psychologischer und psychiatrischer Schäden nach einem Blitzschlag vorgestellt. Dabei wurden von 100 Blitzschlagüberlebenden die neuro-psychologischen, psychiatrischen und auch neurologischen Folgen nach einem Blitzschlag erhoben.⁴² (Engelstatter G.H. 1994) Gemeinsam war den aufgeführten Symptomen, dass sie länger als 2 Jahre nach dem Blitzschlagereignis noch vorhanden waren. Die Erhebungsdaten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Neuro-psychologische, psychiatrische und neurologische Schäden:

Siehe Tabelle 29 im Anhang.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass von den neurologischen Symptomen die Parästhesie vor dem Taubheitsgefühl und der Photophobie führend ist. Neuro-psychologisch liegt die Amnesie vor der Schlafstörung und vor dem Aufmerksamkeitsdefizit. Psychiatrisch führt die Depression vor Agoraphobie und der Sturmphobie. In einer Metaanalyse, teilweise auch mit Daten aus Großbritannien und Australien, fanden Primeau et al heraus, dass 10-20% der Blitzschlagopfer psychische Probleme entwickeln und dass Opfer, welche direkt von einem Blitz getroffen werden, im Verlauf zu 75%

Verhaltensauffälligkeiten zeigen.⁸⁸ (Primeau M. 1995) An den amerikanischen Kenndaten orientiert sich auch Kanada. Die meisten kanadischen Studien zu diesem Thema beziehen sich auf Fachliteratur aus den USA. In Deutschland wurde 2001 durch Mühlberger et al. eine Fallserie von 12 Patienten mit Zustand nach Blitzschlag durchgeführt. Dabei fand eine Nachbeobachtungszeit von im Durchschnitt 6,7 Jahren statt. Als Ergebnis dieser Studie zeigte sich als Ergebnis, dass von den beobachteten Patienten nur einer eine verzögert aufgetretene schwerwiegende neurologische Folge eines Blitzschlags in Form einer progressiven Bewegungsstörung zeigte. Die restlichen neurologischen Folgeerscheinungen waren spätestens drei Monate nach dem Auftreten wieder unterhalb der Nachweisbargrenze. Von diesen traten die Par- und die Dysästhesie mit 75% am häufigsten auf. Danach folgten der Bewußtseinsverlust mit 58%, der eher zu den neuro-psychologischen Symptomen zu zählen ist, und der Schmerz mit 50%. Neuro-psychologische Folgen wie eine reduzierte Sehschärfe und Schlafstörungen traten bei 30% der untersuchten Patienten auf. Darauf folgten Depressionen als psychiatrische Störung mit 20%. Andere neuro-psychologische und psychiatrische Defizite traten nur bei 10% auf.⁷⁷ (Mühlberger T. 2001) In einer anderen Arbeit von 2006 wird für Deutschland von einer Zahl von 80% Blitzschlagopfern ausgegangen, welche unter den Folgen des Blitzschlags in verschiedenen Schweregraden leiden.⁹⁶ (Stütz N. 2006)

Für Österreich besteht eine Zusammenfassung mehrerer Fallstudien in der Fachliteratur. Diese Metaanalyse bezieht sich auf Blitzunfälle mit Menschenbeteiligung in den Alpen und wurde von Dr. Walter Fimml, Chemiker, IT-Spezialist und Bergführer im Lehrteam des Alpenvereins in Österreich, durchgeführt. Er teilte dabei alle bei Blitzschlagopfern aufgetretenen Symptome, die eine Häufigkeit >25% hatten, in die 3 Kategorien organische Ursachen, psychische Folgen sowie psychisch oder organische Ursachen auf.⁴⁵ (Fimml W. 2003) Im Rahmen dieser Aufteilung wurden auch viele neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden

nach Blitzschlag mit Prozentzahlen aufgeführt. Dabei sind gerade die psychiatrischen und die neuro-psychologischen Symptome oftmals nicht eindeutig auseinander zu halten, da es zwischen beiden Gebieten eine Grauzone gibt. Trotzdem wurde versucht, jedes der Symptome eines der drei Gebiete ohne Doppelmeldung zuzuordnen. Nachfolgend ergibt sich dann das folgende Tabellenbild.

Neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden:

Siehe Tabelle 30 im Anhang.

In dieser Metaanalyse sind die führenden neurologischen Symptome der Schwindel vor Sensibilitätsdefiziten und Lichtempfindlichkeit. Neuro-psychologisch führt die Amnesie vor Schlafstörungen und Konzentrationsproblemen. Bezuglich des Auftretens von psychiatrischen Symptomen liegt die Reizbarkeit zahlenmäßig vor der Depression und der Unruhe.

Bezuglich der Schweiz gibt es eine neue, retrospektiv durchgeführte, Studie von 2012.⁸⁴ (Pfortmüller C.A. 2012) Diese beschäftigt sich mit Verletzungen, Folgeschäden und Behandlung bei blitzinduzierten Verletzungen. Darin findet man Daten einer 10jährigen Beobachtungszeit im Schweizer Traumacenter in Bern. Als Datenpool wurde der Zeitraum zwischen 01.01.2000 und 31.12.2012 gewählt. Patienten ab 16 Jahre fanden in der Erfassung Berücksichtigung. Laut dieser Studie gibt das Bundesstatistikamt der Schweiz an, dass im Zeitraum von 1999 bis 2009 in der Schweiz 42 Personen vom Blitz getroffen worden seien und sich anschließend in stationärer Behandlung befunden hätten. Das gehe aus der jeweiligen Krankenhausstatistik hervor. Im oben genannten Zeitraum vom 01.01.2000 bis zum 31.12.2012 sind im Traumacenter Bern 9 Personen mit neurologischen Verletzungen durch einen Blitzschlag aufgenommen und behandelt worden. Dabei zeigte sich eine Geschlechtsverteilung von 4 Frauen im Alter von 24-32 Jahren, Durchschnittsalter 31 Jahre, und von 5 Männern im

Alter von 41-58 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren. Bei den Blitzschlagopfern seien am häufigsten nach dem Ereignis Verletzungen des Nervensystems, gefolgt vom kardiovaskulären System, aufgetreten. Nach dieser Studie wurden bei 6 der 9 Patienten Verletzungen des Nervensystems hervorgerufen. Am häufigsten traten dabei Parästhesien auf. Davon waren 4 der 9 Patienten betroffen. Bei 2 Patienten war es zu einer Ke-raunoparalyse, die sich schnell wieder zurückbildete, gekommen. Einer der Patienten hatte Schwindel, einer Kopfschmerzen und bei einem zeigte sich ein Ausfall der Pupillenreaktion. Neuro-psychologische und psychiatrische Symptome wurden nicht erfasst. In der folgenden Tabelle sind die neurologischen Symptome und ihre Verteilung im Patientenkollektiv aufgeführt.

Neurologische Schäden:

Siehe Tabelle 31 im Anhang.

Für Großbritannien und Australien wurden in der gesichteten Fachliteratur oder in zugänglichen Zeitungsberichten keine oder nur unzureichende Angaben bezüglich der Aufteilung der Blitzschlagschäden nach neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Symptomen gefunden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich in der Fachliteratur bezüglich des prozentualen Auftretens von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag nur relativ wenige Fallstudien finden lassen. Diese sind vom Studiendesign sehr verschieden und haben ganz unterschiedliche Fallzahlen. Dadurch erklärt sich auch die relativ große Schwankungsbreite bezüglich der Prozentzahlen der einzelnen Symptome. Trotzdem lassen sich deutliche Parallelen der einzelnen Länder, bei denen Prozentzahlen vorliegen, finden. Dadurch ist ein Ländervergleich möglich. Dieser zeigt, dass im Verhältnis in etwa die prozentualen

Anteile neurologischer, neuro-psychologischer und psychiatrischer Symptome nach einem Blitzschlag in den einzelnen Ländern gleich sind. Allerdings besteht bezüglich der psychiatrischen Symptome ein großer Unsicherheitsfaktor, da bisher nur sehr wenige Fallstudien durchgeführt wurden, die psychiatrische Symptome nach einem Blitzschlag systematisch prozentual auswerten.

3.10. Ländervergleich bezüglich der Therapiedauer nach Blitzschlag

Bezüglich der Therapiedauer nach Blitzschlag gibt es in den einzelnen Ländern verschiedene Therapiekonzepte, welche auch vom jeweiligen Gesundheitssystem abhängig sind. Somit variieren auch die Zeiten der Therapiedauer sehr erheblich in den untersuchten Ländern. Abhängig ist die Therapiedauer auch von der Größe der angesammelten Therapievorerfahrung, das heißt zum Beispiel der Zahl der schon behandelten Blitzschlagopfer oder dem Aufbau spezieller Abteilungen zur Behandlung von Menschen, die vom Blitz getroffen und verletzt wurden. Dabei kommt den Vereinigten Staaten von Amerika eine Vorreiterrolle zu. In diesem Land werden schon seit Jahrzehnten landesweite Statistiken über Tote und Verletzte durch Blitzschlag geführt. Gleiches gilt für die Therapiekonzepte bezüglich der Behandlung von Blitzschlagopfern. In anderen Ländern wie Australien stecken die systematische Erfassung von Blitzschlagopfern und die Entwicklung spezieller Behandlungskonzepte für Menschen, die vom Blitz getroffen wurden, erst in den Kinderschuhen. Auch der Vergleich der Therapiedauer nach Blitzschlag in den untersuchten Ländern bezieht sich hauptsächlich auf Fallserien und nicht auf systemisch durchgeführte flächendeckende Untersuchungen

Über die Ländergrenzen und die einzelnen Therapiekonzepte der einzelnen Staaten hinweg zeigen sich trotzdem viele Gemeinsamkeiten. In den untersuchten Ländern ist das Verhältnis von durch Blitzschlag Gestorbenen und Verletzten zirka 1:10, variiert aber von Land zu Land etwas.¹⁸ (Cherington

M. 1999 Dabei zeigt sich gerade bei den Verletztenzahlen ein großer Graubereich, weil viele der Blitzschlagopfer durch den Stromdurchfluss entweder keinen oder nur einen sehr geringen Schaden erleiden. Sie suchen deshalb nur selten ein Krankenhaus oder einen niedergelassenen Arzt zur Behandlung auf. Von denen, die so schwer verletzt sind, dass sie doch ärztliche Hilfe, sei es im Krankenhaus oder ambulant, in Anspruch nehmen, ist ein größerer Teil nur leicht verletzt und zeigt deshalb schnell vollständig oder fast vollständig reversible neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Defizite. Diese Gruppe verbleibt meistens nur wenige Stunden bis maximal wenige Tage in ärztlicher Behandlung. Hier ist dann auch keine weitergehende Rehabilitationsbehandlung indiziert. Bei einem kleineren Teil der Blitzschlagopfer kommt es entweder sofort oder mit Verzögerung zu längerfristig behandlungsbedürftigen neurologischen, neuro-psychologischen oder psychiatrischen Schäden. Die Behandlungszeit in der Akutphase im Krankenhaus beträgt bei den schwereren Fällen mehrere Wochen bis wenige Monate, abhängig vom Verletzungsgrad und dem Körpersystem, welches am meisten vom Blitzschlag Schaden davon getragen hat. Die anschließende, zumeist neurologische, Rehabilitationsbehandlung zieht sich dann über mehrere Jahre oder sogar lebenslang hin. Laut Lammertse aus den USA ist bezüglich der neurologischen Schäden eine progrediente Reduktion der Defizite unter Therapie vor allem in den ersten 6 bis 12 Monaten zu erwarten. Bis maximal 24 Monate nach dem Ereignis stellen sich dann weitere, wenn auch langsamer als im vorher genannten Zeitraum, Verbesserungen bezüglich der neurologischen Funktionen ein. Im Zeitraum über zwei Jahre werden nur noch selten Minderungen der neurologischen Defizite gesehen.⁶⁵ (Lammertse D.P. 2005) Gatewood und Zane haben für neuro-psychologische und psychiatrische Symptome nach Blitzschlag festgestellt, dass diese in den ersten 12 Monaten nach dem Ereignis die beste Rückbildungstendenz haben. Danach gibt es bis zu 3 Jahren nach der Blitzschlagverletzung nur noch eine geringgradige Besserung der Symptome.⁷¹ (Medley M.O. 2004) Somit ist ein möglichst frühzeitig einsetzendes Therapieregime in der Akut- und in der Rehabilitationsphase

unbedingt notwendig, um das bestmögliche therapeutische Ergebnis zu erzielen. Dazu ist oft eine langjährige Behandlung indiziert.

3.11 Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters

Die Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters wurde nach drei Kriterien, für die valide Zahlen vorliegen, durchgeführt. Zum einen wurde die Zahl der Toten im Verlauf zwischen 1970 und 2010 untersucht. Als zweites Untersuchungskriterium wurde für den Zeitraum von 1980 bis 2010 zum anderen die Geschlechterverteilung im Verlauf untersucht. Das dritte Kriterium ist die Aufteilung nach Altersstufen in den Jahren von 1980 bis 2010.

Einteilung nach Toten über den Verlauf von 1970 bis 2010:

Siehe Diagramm 2.

Aus dem Diagramm 2 lässt sich ersehen, dass zwischen 1970 und 2010 die Zahl der Toten durch Blitzschlag in Deutschland, außer einer Phase Anfang bis Mitte der 80er Jahre mit wieder deutlich höheren Opferzahlen als in den Vorjahren, fast kontinuierlich zurückgegangen ist. So waren es im Jahr 1970 noch 25 Tote, Frauen und Männer gemeinsam, die durch einen Blitzschlag getötet wurden. Im Jahr 2010 hingegen hat es laut dem Deutschen Bundesamt für Statistik keine Blitzschlagtoten gegeben. Auch in den Jahren vor 2010 haben sich seit der Jahrtausendwende schon niedrige Opferzahlen gezeigt. Demzufolge zeigen auch die Durchschnittszahlen der einzelnen Jahrzehnte einen kontinuierlichen Abfall der durch Blitzschlag getöteten Menschen. Für die Jahre 1970 bis 1979 liegt der Durchschnitt bei 18 Opfern pro Jahr. Die Durchschnittsbilanz zwischen den Jahren 1980 und 1989 weist einen Wert von 15,9 Blitzschlagopfern pro Jahr auf. Für die Jahre 1990 bis 1999 ist ein deutlicher Abfall des Durchschnitts auf 7,3 Opfer pro Jahr zu verzeichnen. Ein weiterer Abfall des Durchschnittswerts zeigt sich für den Zeitraum von 2000 bis 2009. Hier liegt der Wert bei 3,4

und liegt hiermit am deutlich niedrigsten im Vergleich zu den Vorwerten. Im ganzen Jahr 2010 hat es keine Blitzschlagtoten gegeben.

Einteilung nach Geschlechtern über den Verlauf von 1980 bis 2010:

Siehe Diagramm 12.

Bezüglich der Geschlechterverteilung ergibt sich ein etwas anderes Bild. In den meisten Jahren sind die Männer erheblich häufiger von tödlichen Blitzschlägen betroffen als die Frauen. Das liegt hauptsächlich daran, dass sich die Männer häufiger zum Arbeiten und zu Freizeitaktivitäten im Freien, wo fast ausschließlich die tödlichen Blitzschläge auftreten, aufhalten. Da die Frauen weniger als Männer von Blitzen getötet werden, fällt auch der Abfall der Todesfälle unter Frauen über die Jahrzehnte gesehen deutlich niedriger aus als bei den Männern. Die Geschlechteraufteilung in Deutschland ist über das Bundesamt für Statistik in vollständiger Form ab 1980 vorhanden. Im Jahr 1980 zeigte sich ein Geschlechterverhältnis von 3:1 zuungunsten der Männer bei einer Gesamtzahl von 24 Todesopfern in diesem Jahr. Das Jahr 2009 weist ein Verhältnis von 4:1 auf, wiederum zuungunsten der Männer bei einer Opferzahl von 5 im betreffenden Jahr. Dass das Verhältnis zwischen den Geschlechtern im Jahr 2009 deutlicher ausfällt als im Jahr 1980 liegt am ausgeprägten Abfall der Opferzahlen über die Jahre. Für das Jahr 2010 sind offiziell keine Todesopfer durch Blitzschlag verzeichnet. Deshalb lässt sich hier auch kein Geschlechterverhältnis herstellen.

In den einzelnen Jahrzehnten ergibt sich für Männer und Frauen auch ein unterschiedliches Bild. Zwischen den Jahren 1980 und 1989 ergibt sich für die Frauen eine Durchschnittszahl der Todesfälle von 3,1 und für die Männer von 12,8. Das entspricht ungefähr einem Verhältnis von 1:4. Für das Jahrzehnt zwischen 1990 und 1999 zeigt sich für die Frauen ein Durchschnittswert von 0,9 und für die Männer von 6,4. Das entspricht ungefähr einem Verhältnis von 1:7. Zwischen den Jahren 2000 und 2009 ergibt sich

für Frauen ein Wert von 0,5 und für Männer von 2,9. Das entspricht ungefähr einem Verhältnis von 1:6. Von 1980 bis 2009 zeigt sich für die Frauen ein Durchschnittswert von 1,5 und für die Männer von zirka 7,37. Das entspricht ungefähr einem Verhältnis von 1:5.

Einteilung nach Altersstufen über den Verlauf von 1980 bis 2010:

Siehe Diagramme 24 bis 27.

Für Deutschland besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1980 bis 2010. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berücksichtigt. Die einzelnen Altersstufen bestehen, außer der ersten, die nur ein Jahr umfasst, und der letzten, die alle Lebensjahre über 90 erfasst, immer aus 5 Jahren.

Wie aus den Diagrammen 24 bis 27 sowie der Tabelle 17 zu entnehmen ist, befinden sich über den zeitlichen Verlauf von 1980 bis 2009 die meisten Todesopfer durch Blitzschlag bei den Frauen in den Altersgruppen 15-<20, 30-<35 und 40-<45 J. mit 5 Toten sowie 10-<15 J. mit 4 Toten und bei den Männern in den Altersgruppen 15-<20 J. mit 39 Toten, 55-<60 J. mit 23 Toten sowie 25-<30, 35-<40 sowie 40-<45 J. mit jeweils 19 Toten. Somit haben Frauen und Männern gemeinsam in den Altersgruppen 15-<20 J. und 40-<45 J. sehr viele Tote. In den anderen Altersgruppen mit vielen Toten unterscheiden sich Männer und Frauen. Gemeinsam ist bei den Geschlechtern, außer einem Ausreißer bei den Männern mit der Altersgruppe 55-<60 J., dass die Zahl der Toten geschlechterübergreifend zwischen 15 und 45 Jahren am häufigsten ist. Das geht konform mit den Freizeitaktivitäten jüngerer Leute sowie Arbeiten im Freien in dieser Altersspanne.

4. Diskussion

4.1. Methodenkritik

Im Rahmen dieser Dissertation wurden in einer vergleichenden Literaturrecherche bezüglich mehrerer Länder die neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden, deren Behandlung und Prognose nach Blitzschlag untersucht. Dabei handelt es sich um ein Gebiet, welches bisher noch sehr unzureichend wissenschaftlich systematisch bearbeitet wurde. Bezuglich der Toten und Verletzten durch Blitzschlag existieren in den jeweiligen Bundesstatistikämtern teilweise seit Jahrzehnten durchgehende Aufzeichnungen, wobei die Vereinigten Staaten von Amerika in beiden Statistiken führend sind. Andere Länder, wie zum Beispiel Australien, haben bezüglich der systematischen Erfassung von Toten und Verletzten durch Blitzschlag noch deutlichen Nachholbedarf. Was die wissenschaftliche Erfassung von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag anbelangt liegen in keinem der untersuchten Länder durchgehende Datensätze vor. Die vorhandenen Daten stammen ausschließlich aus wissenschaftlich durchgeführten Fallstudien mit jeweils verschiedenem Studiendesign und unterschiedlichen Fallzahlen. Zumeist liegen in den Studien nur relativ geringe Fallzahlen vor, da die Rekrutierung von genügend Blitzschlagopfern bei der Seltenheit eines Blitzschlags mit Verletzung eines Menschen sehr schwierig ist. Zusätzlich kommt dazu, dass, wie bei jeder anderen wissenschaftlichen Studie auch, ein Teil der Patienten für einen längeren Beobachtungszeitraum nicht compliant ist und dadurch nur unvollständig im Verlauf gesehen wird. Das bringt das Problem, dass dann die erhobenen Patientenkrankheitsdaten nicht mehr den strengen wissenschaftlichen Richtlinien für Studien genügen und auch der Vergleich der Daten der unterschiedlichen Patienten nicht mehr oder nur noch teilweise gelingt. Ein weiteres Problem ist, wie oben schon erwähnt, dass viele der Blitzschlagopfer, welche durch den Blitz äußerlich nicht oder nur wenig verletzt wur-

den, oftmals keine ärztliche Hilfe aufsuchen und somit der Erfassung durch das Gesundheitssystem entgehen. Somit besteht von vornherein nur ein unvollständiges Bild über das wirkliche Zahlenverhältnis und die Prognose von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag. Schwierigkeiten ergeben sich auch durch das unterschiedliche Studiendesign der Fallstudien. Oftmals werden, besonders bei neuro-psychologischen und psychiatrischen Symptomen, die Symptome, je nach Studie, entweder der neurologischen, der neuro-psychologischen oder der psychiatrischen Symptomgruppe zugeordnet. In keinem der untersuchten und verglichenen Länder gibt es bis heute eine Datenbank der jeweiligen Bundesstatistikämter, welche die neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Akut- oder Langzeitschäden bei Blitzschlagverletzten festhält und statistisch auswertet. Auch einen wissenschaftlichen Standard zur Erfassung der untersuchten Symptomengruppen bestehen bis heute nicht. Als weiteres Problem stellt sich dar, dass innerhalb der vorliegenden Fallstudien oftmals nur nach einer Symptomengruppe, meistens neurologische Folgeschäden nach Blitzschlag, gesucht wurde. Dementsprechend war im jeweiligen Studiendesign auch die Gruppenzusammensetzung von vornherein eng und auf bestimmte Aspekte festgelegt. Innerhalb der einzelnen Fallstudien wurden zu Beginn nur eine sehr grobe Aufteilung bezüglich der verschiedenen Verletzungsmuster, der Verläufe und deren Prognose gemacht. Erst im Verlauf der Jahre erfolgte eine systematische und ständig verfeinerte Einteilung in verschiedene Verlaufsgruppen. Diese Entwicklung hat im anglo-amerikanischen Raum vor allem M. Cherington, ein weltweit führender Experte bezüglich neurologischer, neuro-psychologischer und psychiatrischer Schäden nach Blitzschlag, vorangetrieben. Im Jahr 2006 hat er eine Einteilung nach 5 Gruppen vorgeschlagen. Diese Einteilung ist heute wissenschaftlich weitestgehend akzeptiert und wird auch in neueren Fallstudien regelmäßig angewendet. Dabei kann man auch gut den Schweregrad der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schädigung anhand des zeitli-

chen Verlaufs abschätzen. Je länger die Symptomatik andauert, desto ungünstiger ist die Prognose bezüglich der Besserung beziehungsweise der Heilung des Symptoms und umso größer ist der Schädigungsgrad. Eine Einteilung nach dem Schweregrad der Verletzungen allein ist nicht möglich und auch nicht praktikabel, da jeder Mensch ein anderes Verletzungsmuster vom Blitzschlag davonträgt. Diese Verletzungsmuster lassen sich untereinander nur sehr schwer vergleichen. Dadurch ist eine Gruppenbildung deutlich erschwert. Auch sagt der Schweregrad der Verletzungen in der Akutsituation nicht unbedingt etwas über den weiteren Verlauf und die Prognose bezüglich des Heilungsprozesses aus. Gerade bei Stromunfällen durch Blitzschläge kommt es bei der richtigen Akuttherapie sehr oft zu einer schnellen und deutlichen Regredienz der Beschwerdesymptomatik, auch in schweren Fällen. Ein weiterer Kritikpunkt liegt darin, dass es bis heute kein länderübergreifendes strukturiertes und abgestimmtes Konzept bezüglich der Erfassung von Blitzschlagopfern mit neurologischen, neuropsychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden gibt. Dadurch werden in den verschiedenen untersuchten Ländern die Ergebnisse der Fallstudien auch unterschiedlich ausgewertet und interpretiert.

4.2. Interpretation der Ergebnisse der verschiedenen Register

Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen Landesregister bezüglich der Punkte Tote und Verletzte durch Blitzschlag, dem Verhältnis zwischen Opfern unter Frauen und Männern im zeitlichen Verlauf und Alterstufenverteilung der Blitzschlagopfer verglichen. Anschließend wird versucht, anhand der vorhandenen Fallstudien und Metaanalysen von Fallstudien, einen aussagekräftigen Vergleich der untersuchten Länder bezüglich der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag zu machen.

Amerikanisches Register:

In den USA liegen die umfangreichsten und über einen langen Zeitraum durchgehenden Datensätze bezüglich der Zahl der Toten und Verletzten durch Blitzschlag vor. In Bezug auf die Toten durch Blitzschlag gibt es über das statistische Bundesamt der USA eine komplette Zahlenreihe von 1970, dem Beginn des Erfassungszeitraums dieser Studie, bis 2011. Für die Blitzschlagverletzten liegen vollständige Datensätze ab 1995 bis 2011 vor. Außer für Großbritannien, für welches eine einzelne Verletztenzahl aus dem Jahres 2010 vorliegt, gibt es in der verfügbaren Fachliteratur oder den jeweiligen Statistikämtern der Länder keine gesicherten Daten zu Verletztenzahlen. Im Jahr 1995 zeigt sich in den USA ein Verhältnis von Blitzschlagtoten und durch Blitzschlag Verletzten von zirka 1 zu 6,7. Das heißt, es traten 6,7-mal so viele Verletzte wie Todesopfer auf. Im letzten Jahr mit vollständigen Datensätzen, 2011, findet sich ein Zahlenverhältnis von zirka 9,4 zuungunsten der Blitzschlagverletzten. Im Zeitraum von 1995 bis 2011 ist das Verhältnis zirka 1 zu 6,46 zuungunsten der Verletzten. Betrachtet man jeweils das Verhältnis der Jahre 1995 bis 2002 und 2003 bis 2011 zeigt sich für den erstgenannten Zeitraum eine Quote von zirka 6,52 zugunsten der Verletzten. Für die zweite Zeitspanne ergibt sich ein Verhältnis von zirka 1 zu 6,36. Im Verlauf zeigt sich somit nur eine minimale Reduktion des Verhältnisses von Toten und Verletzten durch Blitzschlag, sodass man nahezu eine Konstanz sieht. In der Fachliteratur wird etwa von einem Verhältnis von 1:10 zugunsten der Verletzten ausgegangen, da ein nicht unerheblicher Teil der wenig oder äußerlich gar nicht vom Blitzschlag verletzten Personen keinen Arzt zur Behandlung und Begutachtung aufzusuchen. Im untersuchten Zeitraum, 1970-2011, zeigte sich ein Durchschnitt von Todesopfern 71,88 pro Jahr. Der Durchschnitt der einzelnen Jahrzehnte im Verlauf zeigt ein ganz unterschiedliches Bild. Das Jahrzehnt von 1970 bis 1979 weist einen Durchschnitt von 108 Toten auf. Für das Jahrzehnt zwischen 1980 und 1989 liegt der Durchschnitt bei 88,4 Toten. Das Jahrzehnt von 1990 bis 1999 weist einen Durchschnitt der Toten durch Blitzschlag von 58,6 auf. Für die Jahre 2000 bis 2009 liegt der Durchschnittswert bei 41,4 Toten pro Jahr. Die Jahre 2010 und 2011 haben

zusammen einen Durchschnitt von 27,5 Toten pro Jahr. Damit ist über die Jahrzehnte ein kontinuierlicher Abfall der Toten durch Blitzschlag zu sehen. Für die Geschlechtsverteilung bezüglich Blitzschlagtoten in den USA liegt statistisch gesichertes Datenmaterial von 1995 bis 2011 vor. Für den Gesamtzeitraum findet sich ein Verhältnis zwischen Mann und Frau von zirka 1:4,57 zuungunsten der Männer, das heißt, dass zirka 4,57-mal mehr Männer als Frauen betroffen waren. Teilt man den Zeitraum von 1995 bis 2011 in zwei Zeitabschnitte, 1995 bis 2003 und 2004 bis 2011, auf, ergibt sich für den ersten Abschnitt eine Quote von zirka 1:4,64 und für den zweiten von 1:4,45 zuungunsten jeweils der Männer. Dabei zeigt sich im Verlauf ein leichter, aber statistisch nicht signifikanter, Abfall des Verhältnisses zwischen Männern und Frauen. Bezogen auf die jeweiligen Altersgruppen im Zeitraum 1995 bis 2011 sind die Altersgruppen mit den meisten Toten bei beiden Geschlechtern unter dem Punkt Ergebnisse aufgeführt. Bezuglich der Angaben von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag gibt es in den USA nur Daten über Fallserien und Einzeluntersuchungen. Bei Beteiligung des Rückenmarks können weniger als die Hälfte der sich im arbeitsfähigen Alter befindlichen Blitzschlagopfer wieder irgendwann in den Arbeitsprozess zurückkehren. Laut der verfügbaren Fachliteratur erleiden ungefähr 25% der vom Blitz getroffenen Personen eine posttraumatische Belastungsstörung. Für die USA geht man davon aus, dass zirka $\frac{3}{4}$ aller Blitzschlagopfer mit einer permanenten neurologischen, neuro-psychologischen oder psychiatrischen Schädigung verschiedener Graduierung weiterleben müssen.⁸¹ (Nield S.N.Z 2004) um deutlich größeren Teil bleiben dabei diskrete bis leichte Schäden zurück. Das bestätigen Studien von Nield und Kamat, Christopher B. Colwell, M. Cherington und M.A. Cooper.²⁸ (Cooper M.A. 1980) Grube et al haben 1990 festgestellt, dass es bei zirka 20% der Opfer von Stromunfällen, also nicht nur durch Blitzschlag, zu einer verzögert auftretenden peripheren Neuropathie kommt. Dabei sind am häufigsten der Nervus medianus, der Nervus ulnaris und der Nervus radialis betroffen.⁴⁸

(Grube B.J. 1990) Von Epperly und Stewart wurde 1989 ein Fall aus Georgia aufgeführt. In diesem Fall wurden am 3. Juni 1987 10 Soldaten gleichzeitig vom Blitz getroffen. Nach dem Blitzschlag hatten 70% vorübergehende Probleme mit der Zweipunktdiskriminierung und der Wahrnehmung leichter Berührungen, 80% zeigten kurzzeitige Parästhesien und 20% wiesen einen transienten Tinnitus und Hörprobleme auf.⁴³ (Epperly T.D. 1989) Engelstatter hat 1994 retrospektiv erhobene Daten bezüglich neuro-psychologischer und psychiatrischer Schäden nach einem Blitzschlag vorgestellt. Dabei wurden von 100 Blitzschlagüberlebenden die neuro-psychologischen, psychiatrischen und auch neurologischen Folgen nach einem Blitzschlag erhoben.⁴² (Engelstatter G.H. May 1994) Gemeinsam war den aufgeführten Symptomen, dass sie länger als 2 Jahre nach dem Blitzschlagereignis noch vorhanden waren. Die Erhebungsdaten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Neuro-psychologische, psychiatrische und neurologische Schäden:

Siehe Tabelle 29 im Anhang.

In einer Metaanalyse, teilweise auch mit Daten aus Großbritannien und Australien, fanden Primeau et al heraus, dass 10-20% der Blitzschlagopfer psychische Probleme entwickeln und dass Opfer, welche direkt von einem Blitz getroffen werden, im Verlauf zu 75% Verhaltensauffälligkeiten zeigen.⁸⁸

Deutsches Register:

Eine Statistik bezüglich der Verletztenzahlen durch Blitzeinwirkung für die einzelnen Jahre liegt bis heute noch nicht vor, auch nicht durch das Bundesamt für Statistik. Deshalb können nur Zahlen der Toten statistisch genutzt werden. Bezuglich Geschlechter- und der Altersstufenverteilung gibt es einen vollständigen Datensatz von 1980 bis 2010.

Aus dem Diagramm 2 lässt sich ersehen, dass zwischen 1970 und 2010 die Zahl der Toten durch Blitzschlag in Deutschland, außer einer Phase Anfang bis Mitte der 80er Jahre mit wieder deutlich höheren Opferzahlen als in den Vorjahren, fast kontinuierlich zurückgegangen ist. So waren es im Jahr 1970 noch 25 Tote, Frauen und Männer gemeinsam, die durch einen Blitzschlag getötet wurden. Im Jahr 2010 hingegen hat es laut dem Deutschen Bundesamt für Statistik keine Blitzschlagtoten gegeben. Demzufolge zeigen auch die Durchschnittszahlen der einzelnen Jahrzehnte einen kontinuierlichen Abfall der durch Blitzschlag getöteten Menschen. Die Durchschnittswerte für die einzelnen Jahrzehnte sind unter dem Kapitel Ergebnisse nachzulesen. Im ganzen Jahr 2010 hat es keine Blitzschlagtoten gegeben und auch für die folgenden Jahre sind im Durchschnitt weiter leicht fallende Opferzahlen, bedingt durch bessere Aufklärung und bessere Schutzmaßnahmen et cetera, zu erwarten. Bezuglich der Geschlechterverteilung ergibt sich ein etwas anderes Bild. Das liegt hauptsächlich daran, dass sich die Männer häufiger zum Arbeiten und zu Freizeitaktivitäten im Freien, wo fast ausschließlich die tödlichen Blitzschläge auftreten, aufhalten. Da die Frauen weniger als Männer von Blitzen getötet werden, fällt auch der Abfall der Todesfälle unter Frauen über die Jahrzehnte gesehen deutlich niedriger aus als bei den Männern. Die Geschlechteraufteilung in Deutschland ist über das Bundesamt für Statistik in vollständiger Form ab 1980 vorhanden. Bezuglich der Geschlechteraufteilung wird auf den Ergebnisteil verwiesen. Für das Jahr 2010 sind offiziell keine Todesopfer durch Blitzschlag verzeichnet. Deshalb lässt sich hier auch kein Geschlechterverhältnis herstellen. In den einzelnen Jahrzehnten ergibt sich ein Geschlechterverhältnis zwischen 1:4 und 1:7 zuungunsten der Männer. Von 1980 bis 2009 zeigt sich ein Gesamtverhältnis von 1:5 zuungunsten der Männer. Für Deutschland besteht bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen von Blitzschlagopfern ein durchgehender Datensatz von 1980 bis 2010. Dabei ist auch durchgehend die Geschlechteraufteilung berück-

sichtigt. Wie aus den Diagrammen 24 bis 27 sowie der Tabelle 17 zu entnehmen ist, befinden sich über den zeitlichen Verlauf von 1980 bis 2009 die meisten Todesopfer durch Blitzschlag bei den Frauen in den Altersgruppen unter 45 Jahren und bei den Männern in den Altersgruppen unter 60 Jahren. Gemeinsam sind Frauen und Männern die Altersgruppen 15-<20 J. und 40-<45 J. mit sehr viel Toten. Gemeinsam ist beiden Geschlechtern, dass die Zahl der Toten geschlechterübergreifend zwischen 15 und 45 Jahren am häufigsten ist. Das geht konform mit den Freizeitaktivitäten jüngerer Leute sowie Arbeiten im Freien in dieser Altersspanne.

Österreichisches Register:

In Österreich liegen über das dortige Bundesstatistikamt Daten vor, die eine durchgehende Statistik der Toten durch Blitzschlag von 1970 bis 2011 zeigen. Eine entsprechende offizielle Statistik über Verletzte nach Blitzschlag besteht für Österreich nicht. Es gibt nur vereinzelte Fallserien, welche aber nicht repräsentativ für das Gesamtkollektiv sind. Somit können die Ergebnisse dieser Fallstudien nicht statistisch für Gesamtösterreich genutzt werden. Zu neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Folgeschäden nach einem Blitzschlag findet sich in der Literatur eine größere Fallstudie. In dieser werden die neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Symptome in Gruppen aufgeteilt. Allerdings erfolgte keine Aufteilung nach Kurzzeit- und Langzeitschäden.

Bezüglich der Toten durch Blitzschlag ist die Durchschnittszahl über die Jahrzehnte von anfangs 5,7 Toten pro Jahr auf 1 Toten pro Jahr zurückgegangen. Von 1970 bis 2011 findet sich ein Gesamtdurchschnitt von 2,90 Toten pro Jahr. Damit zeigt sich über die einzelnen Jahrzehnte ein kontinuierlicher Abfall der Zahl der Toten durch Blitzschlag. Bezüglich der Geschlechterverteilung, zeigt sich über die Jahrzehnte ein Geschlechterverhältnis zwischen 1:3,58 und 1:9 Toten zuungunsten der Männer. In den Jahren 2010 und 2011 ergibt sich für die Männer ein Durchschnitt von 1,0

und für Frauen von 0 Toten pro Jahr. Da in diesen beiden Jahren keine Frauen an den Folgen eines Blitzschlags gestorben sind, lässt sich für diesen Zeitraum auch kein Verhältnis zwischen Mann und Frau errechnen. Der Durchschnitt über den Gesamtzeitraum zwischen 1970 und 2011 liegt bei einem Geschlechterverhältnis von 1:4,58 Blitzschlagtoten zuungunsten der Männer. Es fällt auf, dass über die einzelnen Jahrzehnte das Verhältnis zwischen Männern und Frauen immer weiter auseinandergeht, das heißt, dass zunehmend mehr Männer als Frauen im zeitlichen Verlauf vom Blitz tödlich getroffen werden. Das steht im Gegensatz zum deutschen Register, in dem im Verlauf das Verhältnis ungefähr gleich bleibt. Für Österreich besteht eine durchgehende Altersstufenaufteilung von 1970 bis 2011. Insgesamt umfasst die Aufteilung 20 Altersstufen. Für die Frauen zeigt sich dabei eine Häufung der Todesfälle vor allem in den Altersgruppen bis 59 Jahren. Bei den Männern häufen sich die Todesopfer durch Blitzschlag in den Altersgruppen bis 54 Jahren. Gemeinsam haben beide Geschlechter nur die Altersgruppe von 20-24 Jahren. Es zeigt sich in der Altersspanne von 20-54 J. eine deutliche Häufung der Todesfälle. In Bezug auf das Auftreten von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Symptomen besteht für Österreich eine Zusammenfassung mehrerer Fallstudien in der Fachliteratur. Diese Metaanalyse bezieht sich auf Blitzunfälle mit Menschenbeteiligung in den Alpen und wurde von Dr. Walter Fimml in Österreich durchgeführt. Er teilte dabei alle bei Blitzschlagopfern aufgetretenen Symptome, die eine Häufigkeit >25% hatten, in die 3 Kategorien organische Ursachen, psychische Folgen sowie psychisch oder organische Ursachen auf.⁴⁵ (Fimml W. 2003) Im Rahmen dieser Aufteilung wurden auch viele neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden nach Blitzschlag mit Prozentzahlen aufgeführt. Dabei sind gerade die psychiatrischen und die neuro-psychologischen Symptome oftmals nicht eindeutig auseinander zuhalten, da es zwischen beiden Gebieten eine Grauzone gibt. Trotzdem wurde versucht, jedes der Symptome eines der drei Gebiete ohne Doppelmeldung zuzuordnen. Nachfolgend ergibt sich dann das folgende Tabellenbild.

Neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden:

Siehe Tabelle 30 im Anhang.

Schweizerisches Register:

Für die Schweiz liegen bezüglich der Todesfälle pro Jahr durch Blitzschlag durchgehende Datensätze von 1970 bis 2009 durch das dortige Bundesstatistikamt vor. Statistiken über Verletztenzahlen pro Jahr durch Blitzschläge existieren von offizieller Seite bis heute nicht. Es wurde in der gängigen Fachliteratur eine Fallstudie für die Schweiz bezüglich neurologischer Akut- oder Langzeitschäden durch Blitzeinwirkung aus dem Jahr 2012 gefunden. Es existiert für die Toten durch Blitzschlag eine Geschlechteraufteilung von 1970 bis 2009. Gleiches gilt für die Aufteilung nach Altersstufen.

Bezüglich der Zahl der Toten liegt für die Schweiz der Gesamtdurchschnitt beider Geschlechter für den Zeitraum von 1970 bis 2009 bei 1,98. Dabei nehmen die Durchschnittszahlen zwischen den Jahrzehnten von 3,4 auf zuletzt 0,3 ab. Damit zeigt sich ein kontinuierlicher Abfall der Zahl der Toten durch Blitzschlag über die Jahrzehnte. Bezüglich der Geschlechterverteilung ergibt sich für den Gesamtzeitraum zwischen 1970 und 2009 ein Durchschnittswert von zirka 1,53 für die Männer und von 0,45 für die Frauen. Das führt zu einem Verhältnis von 1:3,39 zuungunsten der Männer. Wenn man die einzelnen Jahrzehnte aufschlüsselt liegen die Verhältniswerte zwischen 1:2 und 1:6 zuungunsten der Männer. Abgesehen des Jahrzehnts zwischen 1990 und 1999 ergibt sich eine kontinuierliche Angleichung der Zahl der Todesopfer in beiden Geschlechtern. In allen Jahrzehnten sind aber trotzdem im Vergleich deutlich mehr Männer als Frauen an einem Blitzschlag gestorben. Bezüglich der Altersstufenaufteilung sind bei den Männern und bei den Frauen die Altersstufen bis 54 Jahren am

meisten betroffen. Beiden Geschlechtern sind dabei die Altersgruppen 15-19 J., 20-24 J. und 50-54 J. gemeinsam. Die Zahl der Toten kumuliert dabei zwischen 15 und 24, 35-39, hier nur bei Männern, und 50-54 Jahren in beiden Geschlechtern. Bezüglich der Schweiz gibt es eine neue, retrospektiv durchgeführte, Studie von 2012 von Pfortmüller et al. Diese beschäftigt sich mit Verletzungen, Folgeschäden und Behandlung bei blitzinduzierten Verletzungen. Darin findet man Daten einer 10jährigen Beobachtungszeit im schweizer Traumacenter in Bern. Als Datenpool wurde der Zeitraum zwischen 01.01.2000 und 31.12.2012 gewählt. Patienten ab 16 Jahre fanden in der Erfassung Berücksichtigung. Laut dieser Studie gibt das Bundesstatistikamt der Schweiz an, dass im Zeitraum von 1999 bis 2009 in der Schweiz 42 Personen vom Blitz getroffen worden sind und sich anschließend in stationärer Behandlung befunden haben. Im oben genannten Zeitraum vom 01.01.2000 bis zum 31.12.2012 sind im Traumacenter Bern 9 Personen mit Verletzungen durch einen Blitzschlag aufgenommen und behandelt worden. Dabei zeigte sich eine Geschlechtsverteilung von 4 Frauen im Alter von 24-32 Jahren, Durchschnittsalter 31 Jahre, und von 5 Männern im Alter von 41-58 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren. Bei den Blitzschlagopfern sind am häufigsten nach dem Ereignis Verletzungen des Nervensystems, gefolgt vom kardiovaskulären System, aufgetreten. Nach dieser Studie wurden bei 6 der 9 Patienten Verletzungen des Nervensystems hervorgerufen. Am häufigsten traten dabei Parästhesien auf. Davon waren 4 der 9 Patienten betroffen. Bei 2 Patienten war es zu einer Keraunoparalyse, die sich schnell wieder zurückbildete, gekommen. Einer der Patienten hatte Schwindel, einer Kopfschmerzen und bei einem zeigte sich ein Ausfall der Pupillenreaktion. Neuro-psychologische und psychiatrische Symptome wurden nicht erfasst. In der folgenden Tabelle sind die neurologischen Symptome und ihre Verteilung im Patientenkollektiv aufgeführt.

Neurologische Schäden:

Siehe Tabelle 31 im Anhang.

Kanadisches Register:

Für Kanada existieren über das dortige Bundesamt durchgehende Statistiken bezüglich der Zahl der Blitzschlagtoten in beiden Geschlechtern von 1970 bis 2009 und der Einteilung der Todesopfer durch Blitzschlag in Altersgruppen von 1970 bis 1991 und von 2000 bis 2009. Zuverlässige Statistiken zu neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Akut- oder Langzeitschäden nach Blitzschlag existieren für Kanada nicht.

Von 1970 bis 2009 liegt in Kanada der Gesamtdurchschnitt der Blitzschlagtoten bei 5,4 Toten pro Jahr. Schlüsselt man die einzelnen Jahrzehnte auf, liegen die Durchschnittsverhältniswerte zwischen 1:2,77 und 1:10 zuungunsten der Männer. Der Gesamtdurchschnitt von 1970 bis 2009 bezüglich der männlichen Toten durch Blitzschlag liegt bei 4,5, der der Frauen bei 0,9. Das entspricht einem Verhältnis von 1:5 zuungunsten der Männer. Bezuglich der Geschlechtsverteilung der Blitzschlagtoten zeigt sich das Verhältnis über die Jahrzehnte uneinheitlich, schwankt aber meistens um die 1:5 zuungunsten der Männer. Bei der Aufteilung nach Altersstufen liegen gesicherte statistische Daten von 1970 bis 1991 und von 2000 bis 2009 vor. Da zwischen 1992 und 1999 keine Daten vorliegen, ist nur eine mit Unsicherheiten behaftete Einteilung nach Altersstufen möglich. Demnach sind es bei den Männern und Frauen die Altersstufen bis 34 Jahren mit Peaks. Zusammenfassend zeigt sich in Kanada zwischen 15 und 34 Jahren ein großer Teil der Blitzschlagtoten in beiden Geschlechtern.

Register für Großbritannien:

Für Großbritannien ergibt sich das Problem, dass es lange kein einheitliches Register für das ganze Land gab. Lange Zeit wurden in England, Irland und Wales, in Nordirland und in Schottland jeweils eigene Statistiken zu Blitzschlagtoten geführt. Erst seit 1993 hat die Organisation TORRO

die Daten zum Teil zusammengeführt. Es liegen inzwischen durchgehende Statistiken von 1993 bis 2010 vor. Vor 1993 wurden in England, Irland und Wales in den Jahren 1970, 1980 und 1990 jeweils Datenerhebungen zu Blitzschlagtoten gemacht. Es liegt auch ein einzelner Wert von 1982 vor, da hier mit 15 Toten die Blitzschlagopferzahl in einem einzelnen Jahr besonders hoch war. Eine Statistik über Verletzte durch Blitzschlag besteht bis heute nicht. Auch gibt es für Großbritannien keine bekannten Fallstudien zu neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Akut- oder Langzeitschäden nach einem Blitzschlag. Da für 1970, 1980, 1982 und 1990 nur Werte für diese Jahre vorliegen und die Daten deshalb nicht repräsentativ zu verwerten sind, wird hier nur der Zeitraum von 1993 bis 2010 bezüglich der Opferzahlen be- und ausgewertet. Bezüglich der Geschlechter- und der Altersstufenaufteilung liegen von 1998 bis 2010 über TORRO gesicherte Statistiken vor.

Für Großbritannien liegen von 1993 bis 2010 statistische durchgehende Daten bezüglich der Blitzschlagtoten vor. In diesem Zeitraum liegt der Gesamtdurchschnitt pro Jahr bei zirka 2,11. Die Geschlechteraufteilung zwischen 1998 bis 2010, frühere Daten sind nicht verfügbar, zeigt einen Gesamtdurchschnitt von zirka 1,54. Das Geschlechterverhältnis beträgt zirka 1:4 zugunsten der Männer. Bezüglich der Aufteilung nach Altersstufen gibt es bei den Männern die höchsten Opferzahlen bis 24 Jahre. Bei Frauen ist das bis 64 Jahre der Fall. Aus den wenigen verfügbaren Daten lässt sich schließen, dass hauptsächlich Menschen unter 45 Jahren, mit einem Schwerpunkt zwischen dem 20. und dem 24. Lebensjahr, vom Blitz getötet werden. Weitere Aussagen lassen sich nicht mit Sicherheit treffen.

Australisches Register:

Für Australien besteht erst seit dem Jahr 2000 über das dortige Bundesstatistikamt eine durchgehende Statistik über Todesfälle durch Blitzschlag.

Diese Statistik geht bisher bis zum Jahr 2009. Statistiken über neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Akut- oder Langzeitschäden nach Blitzschlag werden nicht geführt. Bezuglich der Geschlechterverteilung liegen ebenfalls nur Datensätze von 2000 bis 2009 vor. In diesem Zeitraum gibt es einen Gesamtdurchschnitt für Tote durch Blitzschlag von 1,4. Für Männer zeigt sich ein Gesamtdurchschnitt von 0,8 und für Frauen von 0,6 Toten. Das ergibt ein Verhältnis von zirka 1,33 zuungunsten der Männer. Hier zeigt sich im Vergleich zu den anderen Ländern das ausgeglichenste Verhältnis zwischen Männern und Frauen im Punkt Tod durch Blitzschlag. Da für Australien die kürzeste Statistikreihe vorliegt, sind die oben genannten Durchschnittszahlen für dieses Land kritisch zu sehen, weil doch ein erheblicher Unsicherheitsfaktor besteht. Bezuglich der Altersstufenaufteilung wurde für Australien von 1970 bis 2009 nur eine Aufteilung in 3 Altersspannen, ohne Unterteilung in Geschlechter, vorgenommen. Die erste geht bis zum 34. Lebensjahr, die zweite bis zum 69. Lebensjahr und die dritte ab dem 70. Lebensjahr. Demnach sind, nach Auswertungen des Bundesstatistikamts Australiens, zwischen 1970 und 2009 insgesamt 81 Menschen durch einen Blitzschlag gestorben. Dabei sind davon 47 bis zum 34. Lebensjahr, 34 bis zum 69. Lebensjahr und keine Menschen ab dem 70. Lebensjahr gestorben.

4.3. Das derzeit optimale medizinische Behandlungskonzept nach Blitzschlag

Bezuglich des optimalen Behandlungskonzepts von Blitzschlagopfern hat die Wilderness Medical Society im September 2012 neue Richtlinien veröffentlicht.³⁶ (Davis C. September 2012) Allgemein ist anerkannt, dass die körperlichen und psychischen Schäden umso größer sind, je direkter die Person vom Blitz getroffen wird. Besonders fatal ist es, wenn der Blitz direkt den Kopf des Opfers trifft. Nach Eintreten des Herz- und Atemstillstands muss sofort wiederbelebt werden. Dabei ist zu beachten, dass zuerst wieder der Blutkreislauf zu arbeiten beginnt bevor auch der Atemstillstand

unterbrochen werden kann. Deshalb sollte so schnell wie möglich eine Unterstützung der Atmung eingeleitet werden. Sollte dies nicht erfolgen oder gelingen, kann es bei einem Atemstillstand zu einem sekundären Herzstillstand kommen.⁷⁶ (Mistovich J.J. 2008) Mit Wiederherstellung der Zirkulation sind die Prognose und das Outcome für Blitzschlagopfer sehr gut.

Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu wissen, dass die Mortalität bei Opfern mit Herzstillstand durch Blitzschlag deutlich geringer ist als bei anderen Formen des Kreislaufstillstands. Bei Blitzschlagopfern muss deshalb vom normalen Procedere bei der Versorgung von Unfallopfern abgewichen werden (Reverse triage), das heißt, dass bei Blitzschlagopfern zuerst die mit einem Kreislauf- und Atemstillstand versorgt werden müssen.

Denn wenn ein Opfer den initialen Blitzschlag überlebt, ist ein Versterben im Verlauf sehr selten. Bei anderen Unfalltypen werden zuerst die Schwerverletzten versorgt. Danach folgen die leichter Verletzten. Die Wiederbelebung bei Blitzschlagopfern kann sofort nach dem Unfall begonnen werden, da die Opfer die Blitzschlagenergie nicht speichern und deshalb auch nicht bei Berührung auf andere Menschen weitergeben können. Die bestehenden Algorithmen für die Basis- und erweiterten Maßnahmen zur Lebenserhaltung, inklusive der standardisierten Traumaversorgung, kommen dabei zur Anwendung und sind weiterhin der Standard in der Literatur. Wenn die Maßnahmen nach Standard, das heißt auch unverzüglich, durchgeführt werden, sind in der Literatur zahlreiche Fälle beschrieben, in denen die Blitzschlagopfer mit intakten neurologischen Funktionen überlebt haben. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der limitierende Faktor bezüglich des Überlebens eines Blitzschlags oder der Entwicklung schwerer neurologischer Folgeschäden die Länge des Atem- und nicht des Kreislaufstillstands ist.²³ (Conrad L. 1998) Es darf im Zusammenhang mit Blitzschlag nicht der Fehler gemacht werden, weite und nicht auf Licht reagierende Pupillen als Zeichen einer schlechten Prognose oder eines Hirntods zu interpretieren.^{55/110} (Hinkelbein J.S.O. 2012/Zack F. 2007)

In diesem Abschnitt soll nun genauer auf die Erstversorgung und weitere Behandlung von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden durch Blitzschlag eingegangen werden. Dabei reicht bezüglich des neurologischen Schädigungsmusters die Spanne der Verletzungen von sehr leicht und vorübergehend bis hin zu schwersten Schädigungen mit Lebensgefährdung. Eher selten kommt es dabei auch zum Tod durch Blitzschlag. Die Wilderness Medical Society kommt zu dem Schluss, dass bei längerfristigen oder permanenten neurologischen Schädigungen durch Blitzschlag nur eine langjährige, manchmal auch lebenslange, neurologische Rehabilitationsbehandlung die einzige Behandlungsoption ist. Der Großteil der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Symptome nach einem Blitzschlag sind aber vorübergehender Natur und sind rasch vollständig oder mit einem kleinen, nicht alltagsrelevanten, Restzustand rückläufig. In diesen Fällen ist zumeist nur eine kurzfristige ambulante oder Krankenhausbehandlung notwendig. Ein anderer Teil der Verletzten durch Blitzschlag entgeht der Registrierung durch das Gesundheitssystem, da sie weder eine ambulante noch stationäre Behandlung aufsuchen. Diese Blitzschlagopfer stehen entweder unter Schock und lassen sich deshalb nicht medizinisch untersuchen oder sie sind so leicht verletzt, dass sie die Verletzungen selbst behandeln. Dabei entgehen leicht die diskreten neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden der medizinischen Dokumentation, da die Opfer selbst die leichten Schädigungen nicht wahrnehmen oder sie diese im Alltag nicht oder kaum beeinträchtigen. Im Rahmen der neurologischen Schäden durch Blitzschlag gibt es die Gruppe der verzögert, teilweise erst Jahre danach, auftretenden Syndrome. Diese entgehen zu Beginn einer Akut- oder rehabilitativen Behandlung, weil die Störung eben erst verzögert auftritt. Der Mechanismus, der hinter dem Auftreten dieser Syndrome steckt, ist bis heute weitestgehend unbekannt. Bei Auftreten dieser Krankheitsbilder sollte sofort ein Neurologe zur ausführlichen Examination und Festlegung des Behandlungsregimes aufgesucht werden. Gleiches gilt nach den Leitlinien für alle Blitzschlagopfer, um traumatische Verletzungen des zentralen

Nervensystems ausschließen zu können. Alle vom Blitz getroffenen Menschen, die dadurch das Bewusstsein verloren haben oder danach Verhaltensauffälligkeiten zeigen, sollten mindestens eine kranielle Computertomographie, besser eine MRT, erhalten.^{4/17} (Aslan S. 2004/Cherington M. 2005) In der Literatur sind viele neuro-psychologische und psychiatrische Folgeerscheinungen beziehungsweise Schäden bei Blitzschlagopfern beschrieben.^{16/88} (Cherington M. 2005/Primeau M. September 1995) Diese Syndrome entstehen typischerweise erst Tage bis Wochen nach dem Blitzschlag. Die Opfer von Blitzschlägen sollten von den professionellen Ersthelfern auf neuro-psychologische und psychiatrische Schäden untersucht werden. Bei Auftreten dieser Symptome wird eine genauere Examination durch einen auf diese Dysfunktionen spezialisierten Therapeuten oder Arzt empfohlen.³⁶ (Davis C. 2012) Des Weiteren sollte jedes Blitzschlagopfer mit Entwicklung von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden sich von einem Hilfsnetzwerk für Blitzschlagopfer beraten lassen. Dadurch können die Betroffenen selbst noch mehr über die Langzeitfolgen von Blitzschlagverletzungen erfahren.

Im Folgenden werden die aktuellen Therapiekonzepte bezüglich der verschiedenen Verletzungsmuster im Nervensystem durch Blitzschlag, beginnend mit dem Rückenmark, vorgestellt. Als Grundsatz lässt sich sagen, dass bei einer Schädigung des Rückenmarks durch den Blitzschlag der Beginn einer möglichst zeitnahen Neurorehabilitationsbehandlung sehr wichtig ist. Die Angaben bezüglich der Prozentzahl des Auftretens von Rückenmarksschädigungen nach Blitzschlag schwanken zwischen 2 und 27%.^{65/100} (Lammertse D.P. 2005/Varghese G. 1986) Die Schädigungen am Rückenmark können dabei durch direkte oder indirekte Stromwirkung hervorgerufen werden. Im ersten Fall werden die Nerven im Rückenmarkskanal direkt vom Strom durchflossen und im anderen Fall erhalten Strukturen im Bereich der Wirbelsäule direkt die Stromaffektion, welche sekundär dann wiederum das Rückenmark schädigt. Bei beiden Mechanismen werden die Nervenzellen in verschiedenem Maß geschädigt. Die

Gründe für die Schädigung und die damit verbundene verminderte Zellfunktion sind dabei die Hitzeentwicklung durch die Stromenergie, die Denaturierung der Zellproteine und die erhöhte Permeabilität der Nervenzellwände.⁶⁷ (Lee R.C. 2000) Die Schädigung des Rückenmarks kann dabei in verschiedenen Verlaufsformen vorkommen. Die erste Form ist sofort mit dem Blitzschlag auftretend. Dabei stehen Lähmungen mit Bewegungsunfähigkeit der Extremitäten, die Beine mehr als die Arme, und variierende Sensibilitätsstörungen im Vordergrund. Diese Affektion des Rückenmarks dauert maximal 24 Stunden an. Der Fachterminus für diese Störung lautet Keraunoparalyse.^{83/97} (Panse F. 1970/Ten Dius H.J. 1986) Die Keraunoparalysis wird in der Literatur häufig beschrieben. In einer Studie wurde bei Blitzschlagopfern ein Prozentsatz von 37% gefunden.²⁸ (Cooper M.A. 1980) Die zweite Gruppe von Rückenmarksverletzungen durch Blitzschlag ist die, in der auch sofort Symptome auftreten, welche aber dauerhaft bestehen bleiben und zu langfristigen oder lebenslangen Einschränkungen führen.²⁰ (Cherington M. May 1992) Des Weiteren existiert noch eine dritte Gruppe von Rückenmarksverletzungen durch Blitzschlag, welche verzögert und progressiv auftretende Symptome umfasst. Diese treten erst nach Tagen oder Wochen auf und führen zu dauerhaften körperlichen Einschränkungen, welche viel häufiger das motorische als das sensorische System betreffen.^{35/83} (Davidson G.S. 1988/Panse F. 1970) Bei der mit Verzögerung auftretenden Myelopathie zeigt sich nur bei einer geringen Zahl der Betroffenen, nämlich 5%, eine teilweise Rückbildung der Symptomatik.⁹³ (Solem L. 1977) Die vierte und letzte Gruppe von Rückenmarksverletzungen durch Blitzschlag betrifft sekundäre Schädigungen des Rückenmarks wie zum Beispiel durch Stürze.⁹² (Silversides J. 1964) Die Behandlung von Rückenmarksverletzungen nach Blitzschlag gliedert sich in die Akut- und in die neurologische Rehabilitationsphase. Nach einer akuten Rückenmarksverletzung wird zuerst das Ausmaß der Schäden nach einem internationalen Standardprogramm eruiert. Dieses Programm wurde und wird von der America Spinal Injury Association (ASIA) herausgege-

ben.³ (ASIA 2002) Heute wird als Standard eine Kombination aus klinischem Befund und der ASIA Beeinträchtigungsskala verwendet. Nach den internationalen Standards der ASIA ist festgelegt, dass sich das vorhandene neurologische Niveau nach dem untersten Rückenmarkssegment mit normaler klinischer Funktionalität richtet. Die genannten Richtlinien sind ursprünglich für Patienten entworfen worden, welche eine traumatische Rückenmarksverletzung erlitten haben. Deshalb kann man diese Richtlinien nicht 1 zu 1 auf Patienten mit Rückenmarksverletzungen durch Blitzschlag verwenden, da in diesen Fällen die neurologischen Schädigungsmuster viel komplexer sind. Es sollten in der Akutphase der Verletzung auf jeden Fall eine Computertomographie oder eine Kernspintomographie der Wirbelsäule durchgeführt werden, um Frakturen, Dislozierungen, rupturierte Bandscheiben und Einengungen des Spinalkanals auszuschließen. Bei Einengungen des Spinalkanals nach dem Blitzschlag sind oft neurochirurgische Interventionen notwendig.⁹⁴ (Sonntag V.K. 1990) Kontrovers wird die Gabe von Metylprednisolon in der Akutphase diskutiert. In der zweiten National Acute Spinal Cord Injury Study (NASCIS) wurde eine Besserung der Beschwerdesymptomatik durch die Gabe von 30 mg/kg Methylprednisolon im Bolus, gefolgt von einer dreiundzwanzigstündigen Infusion mit 5,4 mg/kg, festgestellt. Voraussetzung dafür war, dass die Behandlung innerhalb der ersten 8 Stunden nach der Verletzung eingesetzt hat. Einschränkend ist zu sagen, dass sich die Empfehlung auf Rückenmarksverletzungen bezieht, die nicht durch einen Blitzschlag verursacht werden.^{12/51} (Bracken M.B. 1990) Nach der Akutversorgung sollte schnellstmöglich eine multiprofessionelle neurologische Rehabilitationsbehandlung einsetzen. Dadurch können zum Beispiel Nachfolgekomplikationen vermieden oder zumindest minimiert werden. Je nach Verletzungsmuster müssen verschiedene Therapeutengruppen individuell mit verschiedenen Schwerpunkten tätig werden. Besondere Wichtigkeit kommt dabei den Physio- und Ergotherapeuten zu. Dazu kommen, je nach Schädigung, Logopäden, Psychologen und Beschäftigungstherapeuten. Dabei hängt das

jeweilige Behandlungskonzept auch zum einen von der Höhe der Rückenmarksschädigung und zum anderen auch von den Begleitsymptomen ab. So liegt zum Beispiel beim einen Patient der Behandlungsschwerpunkt auf der Blasen- und/oder Mastdarmlähmung und beim anderen auf der Behandlung von Durchblutungsstörungen. Wichtig innerhalb des rehabilitativen Prozesses ist oft auch die Hilfsmittelversorgung. Denn je nach Schädigungs niveau am Rückenmark kommt es zu entsprechender Schädigung oder dem Ausfall von Muskelgruppen. Entsprechend der Schwere des Verletzungsmusters kann sich die rehabilitative Behandlung stationär bis zu mehreren Monaten und anschließend ambulant lebenslang hinziehen. Der Erfolg der Rehabilitationsbehandlung hängt neben dem Schädigungsmuster von Faktoren wie dem Alter des Verletzten, dessen Motivation, der kognitiven Anpassungsfähigkeit, den Komorbiditäten und der Versorgung mit Hilfsmitteln wie Rollstuhl und Gehstock et cetera ab.²⁴ (Consortium for Spinal Cord Medicine 1999)

Ein größerer Teil der Blitzschlagopfer trägt auch Verletzungen des Gehirns davon. Die Hirnverletzungen werden dabei in 3 Kategorien eingeteilt. Die erste ist die globale Dysfunktion, die zweite die fokale Hirndysfunktion und die dritte die neuro-psychologische Dysfunktion. Dabei ist eine umgehende neurorehabilitative Behandlung bei allen 3 Kategorien, nach Abschluss der Akutbehandlung, sehr wichtig.¹⁰⁹ (Yarnell P.R. 2005) Der Planungszeitraum bezüglich der Rehabilitationsbehandlung sollte einen längeren Zeitabschnitt einrechnen. Das heißt, dass sich der Rehabilitationsprozess über Jahre oder auch lebenslang hinziehen kann.^{38/61/86} (Dobkin B.H. 2003/Katz D.I. 2004/Pliskin N. 1998) Die Rehabilitationsbehandlung muss sich dabei immer am vorherrschenden Verletzungsmuster orientieren.

Nach Verletzung des Gehirns durch Blitzschlag kann es zum Beispiel zu Hemiparesen, einer Ataxie, einer Aphasie, einer Dysarthrie, einem Hемineglect, einer Hemianopsie oder zu kognitiven, Verhaltens- und emotionalen Auffälligkeiten kommen. Das Ziel aller rehabilitativen Bemühungen ist dabei, die körperlichen, psychischen und neuro-psychologischen Folgen

nach einer Blitzschlagverletzung des Gehirns auf Dauer zu reduzieren und zu minimieren. Dabei wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Wiederherstellung oder die Erhaltung der ADL gelegt. Dadurch wird gewährleistet, dass der Betroffene später ein möglichst selbständiges Leben führen kann. Bezuglich der psychiatrischen und der neuro-psychologischen Folgen ist das Therapieziel die Reduktion oder vollständigen Behebung dieser. Bei Patienten, die nach einem Blitzschlag zum Beispiel einen Korsakow-ähnlichen Zustand zeigen, liegen die Behandlungsschwerpunkte bei der Verbesserung der kognitiv-mnestischen Funktionen, der Affektstabilisierung mit zum Beispiel der Reduktion einer Depression et cetera. Unterstützt wird dieser Prozess durch eine medikamentöse Behandlung mit Cholinesterasehemmern, dopaminergen und sympathomimetischen Medikamente, Antidepressiva, Stimmungsstabilisierern, Antikonvulsiva, Analgetika und tonussenkenden Medikamente. Bezuglich der psychiatrischen und neuro-psychologischen Beschwerdesymptomatik kommt auch oft eine Therapie mit kognitiver Verhaltenstherapie zum Einsatz. Was die körperlichen Schäden nach Blitzschlag mit Affektion des Gehirns angeht, kommen physiotherapeutisch zum Beispiel Techniken nach Vojta zur Anwendung. Typische Symptome nach einer zerebralen Schädigung nach Blitzschlag sind Schmerzen, eine Blasendysfunktion, eine Spastik und ein Neglect. Bezuglich Schmerzen lässt sich sagen, dass diese bei dieser Gruppe von Verletzten oft auftreten. Häufig handelt es sich um einen zentralen Schmerz.^{11/70} (Bowsher D. 1995/Martelli M.F. 2004) Hier helfen besonders Physiotherapie und zentralwirksame Schmerzmittel. Bezuglich der Blasendysfunktion ist häufig eine temporäre intermittierende Selbstkatherisierung notwendig. Bei einer Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie ist oft eine medikamentöse Intervention notwendig. Bezuglich des Auftretens von Spastik nach einer zerebralen Verletzung durch Blitzschlag kommt eine Kombination aus Physiotherapie und Medikamenten als Therapie der Wahl zum Tragen.⁴⁴ (Esquenazi A. 2004) Medikamentös sind Baclofen, Tizanidin, Dantrolen und Diazepam in Gebrauch. Wobei letzteres wegen des Abhängigkeitspotentials eher weniger eingesetzt wird. Der Nachteil

dieser Medikamente ist, dass sie die kognitiven Funktionen der Patienten, wie Wachheit, stark beeinflussen. Bei Patienten mit chronischer und starker Spastik mit Gefahr von Versteifungen der Gelenke werden auch intrathekale Baclofenpumpen, unter Beachtung der Sicherheitshinweise, mit Erfolg eingesetzt. Bezuglich des Neglects kommt hauptsächlich eine neuro-psychologische Behandlung zum tragen. Dabei wird zum Beispiel die Aufmerksamkeitsfokussierung als eine der Standardmethoden oft durchgeführt. Medikamentöse Behandlungen mit dopaminergen Stoffen erbrachten uneinheitliche Ergebnisse.⁴⁹ (Grujic Z. 1998)

Das autonome Nervensystem wird in das sympathische und das parasympathische System aufgeteilt. Die dadurch versorgten Organe stehen unter einer unwillkürlichen Kontrolle. Systeme, die darunter fallen, sind das kardiale, das urogenitale, das gastrointestinale sowie die Thermoregulation und die Versorgung der Gefäße. Anhand von zwei Beispielen des autonomen Nervensystems soll nun das jeweilige Rehabilitationsregime vorgestellt werden. Bezuglich des komplexen regionalen Schmerzsyndroms ist der Rehabilitationsprozess schwierig und langwierig. Bisher wurden viele verschiedenen Therapiemethoden ausprobiert. Eine Standardmethode hat sich dabei nicht etabliert, welche überall akzeptiert ist. An Therapiemethoden werden adrenerg wirksame Medikamente, Sympathikusblockaden, Antikonvulsiva und trizyklische Antidepressiva verwendet. Bei besonders schweren und therapierefraktären Krankheitsverläufen wird invasiv eine Sympathektomie durchgeführt.^{60/85} (Jost W.H. 2005/Pittmann D.M 1997) Ergänzt wird das therapeutische Regime durch Physiotherapie, Ergotherapie, physikalische und psychologische Maßnahmen. Alle genannten Therapien sollten so bald wie möglich beginnen, um ein optimales Ergebnis zu bekommen. Die Ziele dieser Behandlung sind die Erhaltung oder Wiedererlangung der Funktionalität der betroffenen Extremität und die Verbesserung bezüglich der ADL. Das zweite Beispiel ist die Neurorehabilitation von kardialen Schädigungen durch Blitzschlag. Auch hier greift ein multi-

professioneller Therapieansatz. Besondere Wichtigkeit fällt dabei der psychologischen Behandlung zu, da viele Patienten mit Herzschädigungen zum Beispiel Angststörungen entwickeln.

Eine weitere Gruppe von Schädigungen nach Blitzschlag sind die Verhaltensstörungen. Auch hier sollten die einzelnen Therapien möglichst früh und oft, teilweise über Jahre oder sogar lebenslang, einsetzen.^{21/34/53/62/88} (Chico M.S. 1999/Danielson J.R. 2000/Heilbronner R.L. 1999/Kay T. 1993/Primeau M. September 1995) Verhaltensstörungen können sich zum Beispiel in Form von Affektschwankungen, unkontrollierbaren Wutausbrüchen, verminderter Frusttoleranz und kognitiven Defiziten zeigen. Das derzeit optimale Behandlungskonzept ist eine Kombination aus kognitiver Verhaltenstherapie, Aufmerksamkeitstraining und Pharmakotherapie.^{47/113} Die Ziele der Therapie sind zum Beispiel eine Verbesserung der kognitiven Funktionen, eine Reduktion der Affektschwankungen, eine Affektstabilisierung, eine Verbesserung der Planungsfähigkeit und schlussendlich eine soziale und berufliche Wiedereingliederung. Wenn die oben genannten Methoden dabei versagen können auch alternative Methoden wie Hypnose zur Beeinflussung zum Beispiel des Schmerzgedächtnisses verwendet werden. Oft hilft in schweren Fällen auch eine Kombination aus somatischen und psychosozialen Therapien.⁹⁹ (Turk D.C. 2001)

4.4. Prognose

Bezüglich der Prognose von Blitzschlagopfern kann man sagen, dass diese insgesamt gut ist. In der Fachliteratur geht man aufgrund der Ergebnisse vieler Fallstudien inzwischen davon aus, dass auf einen Toten durch Blitzschlag mindestens 10 Blitzschlagverletzte kommen.¹⁸ (Cherington M. Januar 1999) Dabei gibt es aber bezüglich der Verletztenzahlen einen relativ hohen Unsicherheitsfaktor. Entscheidend für die Prognose einer neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schädigung durch Blitzschlag ist an erster Stelle die Zeitdauer, bis die adäquaten medizini-

schen Maßnahmen eingeleitet werden. Das ist besonders wichtig bei Opfern, die durch den Blitzschlag einen Herzstillstand erlitten haben. Denn hier kann durch die Reanimation nicht nur das Leben des Opfers gerettet werden. Eine rechtzeitige kardio-pulmonale Reanimation entscheidet bei Blitzschlagopfern auch über die Schwere der Folgeschäden. Wichtig ist auch die Art des Blitzes, weil Blitze, die direkt den Körper des Opfers treffen, die schlechteste Prognose für das Outcome haben. Diese Art von Blitzschlagunfall kommt aber nur in 3 bis 5 % der Fälle vor.³⁰ (Cooper M.A 1998) Hier kommt es am häufigsten zu letalen Verläufen. Für einen letalen Ausgang des Blitzschlags sind nicht das Alter, das Geschlecht oder Verbrennungen am Körperstamm oder den Armen verantwortlich, sondern Verbrennungen an den Beinen und am Kopf sowie das Auftreten eines Kreislaufstillstands.⁷³ (Miller S.F. 2001) Manche Experten gehen inzwischen davon aus, dass bis zu 74 % der Blitzschlagverletzten dauerhafte Folgeschäden davontragen.^{73/81} (Miller S.F 2001/Nield S.N. 2004)) Zum deutlich größeren Teil bleiben dabei diskrete bis leichte Schäden zurück. Andere Wissenschaftler gehen von einem deutlich niedrigeren Prozentsatz aus. Aber letztendlich bleibt die Frage nach der genauen Zahl der Blitzschlagverletzten mit Folgeschäden bis heute unbeantwortet, da die durchgeführten Fallstudien unter verschiedenen Schwerpunkten und mit verschiedenen Designs durchgeführt worden sind. Der überwiegende Teil der Blitzschlagverletzten mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden haben im Verlauf eine gute Prognose. Als Beispiel wäre neurologischerseits die Keraunoparalyse, welche zu 69 % an den unteren und zu 30 % an den oberen Extremitäten auftritt, zu nennen. Hierbei bilden sich die Paresen und Sensibilitätsstörungen sowie die Zyanose innerhalb von Minuten bis Tagen gewöhnlicherweise wieder vollständig zurück. In einer Metaanalyse, teilweise auch mit Daten aus Großbritannien und Australien, fanden Primeau et al heraus, dass 10-20% der Blitzschlagopfer über einen längeren Zeitraum psychische Probleme entwickeln und dass Opfer, welche direkt von einem Blitz getroffen werden, im Verlauf zu 75% Verhaltensauffälligkeiten zeigen.⁸⁸ (Primeau M. September 1995)

Diese neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden durch Blitzschlag sind dann oftmals Langzeitschäden, die sich nicht oder nur unvollständig zurückbilden. Insgesamt haben diese Blitzschlagfolgeerscheinungen, trotz Residualzuständen, in der Mehrzahl der Fälle eine gute Prognose, das heißt, dass oftmals wieder eine soziale und berufliche Integration möglich ist. Laut Lammertse aus den USA ist bezüglich der neurologischen Schäden eine progrediente Reduktion der Defizite unter Therapie vor allem in den ersten 6 bis 12 Monaten zu erwarten. Bis maximal 24 Monate nach dem Ereignis stellen sich dann weitere, wenn auch langsamer als im vorher genannten Zeitraum, Verbesserungen bezüglich der neurologischen Funktionen ein. Im Zeitraum über zwei Jahre werden nur noch selten Minderungen der neurologischen Defizite gesehen.⁶⁵ (Lammertse D.P. 2005) Gatewood und Zane haben für neuro-psychologische und psychiatrische Symptome nach Blitzschlag festgestellt, dass diese in den ersten 12 Monaten nach dem Ereignis die beste Rückbildungstendenz haben. Danach gibt es bis zu 3 Jahren nach der Blitzschlagverletzung nur noch eine geringgradige Besserung der Symptome.⁷¹ (Medley M.O. 2004) Lederer geht davon aus, dass die Prognose bei Verletzungen durch Blitzschlag deshalb so gut ist, weil der Blitzschlag kurzfristig zum völligen Erliegen des Metabolismus vieler Körperzellen führt und dadurch in der Folge keine anoxischen degenerativen Prozesse beginnen können. Dieser Mechanismus schützt auch die Nervenzellen, die besonders empfindlich sind. Dadurch haben viele Blitzschlagopfer nach einer erfolgreichen Wiederbelebung eine sehr gute Prognose bezüglich der vollständigen oder fast vollständigen Genesung.⁶⁶ (Lederer W.K.G. 2005)

4.5. Blitzschlagprävention

Im Jahr 2012 sind in der Wilderness & Environmental Medicine die Wilderness Medical Society Practice Guidelines herausgekommen. Diese beschäftigen sich mit der Prävention vor und Behandlung von Blitzschlagverletzungen. Diese Richtlinien sind international anerkannt und sind in Colorado, USA, entwickelt worden. Colorado ist einer der am meisten von

Blitzschlägen betroffenen Staaten in Nordamerika. Die Richtlinien beziehen sich bezüglich der Präventionsmaßnahmen auf schon zuvor veröffentlichte Richtlinien.^{29/79/112/114} (Cooper M.A. 1999/National Lightning Safety Institute March 2, 2012/Zafren K. 2005/Zimmermann C. 2002) Durch das American College of Chest Physicians ist ein Klassifikationsschema bezüglich der Abstufung von Beweisen und Empfehlungen in klinischen Leitlinien entwickelt worden. Die Unterteilung findet dabei in 2x3 Stufen statt. In der höchsten Beweisstufe existieren für die Empfehlung mehrere doppelblinde Studien. Bei der niedrigsten Beweisstufe existieren für die Empfehlung nur Beobachtungs- oder Fallstudien. Unterschieden wird zusätzlich in Grad 1A bis 1C, starker Empfehlungsgrad mit absteigendem wissenschaftlichen Beweisgrad, und 2A bis 2C, schwacher Empfehlungsgrad mit absteigendem wissenschaftlichen Beweisgrad. Außerdem erfolgt jeweils noch eine 3-stufige Unterteilung des Verhältnisses von Vor- und Nachteilen bezüglich der Empfehlung. In den Stufen A1 bis C1 überwiegen die Vorteile deutlich die Risiken und Belastungen. Bei den Stufen A2 bis C2 halten sich die Vorteile und Risiken sowie Belastungen fast die Waage.⁵⁰ (Guyatt G. 2006)

Bezüglich der Prävention gibt es die Grundregel, dass man an keinem Platz absolut sicher vor einem Blitzschlag ist.³⁶ (Davis C. September 2012) Der nationale Wetterdienst der USA rät, bei Donner sofort in das Innere von Häusern zu gehen. Sobald Donner zu hören ist besteht auch die Gefahr, vom Blitz getroffen zu werden. Dazu müssen diese im Vorfeld nicht unbedingt aufgetreten sein. Wenn man während des Gewitters im Freien unterwegs ist, ohne dass Häuser in der Nähe sind, wird empfohlen, Bergkämme oder Gipfel sofort zu verlassen. Gleicher gilt für Telefonmäste, Skilifte oder allein stehende hohe Bäume. Um diese Situation zu vermeiden, sollte immer vor einer Unternehmung im Freien, wie einer Wanderung, der Wetterbericht mit Vorschau für die nächsten paar Tage ange schaut werden. Bisher wurden auch Faustregeln aufgestellt, die aber die

Menschen während eines Gewitters in falscher Sicherheit wiegen. Die bekannteste Regel ist wohl die, dass bei einem Abstand zwischen Blitz und Donner von 3 Sekunden, der Blitz einen Kilometer von der Person einschlägt. Diese Regel fußt auf den verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Schall und Licht. Heute gilt die Regel, dass Personen erst 30 Minuten nach dem letzten Donnerschlag ihre Aktivitäten im Freien wieder aufnehmen sollten. Zwischen dem abziehenden Gewitter und der Person sollte mindestens eine Pufferzone von 10 Meilen sein, um sicher zu sein, nicht mehr vom Blitz getroffen zu werden (Empfehlungsgrad: 1C). Während des Gewitters sollte man sich zum bestmöglichen Schutz in geschlossene Gebäude begeben und dabei genügend Abstand von Fenstern und Türen halten. Bei Fahrzeugen sollten ebenfalls alle Türen und Fenster geschlossen sein. Dabei sollte das Gefährt ein Metall- und kein Stoffverdeck haben.⁵⁶ (Holle R. January 20-24, 2008) Draußen im Freien gelten andere Regeln. Dort sollte man am besten mitten im Wald in einer tiefen Höhle oder einem tiefen Loch Schutz suchen. Vermieden werden sollten flache Mulden, einzelstehende Bäume oder offene Stellen sowie Zelte (Empfehlungsgrad: 1C).^{5/111} (Bandara K. 2004) Des Weiteren wird empfohlen, sich bei Gewittern, wenn man im Freien ist, in die Hocke mit geschlossenen Knien und Füßen zu setzen, um dem Blitz eine möglichst kleine Angriffsfläche zu bieten. Gleichzeitig sollte man sich vom Boden isolieren indem man sich auf einen nicht-stromleitenden Gegenstand kauert (Empfehlungsgrad: 1C).⁹¹ (Roeder W. January 20-24, 2008) Bezuglich Gruppen im Freien während eines Gewitters wird empfohlen, dass die einzelnen Gruppenmitglieder voneinander mindestens einen Abstand von 6 Metern halten sollen. Gleichzeitig sollte die Gruppe von vornherein das Risiko vermindern, von einem Blitz getroffen zu werden. Dazu trägt bei, sich über die aktuelle Wettervorhersage für die nächsten Tage und mögliche Fluchtwege bei Gewitter zu informieren. Gleichzeitig sollte ein Plan für den Ernstfall des Eintretens eines Gewitters entwickelt werden, um ein Chaos bei der Evakuierung der Leute zu vermeiden (Empfehlungsgrad: 1C).^{29/78/79/114} (

Cooper M.A. 1999/National Weather Service 2011/National Lightning Safety Institute 2012/Zimmermann C. 2002) Wenn man sich im Freien, außerhalb der Zivilisation, befindet und keine Telefonzelle in der Nähe ist, gibt es zum Beispiel über das National Lightning Detection Network in den USA die Möglichkeit, via eigens dafür geschaffene Geräte über herannahende Gewitter gewarnt zu werden (Empfehlungsgrad: 2C).^{57/63} (Holle R.H. 1993/Kithil R. 2011) Die meisten Gewitter, vor allem in den Bergen, treten in den Nachmittagsstunden ab 14.00 Uhr auf. Deshalb sollten Kletterer und Mountainbiker vor 14.00 Uhr wieder vom Berg herunter sein (Empfehlungsgrad: 1C). Sollte man sich während des Gewitters im Wasser befinden, wird empfohlen, sich schnellstmöglich an das Ufer zu begeben und Schutz zu suchen. Dabei sollte man möglichst weit vom Wasser entfernt Schutz suchen. Auf einem Schiff ist der sicherste Ort während des Gewitters unter Deck. Wenn das nicht möglich ist, sollte man so schnell wie möglich Schutz aufsuchen (Empfehlungsgrad: 1C).⁷ (Becker W.J. 1992)

Als allgemeine Präventionsmaßnahme ist natürlich die konsequente Aufklärung über die Gefahren, die Gewitter mit sich bringen, über die Medien, wie Fernsehen, Radio, Zeitung und Internet, selbstverständlich.

4.6. Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit konnten anhand eines Ländervergleichs der jeweiligen Blitzschlagregister zwischen 7 Staaten interessante Parallelen bezüglich der Entwicklung der Zahl der Toten und der der Verletzten durch Blitzschlag in den Jahren 1970 bis 2011 herausgearbeitet werden. Gleichzeitig wurden die derzeit aktuellen Ergebnisse aus Studien der untersuchten Länder bezüglich neurologischer, neuro-psychologischer und psychiatrischer Langzeitschäden nach Blitzschlag, deren Behandlung und Prognose zusammengetragen und bewertet.

Bezüglich der Zahl der Toten und der Verletzten pro Jahr durch Blitzschlag zeigt sich in allen Ländern ein kontinuierlicher Abfall. Dabei findet sich ein Verhältnis zwischen Toten und Verletzten von zirka 1 zu 10. Wobei gerade bezüglich der Verletztenzahlen eine hohe Dunkelziffer besteht. Durch eine verbesserte und nach Standards ausgerichtete medizinische Versorgung, verbesserte Warnsysteme, eine verbesserte öffentliche Aufklärung und ein geschärftes Bewusstsein in der Bevölkerung mit Verbesserung des Eigenschutzes sind in der Zukunft weiter zurückgehende Verletzen- und Todeszahlen durch Blitzschlag zu erwarten.

Bezüglich der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag, deren Behandlung und Prognose gibt es in den einzelnen Ländern einen unterschiedlichen Forschungsstand, wobei die Vereinigten Staaten von Amerika weltweit führend sind. Das gilt auch bezüglich der Entwicklung von Standards in der Erfassung von neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag, deren Klassifikation, Behandlung und Prognose.

Bisher gibt es in den einzelnen untersuchten Ländern entweder nur landinterne oder gar keine Standards. Deshalb muss das Ziel der weiteren Studien zu diesem Thema sein, gemeinsame internationale Standards in der Erfassung, der Klassifikation, der Behandlung und in der Bewertung der Prognose bezüglich der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden nach Blitzschlag zu erarbeiten, um letztendlich einen möglichst großen Profit für diese Gruppe von Patienten zu erzielen.

5. Zusammenfassung

Am Anfang dieser Dissertation stand die Frage nach dem aktuellen Forschungsstand der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden durch Blitzschlag, deren Behandlung und Prävention. Dazu wurde anhand einer vergleichenden Literaturrecherche der vorhandenen Fachliteratur und der, soweit vorhandenen, Blitzschlagregister der untersuchten Länder zu diesem Thema eine systematische Auswertung vorgenommen. Als Zeitraum der Auswertung wurden die Jahre 1970 bis 2011 gewählt. Es erfolgte der Vergleich von 7 Ländern. Das waren die Vereinigten Staaten von Amerika, Kanada, Deutschland, Österreich, Schweiz, Großbritannien und Australien. Neben der Fachliteratur wurden auch die Daten der jeweiligen Landesstatistikämter und Informationen der verschiedenen Massenmedien, wie Zeitungen, Fernsehen et cetera, verwendet.

Bezüglich der Zahl der Toten und Verletzten durch Blitzschlag lässt sich für die einzelnen Länder ein fast kontinuierlicher Abfall der Opferzahlen über den untersuchten Zeitraum konstatieren. Am besten ist dabei die Datenlage für die Vereinigten Staaten von Amerika. Es weist als einziges Land einen durchgehenden Datensatz des hiesigen Bundesstatistikamts über die Zahl der Toten durch Blitzschlag zwischen 1970 und 2011 auf. Bezüglich der Verletztenzahlen durch Blitzschlag gibt es auch nur in den USA verlässliche Datensätze über das Bundesstatistikamt, die Jahre 1995 bis 2011 betreffend. Die Jahre davor und sämtliche Daten zu Verletztenzahlen der anderen Länder weisen nur Schätzzahlen auf, die darauf beruhen, dass in der gängigen Fachliteratur recht sicher von einem Verhältnis zwischen Toten und Verletzten durch Blitzschlag von 1:10 ausgegangen wird. Deshalb wurden alle Todeszahlen, bei denen nicht gleichzeitig die Zahl der Verletzten in diesem Jahr bekannt waren, mit dem Faktor 10 multipliziert, um eine möglichst genaue Schätzzahl bezüglich der Verletztenzahlen durch Blitzschlag zu haben. Für die USA zeigt sich von 1970 bis

2011 ein Abfall der Zahl der Toten von 122 auf 26. Das entspricht in etwa einem Abfall der Opferzahlen auf ein Zehntel. Gleichzeitig fällt der Abfall der Verletztenzahlen in den Jahren 1995 bis 2011 von 433 auf 245 relativ niedrig aus. Das liegt zum einen an dem relativ kleinen Beobachtungszeitraum mit statistisch gesicherten Daten und den über die Jahre verbesserten Möglichkeiten zur Erfassung von Verletzten durch Blitzschlag, das heißt, dass in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte bezüglich der statistischen Erfassung, wie Einführung von Verletztenzahlen innerhalb des Blitzschlagregisters, verfeinerte Krankenhausstatistiken und Sensibilisierung der Bevölkerung et cetera, gemacht wurden. Trotzdem sind auch die offiziellen Zahlen des Bundesstatistikamts der USA bezüglich der Verletztenzahlen durch Blitzschlag sehr kritisch zu sehen, da es diesbezüglich eine sehr hohe Dunkelziffer gibt. Bezüglich der statistisch erhobenen Verletztenzahlen ergibt sich auch das Problem, dass bei den Blitzschlagopfern nicht nach aufgetretenen Schäden und deren Schwere unterschieden wird.

Bezüglich der Blitzschlaghäufigkeiten zwischen Mann und Frau lässt sich für alle untersuchten Länder nachweisen, dass Männer viel häufiger durch Blitzschläge getötet oder verletzt werden als Frauen. Das liegt hauptsächlich daran, dass Männer nach wie vor häufiger als Frauen ihren Arbeitsplatz und ihre Freizeitaktivitäten im Freien haben. Das Geschlechterverhältnis schwankt zwischen 5:1 in Kanada und 1,33:1 in Australien, wobei das Verhältnis für Australien kritisch zu sehen ist, da für die einzelnen Geschlechter erst eine Aufteilung von 2000 bis 2009 vorliegt. Damit ist dieser Wert nicht repräsentativ. In den anderen Staaten liegt das Verhältnis zwischen 4,7:1 und 3,39:1 zuungunsten der Männer.

Wenn man die beiden Geschlechter nach Altersstufen aufteilt, gibt es für Deutschland eine gemeinsame Häufung der Todesopfer in der Altersgruppe 40 bis < 45 Jahren. Für Österreich besteht diese Häufung in beiden Geschlechtergruppen zwischen 40 und 44 Jahren sowie zwischen 10 und 14 Jahren. Die Schweiz zeigt eine geschlechtsübergreifende Häufung der

Todesfälle durch Blitzschlag in den Altersstufen von 15 bis 19, von 20 bis 24 und von 50 bis 54 Jahren. Bezuglich Kanadas ergibt sich eine gemeinsame Häufung der Blitzschlagtoten in den Altersgruppen 20-24, 15-19 und 30-34 Jahren, absteigend nach der Zahl der Toten. Die USA weisen bei beiden Geschlechtern Peaks bei der Zahl der Toten in den Altersgruppen 30-39 und 40-49 Jahren auf. In Großbritannien gibt es aufgrund der gerin- gen Zahl an Blitzschlagtoten in beiden Geschlechtern keine gemeinsamen Altersgruppen mit vielen Blitzschlagtoten. Für Australien gibt es vom dor- tigen Statistikamt keine Aufteilung in die einzelnen Geschlechter und nur eine grobe Alterstufeneinteilung in insgesamt 3 Stufen. Zusammengefasst ergeben sich länder- und geschlechtsübergreifend Häufungen der Todes- Fälle durch Blitzschlag in den Spannen 15-25 Jahren und 40-45 Jahren.

Bezuglich des Aufenthaltsorts während des Blitzschlags und der Korrela- tion von Aufenthaltsort und Blitzschlaghäufigkeit lässt sich, durch mehrere wissenschaftliche Studien bestätigt, sagen, dass man an keinem Platz zu 100% sicher ist vor einem Blitzschlag.⁸⁹ (Rakov V.A. 2000) Dabei ist aber die Wahrscheinlichkeit im Freien von einem Blitzschlag getroffen zu wer- den sehr viel höher als in einem Haus. In Kanada befinden sich 90% der Blitzschlagopfer in den Regionen Ontario, Quebec, Saskatchewan, Alberta und Manitoba, wobei Ontario führend ist.⁷⁴ (Mills B. September 2006) Es besteht dabei eine deutliche Korrelation zwischen der Bevölkerungsdichte und der Häufigkeit der Blitzschlagopfer. Die meisten Opfer sind männlich, jünger als 45 Jahre alt und befanden sich während des Blitzschlags im Freien. Die Opfer während Freizeitaktivitäten überwiegen dabei inzwi- schen die Opfer während der Arbeit im Freien. Bezuglich des genauen Aufenthaltsorts besteht für Kanada lediglich eine Auswertung von Medi- enberichten für den Zeitraum von 1986 bis 2005. Hierbei wird eine Pro- zentzahl von 20,8 für das Campen/Wandern, von 15,1 für Aktivitäten auf und im Wasser, von 9,4 für das Picknicken, von 7,5 für das Golfen, von 7,5 für zuhause und von 5,7 für die Arbeit festgestellt. Bei 9,4% ist bei der vorliegenden Auswertung der Aufenthaltsort unbekannt. In den USA gibt

es zwei verschiedene Typen an Staaten bezogen auf die Häufigkeit von Blitzschlägen und der Zahl von Blitzschlagopfern. Der Unterschied der beiden Gruppen ergibt sich aus der Klimazonenzugehörigkeit. Zum einen ist das der Colorado-Typ und zum anderen der Florida-Typ.⁷⁸ (National Weather Service 2011) Diese beiden Bezeichnungen sind Synonyme für die zwei am meisten von Blitzschlägen und Blitzschlagopfern betroffenen Regionen in den USA. Die verschiedenen Klimazonen der beiden Gruppen bestimmen auch die regionalen Unterschiede. Bezüglich den Vereinigten Staaten von Amerika sind im Zeitraum von 1959 bis 2004 Florida, North Carolina und Michigan am häufigsten betroffen. Im Zeitraum von 1959 bis 2007 führt wiederum Florida klar vor Texas und North Carolina. Eine andere Einteilung durch Adekoya und Nolte bezieht sich auf einen Zeitraum von 1995 bis 2000.² (Adekoya N. May 2005) Dabei werden die Blitzschlagtoten nach Häufigkeitsgruppen und Staaten eingeteilt. Gleichzeitig wird auch eine Unterteilung der Aufenthaltsorte bei einem Blitzschlag nach Häufigkeit vorgenommen. In dieser Einteilung sind die Staaten North Carolina, Georgia, Alabama, Ohio, Louisiana, Indiana, Arizona, Colorado, Texas und Florida führend. Bezüglich der letzten Aufteilung gilt, dass der größte Teil der Blitzschlagopfer im Zusammenhang mit der Landwirtschaft auftritt. Danach folgt in der Häufigkeit die Baubranche. Auf den Plätzen 3 und 4 folgen von der Häufigkeit Blitzschlagopfer auf dem Privatgrundstück und bei Freizeitaktivitäten. Aus den offiziellen Statistiken des National Weather Service, Lightning Safety, für die Jahre 1995 bis 2011 geht bezüglich der Blitzschlagtoten hervor, dass im genannten Zeitraum insgesamt 737 Menschen in den USA durch Blitzschlag starben. Hierbei sind die zwei zahlenmäßig größten Gruppen, die auf offenen Flächen und die unter Bäumen starben. Für Australien gibt es bezüglich der Aufteilung von Blitzschlagtoten in Aufenthaltsorte eine eindeutige Häufigkeitsreihung der Blitzschlagtoten. Die meisten Toten gab es zwischen 1824 und 1991 in New South Wales inklusive Australian Capital Territory, gefolgt von Queensland, Victoria, Western Australia, Südaustralien, Northern Territory und Tasmanien. 13,9% traf der Blitz in Gebäuden und

86,1% außerhalb von Gebäuden. Von den Blitzschlagopfern außerhalb von Gebäuden haben sich zirka 50% an exponierten Stellen befunden. In einer weiteren Aufteilung nach Aktivitäten während des Blitzschlags zeigt sich, dass 62,6% während der Arbeit, 20,3% während der Freizeit und 17,1% während einer Aktivität, welche nicht eindeutig einer der ersten beiden Gruppen zugeteilt werden kann (z. B. Essen oder Sitzen an einer Feuerstelle et cetera), vom Blitz getötet getroffen wurden. Dabei hat Australien aufgrund seiner ländlichen Struktur eine Sonderstellung in der Verteilung der Toten. Betrachtet man nur die Zeit ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts zeigt sich auch in Australien immer mehr eine Verschiebung der Blitzschlagopfer in den Freizeitbereich. Die AIHW National Injury Surveillance Unit, Research Centre for Injury Studies, Flinders University in South Australia hat festgestellt, dass es zwischen 2001 und 2004 durch Blitzschlag 7 tote Männer im Alter von 16 bis zu 57 Jahren gegeben hat und keine Frauen.⁸⁷ (Pointer S. April 2007) In diesem Zeitraum hat es laut dieser Arbeit im untersuchten Intervall 77 Verletzte durch Blitzschlag gegeben. 2/3 sind dabei während der Arbeit und 1/3 während Freizeitaktivitäten vom Blitz verletzt worden. 30% der Unfälle sind zuhause, 14% im Rahmen industrieller Tätigkeit und 10% in Sportanlagen aufgetreten. Bezuglich der 7 Toten ist bei 5 davon der Aufenthaltsort während des Blitzschlags, Arbeit im Außenbereich, bekannt. Für Großbritannien hat Derek M. Elson festgestellt, dass sich zwischen 1993 und 1998 alle Blitzschlagopfer, die durch den Blitz gestorben seien, im Außenbereich befunden haben. Bei den Blitzschlagverletzten ist ungefähr die Hälfte innerhalb von Gebäuden getroffen worden. Jeder Vierte wurde dabei beim Telefonieren getroffen. In einer anderen Untersuchung mit dem Zeitraum von 1993 bis 1999 wurde festgestellt, dass 22 Menschen durch Blitzschlag in England und Wales starben.⁴¹ (Esom D.M. 2001) Alle Ereignisse traten im Außenbereich auf. Für die Jahre 1998 bis 2007 liegen über die Tornado and Storm Research Organisation Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern mit Verletzungen in England und Wales vor. Aus den Daten

geht hervor, dass zirka die Hälfte der Blitzschlagopfer innerhalb von Gebäuden getroffen wurde (Spanne in den verschiedenen Jahren zwischen 1/3 und 2/3). Die Opfer wurden oft beim Kontakt mit Wasser, elektrischen Geräten oder beim Telefonieren getroffen. Zwischen 1998 und 2007 starben in England und Wales insgesamt 16 Menschen. Dabei starben alle Blitzschlagopfer außerhalb von Gebäuden. Keines der Blitzschlagopfer wurde während einer Arbeitstätigkeit getroffen. Das Bundesamt für Statistik in der Schweiz führt keine Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern während des Blitzschlags. Die Bundesanstalt Statistik Österreich hat auch keine Daten über die Aufenthaltsorte von Blitzschlagopfern während des Blitzschlags. Es gibt für den Zeitraum von 2002 bis 2010 lediglich eine Zuordnung der Blitzschlagtoten zu den einzelnen österreichischen Bundesländern. Im genannten Zeitraum sind insgesamt 10 Menschen an einem Blitzschlag gestorben. Alles waren Männer. Jeweils 3 Todesopfer durch Blitzschlag gab es in den Bundesländern Steiermark, Niederösterreich und Salzburg und 1 Mann in Tirol. Für Verletzte durch Blitzschlag gibt es bezüglich des Aufenthaltsorts in Österreich keine Statistiken. Insgesamt sind laut des Bundesministeriums Wirtschaft und Arbeit in Österreich zwischen 1970 und 1998 118 Menschen durch Blitzschlag gestorben. In der Land- und Forstwirtschaft starben demnach 29 Menschen. Bezuglich der Unfallstelle seien 54 Menschen im Freien unter Bäumen und dergleichen, 45 im Freien ohne besondere Anziehungsobjekte und 17 in Gebäuden gestorben. Bei zwei Personen sei die Unfallstelle nicht bekannt gewesen. Bezuglich des Aufenthaltsorts der Toten nach Blitzschlag gibt es für Deutschland vom statistischen Bundesamt eine Aufteilung nach Bundesländern. Der erfasste Zeitraum liegt zwischen 1980 und 2010. Dabei gibt es in Bayern die mit Abstand meisten Blitzschlagtoten, gefolgt von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Bezuglich der Verteilung der Blitzschlagopfer nach dem Aufenthaltsort gibt es noch zwei verfeinerte Unterteilungen. Die eine bezieht sich auf die Jahre 1980 bis 1997 und die andere auf die Jahre 1998 bis 2010. In der erstgenannten starben danach in den Jahren 1980 bis 1997 10 Männer und 2 Frauen während der Arbeit an einem Blitzschlag, 4

Männer und 0 Frauen im häuslichen Umfeld, niemand bei einem Schulunfall, 3 Männer und 1 Frau bei einem Verkehrsunfall, 11 Männer und 1 Frau bei einem Sport- und Spielunfall sowie 152 Männer und 35 Frauen bei sonstigen Unfällen. Bezuglich der Jahre 1998 bis 2010 starben 2 Männer und keine Frauen zu Hause an einem Blitzschlag, 3 Männer und keine Frauen in Wohnheimen oder Anstalten, kein Mann und 1 Frau in Sportstätten, 1 Mann und keine Frau auf Straßen und Wegen, 1 Mann und keine Frau in Industrieanlagen und auf Baustellen, 1 Mann und keine Frau in landwirtschaftlichen Betrieben sowie 11 Männer und 5 Frauen an einem nicht näher bezeichneten Ort des Ereignisses. Die zahlenmäßig größte Gruppe konnte keinem Ort zugeordnet werden. Wie aus den vorherigen Ausführungen zu ersehen ist, gibt es eine deutliche Korrelation zwischen der Blitzschlaghäufigkeit und dem Aufenthaltsort. Allen untersuchten Ländern ist gemeinsam, dass die Blitzschlaghäufigkeit signifikant an Bergketten gesteigert ist. Deshalb kommen im Verhältnis zu anderen Orten besonders viele Menschen in den Bergen durch Blitzschläge ums Leben. Auch die einzelnen Klimazonen spielen für die Blitzschlaghäufigkeit eine entscheidende Rolle. So werden Personen, die sich in tropischen oder subtropischen Gebieten aufhalten, wesentlich häufiger vom Blitz getroffen und getötet. Klar ist auch, dass im geschützten Umfeld von Häusern mit geschlossenen Räumen und Blitzableitern et cetera so gut wie keine Todesopfer durch Blitzschlag auftreten, sehr wohl aber Verletzte. Unabhängig von der Blitzschlaghäufigkeit werden Menschen besonders häufig Opfer von Blitzschlägen, wenn sie sich an exponierten Orten aufhalten wie erhöhten Punkten. Damit werden Menschen besonders oft an Orten getroffen, die höher als die Umgebung sind. Es kommt auch häufig vor, dass Menschen unter herausragenden Punkten im Gelände, wie vor allem Bäumen, getroffen werden. Auch Menschen am und im Wasser sind besonders gefährdet, vom Blitz getroffen zu werden. Dadurch sind Menschen im oder am Wasser recht häufig Opfer von Blitzschlägen.

Im zweiten Teil der Arbeit wurden ein Ländervergleich von Patienten mit neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Schäden nach Blitzschlag, ein Ländervergleich bezüglich der Therapiedauer nach Blitzschlag und eine Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters durchgeführt.

Laut der verfügbaren Fachliteratur erleiden ungefähr 25% der vom Blitz getroffenen Personen eine posttraumatische Belastungsstörung. Für die USA geht man davon aus, dass zirka $\frac{3}{4}$ aller Blitzschlagopfer mit einer permanenten neurologischen, neuro-psychologischen oder psychiatrischen Schädigung verschiedener Graduierung weiterleben müssen. Zum deutlich größeren Teil bleiben dabei diskrete bis leichte Schäden zurück. Bezuglich der Zahl der neurologischen, neuro-psychologischen und psychiatrischen Langzeitschäden von Kindern nach einem Blitzschlag werden von verschiedenen Autoren zwischen 50 und 100% angegeben. Christopher B. Colwell geht von 70-75% Folgeerscheinungen, temporär oder bleibend, nach Blitzschlag aus. Bei 20% der Opfer von Stromunfällen, also nicht nur durch Blitzschlag, kommt es zu einer verzögert auftretenden peripheren Neuropathie mit häufigem Auftreten am Nervus medianus, am Nervus ulnaris und am Nervus radialis.⁴⁸ (Grube B.J. 1990) Epperly und Stewart berichteten 1989 anhand von einem Fall mit 10 Patienten von 70% vorübergehenden Probleme mit der Zweipunktdiskriminierung und der Wahrnehmung leichter Berührungen, 80% kurzzeitigen Parästhesien und 20% transientem Tinnitus und Hörproblemen.⁴³ (Epperly T.D. September 1989) Engelstatter hat 1994 retrospektiv neurologische, neuro-psychologische und psychiatrische Schäden nach einem Blitzschlag bei 100 Blitzschlagüberlebenden erhoben.⁴² (Engelstatter G.H. May 1994) Gemeinsam war den aufgeführten Symptomen, dass sie länger als 2 Jahre nach dem Blitzschlagergebnis noch vorhanden waren. In weiteren aktuellen Studien aus Österreich und aus der Schweiz konnten die Ergebnisse weitgehend bestätigt werden. Zusammenfassend lässt sich, durch viele Fallstudien bestätigt, sagen, dass 75 bis 80% aller Blitzschlagopfer neurologische, neuro-psychologische

und psychiatrische Langzeitschäden davontragen. Zum größten Teil sind es aber Schäden, die die Opfer auf Dauer nicht im Berufs- oder Privatleben merklich einschränken. Bei den Blitzschlagverletzten mit schweren und dauerhaften Schäden kommt es aber häufig zu einer Berufs- oder Erwerbsunfähigkeit.

Abhängig vom Schweregrad der Verletzungen beträgt die ambulante oder stationäre Behandlungszeit Tage bis Monate. In schweren Fällen, meistens bei Personen, die direkt vom Blitz getroffen werden, schließt sich dann eine langjährige oder sogar lebenslange Rehabilitationsbehandlung an. Ein nicht unerheblicher Teil der Blitzschlagopfer trägt keine oder nur geringe Verletzungen davon, sodass sie sich weder ambulant noch stationär in Behandlung begeben.

In der Längsschnittuntersuchung des deutschen Blitzschlagregisters zeigt sich, wie in den anderen untersuchten Ländern auch, dass zwischen 1970 und 2010 die Zahl der Toten durch Blitzschlag in Deutschland fast kontinuierlich zurückgegangen ist. So waren es im Jahr 1970 noch 25 Tote, Frauen und Männer gemeinsam, die durch einen Blitzschlag getötet wurden. Im Jahr 2010 hingegen hat es laut dem Deutschen Bundesamt für Statistik keine Blitzschlagtoten gegeben. Demzufolge zeigen auch die Durchschnittszahlen der einzelnen Jahrzehnte einen kontinuierlichen Abfall der durch Blitzschlag getöteten Menschen. Auch für die folgenden Jahre sind im Durchschnitt weiter leicht fallende Opferzahlen, bedingt durch bessere Aufklärung und bessere Schutzmaßnahmen et cetera, zu erwarten. Bezuglich der Geschlechterverteilung sind die Männer erheblich häufiger von tödlichen Blitzschlägen betroffen als die Frauen. Das liegt hauptsächlich daran, dass sich die Männer häufiger zum Arbeiten und zu Freizeitaktivitäten im Freien, wo fast ausschließlich die tödlichen Blitzschläge auftreten, aufhalten. Da die Frauen weniger als Männer von Blitzen getötet werden,

fällt auch der Abfall der Todesfälle unter Frauen über die Jahrzehnte gesehen deutlich niedriger aus als bei den Männern. Die Zahl der Toten ist geschlechterübergreifend zwischen 15 und 45 Jahren am häufigsten.

Das derzeit optimale Therapiekonzept bei Blitzschlagverletzten sieht vor, sofortige Rettungsmaßnahmen einzuleiten und eine Stabilisierung der Vitalzeichen zu erzielen. Es sollte auf jeden Fall auch eine, zumindest kurze, Beobachtung unter ärztlicher Kontrolle stattfinden, um Komplikationen und Folgeschäden rechtzeitig zu erkennen und auffangen zu können. In den meisten Fällen können die Blitzschlagopfer, aufgrund der geringen Schädigungen, das Krankenhaus nach wenigen Stunden oder Tagen wieder verlassen. Bei einem deutlich kleineren Teil der Blitzschlagopfer, meistens bei denen, die vom Blitz direkt getroffen wurden, kommt es sofort oder mit einer Verzögerung von Wochen bis Monaten zu schweren, oft dann irreversiblen, Folgeschäden. Diese Patientengruppe muss dann umgehend, nach Abschluss der Akutbehandlungsphase, einer Rehabilitationseinrichtung mit multiprofessionellem Regime zugeführt werden. Dadurch ist der größtmögliche Benefit für den Patienten zu erwarten. Die Ziele sind dabei die Reduktion der vorhandenen Schädigungen, die Verhinderung der Verschlechterung bestehender Schädigung sowie, soweit möglich, die soziale und berufliche Reintegration.

Bezüglich der Prognose lässt sich bei Blitzschlagopfern sagen, dass diese im Allgemeinen sehr gut ist, obwohl zirka 75% der Betroffenen nach einem Blitzschlag Langzeitschädigungen davontragen. Diese sind in den meisten Fällen aber nur geringfügig ausgeprägt, sodass eine soziale und berufliche Reintegration problemlos gelingt. Bei Blitzschlagopfern mit schweren Schädigungen, entweder sofort oder mit Verzögerung, ist das anders. Für diese Gruppe gilt, dass, auch mit Hilfsmitteln, nur selten eine vollständige soziale Reintegration gelingt. Noch schlechter sieht es für diese Patientengruppe bei der beruflichen Reintegration aus.

6. Literaturverzeichnis

- (1) Aafting H., Hasse P., Weiß A. „Leben mit Blitzen“. aus Winterthur-Versicherung/rhein-main-blitzschutz 2008
- (2) Adekoya N., Nolte K.B. Struck-by-Lightning Deaths in the United States. Journal of Environmental Health May 2005; 45-50
- (3) American Spinal Injury Association: International standards for neurological classification of spinal cord injury, revised 2002; Chicago, IL, American Spinal Injury Association; 2002
- (4) Aslan S., Yilmaz S., Karcioğlu O. Lightning: an unusual cause of cerebellar infarction. Emerg Med J. 2004; 21:750-751
- (5) Bandara K. Lightning hazards: impacts and responses of the public. International Lightning Detection Conference. Helsinki, Finland: Vaisala; 2004
- (6) Baxter C. Present concepts in the management of major electrical injury. Surg. Clin. North Am. 1970; 50:1401
- (7) Becker W.J. Boating: Lightning Protection: University of Florida; 1992.
Available at: <http://www.kp44.org/ftp/BoatingAndLightningProtection.pdf>.
Accessed June 14, 2012
- (8) Blachard E.B., Hickling E.J. , Taylor A.E., Loos W.R., Forneris C.A., Jaccard J. Who develops PTSD from motor vehicle accidents? Behaviour Research and Therapy 1996; 34:1-10
- (9) Blom S., Ugland O.M. Electrical burns. Experiments in man. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. (Suppl.) 1967; 2:68-74
- (10) Blom S., Ugland O.M. Peripheral nerve injuries in electrical burns. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. (Suppl.) 1967; 2:45-53
- (11) Bowsher D. The management of central post-stroke pain. Postgrad Med J 1995; 71:598-604
- (12) Bracken M.B., Shepard M.J., Collins W.F. et al. A randomized, controlled trial of methylprednisolone or naloxone in the treatment of acute spinal cord

- injury. Results of the second National Acute Spinal Cord Injury Study. The New England Journal of Medicine 1990; 322:1405-1411
- (13) Breslau N, Davis G.C., Andreski P., Peterson E. Traumatic events and posttraumatic stress disorder in an urban population of young adults. Archives of General Psychiatry 1991; 48:216-222
- (14) Buechter K. J. Lightning Injuries. South Med. J. 2002; 95(11):1331-1334
- (15) Cherington M. Neurologic complications of lightning injuries. www.med-link.com
- (16) Cherington M. Neurorehabilitation of the multifaceted and complicated neurologic problems associated with lightning and electrical injuries. NeuroRehabilitation 2005; 20:1-2
- (17) Cherington M. Spectrum of neurologic complications of lightning injuries. NeuroRehabilitation 2005; 20:3-8
- (18) Cherington M., Walker J., Boyson M., et al. Closing the gap on the actual numbers of lightning casualties and deaths. Eleventh Conference of Applied Climatology in Dallas. American Meteorological Society 1999, Jan. 10-15; 379-380
- (19) Cherington M., Yarnell P.R., London S.F. Neurologic Complications of Lightning Injuries. West J Med 1995; 162:413-417
- (20) Cherington M., Yarnell P.R., Lammertse D. Lightning Strikes: Nature of Neurological Damage in Patients Evaluated in Hospital Emergency Departments. Annals of Emergency Medicine May 1992; 21:575-578
- (21) Chico M.S., Campelli-Schellpfeffer M., Kelley K.M., Lee R.C. Management and coordination of postacute medical care for electrical trauma survivors. Annals of the New York Academy of Sciences 1999; 888:334-341
- (22) Coates L., Blong R., Siciliano F. Lightning Fatalities in Australia, 1824-1991. Natural Hazards; 1993 8:217-233
- (23) Conrad L. Clinical update on lightning injuries. Wilderness and Environmental Medicine. 1998; 9(4):217-222
- (24) Consortium for Spinal Cord Medicine, Outcomes following traumatic spinal cord injury: clinical practise guidelines for health-care professionals, Paralyzed Veterans of America, 1999.

- (25) Cooper M.A. Lightning Injuries in Emergency Medicine Workup. Medscape Reference, Drugs, Diseases & Procedures; Updated: Jan 18, 2011
- (26) Cooper M.A. Lightning Injuries; www.merckmanuals.com/.../injuries...lightning_injuries/; lig...; January 2011
- (27) Cooper M.A. Lightning Injuries in Emergency Medicine Clinical Presentation. Medscape Reference; Updated: Jan 18, 2011
- (28) Cooper M.A. Lightning injuries: Prognostic Signs for Death. Ann Emerg Med 1980; 9:134-138
- (29) Cooper M.A., Holle R., Lopez R. Recommendations for lightning safety. J.A.M.A. 1999; 282:1132-1133
- (30) Cooper M.A., Kulkarni R. Lightning Injuries. Medscape REFERENCE, Drugs, Deseases & Procedures
- (31) Cooper M.A., Price T.G. Electrical and Lightning Injuries. www.uic.edu/labs/lightning_injury/ Electr&Ltn. pdf 1995; 1-28
- (32) Critchley M., Neurological effects of lightning and of electricity. Lancet. Jan. 13, 1992; 68-72
- (33) Curran, E.B., Holle R.L., López R.E. 2000: Lightning casualties and damages in the United States from 1959 to 1994. Journal of Climate; 13:3448-3453
- (34) Danielson J.R., Campelli-Schellpfeffer M., Lee R.C. Upper extremity electrical injury. Hand Clinics 2000; 16:225-234
- (35) Davidson G.S., Deck J.H. Delayed myelopathy following lightning strike: a demyelinating process. Acta Neuropathologica 1988, Volume 77; Number 1:104-108
- (36) Davis C., Engeln A., Johnson E., McIntosh S.E., Zafren K., Islas A.A., McStay C., Smith W.R., Cushing T. Wilderness Medical Society Practise Guidelines for the Prevention and Treatment of Lightning Injuries. Wilderness & Environmental Medicine September 2012; 23:260-269
- (37) Dinter S. Geschichte des Blitzes.
- (38) Dobkin B.H. The clinical science of neurologic rehabilitation, 2nd. Oxford University Press New York, 2003, Chapter 5, 9, 11

- (39) Dotzek N. Konvektive Extremereignisse: Phänomene, Entwicklung und Klimatologie; Teil 04 Phänomene: Hagel, Starkregen, Blitze; Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, und European Severe Storms Laboratory e.V.; Blockvorlesung, FU Berlin, 23.-27. Juli 2007
- (40) Dundon B.K., Puri R., Leong D.P., Worthley M.I. Takotsubo cardiomyopathy following lightning strike. *Emerg Med J.* July 2008; Vol 25 No 7
- (41) Elsom D.M. Deaths and injuries caused by lightning in the United Kingdom: analyses of two databases. *Atmos. Res.* 2001; 56:325-334
- (42) Engelstatter G.H. Neuropsychological and psychological sequelae of lightning and electric shock injuries, May 1994, Presented at Fourth Annual Meeting of Lightning Strike and Electric Shock Victims International, Maggie Valley, NC
- (43) Epperly T.D., Stewart J.R. The physical effects of lightning injury. *Journal of Family Practise* Sept. 1989
- (44) Esquenazi A. Evaluation and Management of spastic gait in patients with traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2004; 19:109-118
- (45) Fimml W. Risiko Blitzunfall. 2003; 3:20-26
- (46) Francis D. A., Heron J. R.: Progressive muscular atrophy and posterior dislocation of the humerus following electrical shock. *Postgrad. Med. J.* 1984; 60:143
- (47) Greenberger D., Padesky C.A. *Mind Over Mood*. Guilford Press 1995, New York
- (48) Grube B.J., Heimbach D.M., Engrav L.H., Copass M.K. Neurological consequences of electrical burns. *The Journal of Trauma* 1990; 30:254-258
- (49) Grujic Z., Mapstone M., Gitelman D.R., Johnson N., Weintraub S., Hays A., Kwasnica C., Harvey R., Mesulam M.M. Dopamine agonists reorient visual exploration away from neglected hemispace. *Neurol* 1998; 51:1395-1398
- (50) Guyatt G., Guterman D., Baumann M.H., et al. Grading strength of recommendations and quality of evidence in clinical guidelines: report from an American College of Chest Physicians task force. *Chest* 2006; 129:174-181

- (51) Hadley M.N. Pharmacological therapy after acute cervical spinal cord injury. *Neurosurgery* 2002; 50:S63-S72
- (52) Hawkes C.H., Thorpe J.W. Short Report – Acute polyneuropathy due to lightning injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1992; 55:388-390
- (53) Heilbronner R.L., Pliskin N.H. Psychological issues in the neurorehabilitation of electrical injuries. *NeuroRehabilitation* 1999; 13:127-132
- (54) Hetze C. Blitz/Geschichte. Arbeitskreis Meteore (AKM) e.V.
- (55) Hinkelbein J.S.O., Wetsch WA Blitzschlag und Blitzunfälle in der präklinischen Notfallmedizin: Relevanz, Folgen und praktische Implikationen. *Der Unfallchirurg*. In press.
- (56) Holle R. Lightning-caused deaths and injuries in the vicinity of vehicles. Third Conference on Meteorological Applications of Lightning Data; 88th Annual Meeting of the American Meteorological Society. January 20-24, 2008. New Orleans, LA.
- (57) Holle R.H., López R.E., National Severe Storms Laboratory. Overview of real-time lightning detection systems and their meteorological uses. Norman O.K.: US Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Research Laboratories, National Severe Storms Laboratory; for sale by the National Technical Information Service; 1993
- (58) Hsu H.-T., Wang T.-L. Lighting Injuries. *Ann. Disaster Med.* 2004; Vol. 3, Suppl. 1
- (59) Johannes-Evangelium 12,19
- (60) Jost W.H., Schönrock L.M., Cherington M. Autonomic nervous system dysfunction in lightning and electrical injuries. *NeuroRehabilitation* 2005; 20:19-23
- (61) Katz D.I., White D.K., Alexander M.P., Klein R.B. Recovery of after traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85:865-869
- (62) Kay T. Neuropsychological treatment of mild traumatic brain injury. *Journal of Head Trauma Rehabilitation* 1993; 8:74-85

- (63) Kithil R. An Overview of Lightning Detection Equipment. 2011. Available at: http://www.lightningsavety.com/nlsi_lhm/overview2002.html. Accessed March 3, 2012)
- (64) Koppenberg J., Taeger K. Stromunfälle. Notfall und Rettungsmedizin 2001; 4:283-298
- (65) Lammertse D. P. Neurorehabilitation of spinal cord injuries following lightning and electrical trauma. NeuroRehabilitation 2005; 20:9-14
- (66) Lederer W.K.G. Notfallmedizinische Versorgung von Blitz- und Stromschlagverletzungen. Anaesthesia 2005; Vol. 51, Nr. 11: pp.1120–1129
- (67) Lee R.C., Zhang D., Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. Annual Reviews in Biomedical Engineering 2000; 2:477-509
- (68) López R.E., Holle R.L., Heitkamp T.A. Lightning Casualties and Property Damage in Colorado from 1950 to 1991 Based on Storm Data. Weather and Forecasting 1994; 10:114-126
- (69) Mankani M. H., Abramov G.S., Boddie A., Lee R.C.: Detection of Peripheral Nerve Injury in Electrical Shock Patients. Annals of the New York Academy of Sciences 1994; 720:206-212
- (70) Martelli M.F., Zasler N.D., Bender M.C., Nicholson K. Psychological, neuropsychological, and medical considerations in the assessment and management of pain. J Head Trauma Rehabil 2004; 19:10-28
- (71) Medley M.O., Zane R.D. Lightning injuries. Emerg Med Clin N Am 2004; 22:369-403
- (72) Mertens M. Rheinische Post vom 23.07.2003; Sparte Wissenschaft und Bildung
- (73) Miller S.F. The long-term consequences of lightning injuries. Burns 2001;27:829-833
- (74) Mills B., Unrau D., Parkinson C., Jones B., Yessis J., Spring K. Striking Back: An Assessment of Lightning-related Fatality and Injury Risk in Canada. Final Technical Report September 2006

- (75) Mills, B., Unrau D., Parkinson C., Jones B., Yessis J., Spring K., Pentelow L. Assessment of lightning-related fatality and injury risk in Canada. *Nat. Hazards* 2008; 47:157-183
- (76) Mistovich J.J., Krost W.S., Limmer D.D. Beyond the basics: lightning-strike injuries. *EMS Magazine*. 2008; 37(3):82-89
- (77) Mühlberger T., Vogt P.M., Munster A.M. The long-term consequences of lightning injuries. *Burns* 2001; 27:829-833
- (78) National Weather Service. Lightning Risk Reduction Outdoors. 2011, Available at: <http://www.lightningsavety.noaa.gov/outdoors.htm>. Accessed March 2, 2012
- (79) National Lightning Safety Institute. Personal Lightning Safety. 2012. Available at: http://www.lightningsafety.com/nlsi_pls.html. Accessed March 2, 2012.
- (80) Nguyen B. H., MacKay M., Bailey B., Klassen T. P. Epidemiology of electrical and lightning related deaths and injuries among Canadian children and youth. *Injury Prevention* 2004; 10:122-124
- (81) Nield S. N., Kamat D. Long-term Sequelae of Lightning Strike in a Child: A Case Report and Review. *Clin Pediatr*. 2004; 43:563-567
- (82) Pakiam J.E., Chao T.C., Chai J. Lightning fatalities in Singapore. *The Meteorological Magazine* 1981; 110(1308):175-187
- (83) Panse F. Electrical lesions of the nervous system, in: *Handbook of Clinical Neurology, Diseases of Nerves*, (Vol.7) Vinken P.J. and Bruyn G.W., eds, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1970, pp. 344-387
- (84) Pfortmüller C.A., Yikun Y., Haberkern M., Wüst E., Zimmermann H., Exadaktylos A.K. Injuries, Sequelae, and Treatment of Lightning-Induced Injuries: 10 Years of Experience at a Swiss Trauma Center 2012; 2012:167698
- (85) Pittman D.M., Belgrade M.J. Complex regional pain syndrome. *Am Fam Physician* 1997; 56:2265-2270, 2275-2276
- (86) Pliskin N., Capelli-Schellpfeffer M., Malina R.T., Kelley K.M., Lee R.C. Neuropsychological symptom presentation after electrical injury. *J Trauma* 1998; 44:709-715

- (87) Pointer S., Blong R., Harrison J. Electrical injury and death. NISU Briefing. April 2007; 9:1-15
- (88) Primeau M., Engelstatter G.H., Bares K.B. Behavioral Consequences of Lightning and Electrical Injury. Seminars in Neurology September 1995; Volume 15, Number 3:279-285
- (89) Rakov V.A. Lightning protection of structures and personal safety. International Lightning Detection Conference. Tucson, AZ; 2000
- (90) Reisner A. D. Case study: A case of lightning injury with delayed-onset psychiatric and cognitive symptoms. Brain Injury September 2006; 20 (10):1093-1097
- (91) Roeder W. Analysis of short notice outdoor lightning risk reduction and comments on why it should not be taught. Third Conference on Meteorological Applications of Lightning Data; 88th Annual Meeting of the American Meterological Society. January 20-24, 2008. New Orleans, LA
- (92) Silversides J. The neurological sequelae of electrical injury. Can. Med. Assoc. J. 1964; 91:195-204
- (93) Solem L., Fischer J.H., Strate R.G. The natural history of electrical injury. Journal of Trauma 1977; 17:487-492
- (94) Sonntag V.K., Francis P.M. Patient selection and timing of surgery, in: Contemporary Management of Spinal Cord Injury, Stewart C.E., ed., Williams and Wilkins, Maryland 1990; pp. 290-306
- (95) Stansfield W.D. CBS Interactive Inc. 2008
- (96) Stütz N., Weiss D., Reichert B. Verletzungen durch Blitzschlag. Unfallchirurg 2006; 109:495-498
- (97) Ten Dius H.J., Klasen H.J. Keraunoparalysis, specific lightning injury. Burns 1986; 12:54-57
- (98) Titz S. Wie entstehen Gewitterblitze? Welt der Physik 02.06.2006
- (99) Turk D.C. Combining somatic and psychosocial treatment for chronic pain patients: Perhaps 1 + 1 does = 3. Clinical Journal of Pain 2001; 17:281-283
- (100) Varghese G., Mani M., Redford J.B. Spinal Cord Injuries following electrical accidents. Paraplegia 1986; 24:159-166

- (101) Wagner H.-F. Weshalb donnert es bei einem Gewitter? Welt der Physik 20.10.2006
- (102) Wegener R., Rothschild M.A. Blitzunfall – Energieübertragungsmechanismen und medizinische Folgen. Deutsches Ärzteblatt. 24. Dezember 2007; Jg. 104, Heft 51-52
- (103) aus Wettergrundlagen; cor GmbH
- (104) aus www. planet-schule SWR Warum?
- (105) aus www. Wikipedia.org; Blitzableiter
- (106) aus www. Wikisource, der freien Quellensammlung; Die Ursache des Einschlagens vom Blitz
- (107) aus www. wissen.de/Natur/Artikel
- (108) aus www. wunderbarewelt.zdf.de – Gefahr aus den Wolken
- (109) Yarnell P.R. Neurorehabilitation of cerebral disorders following lightning electrical trauma. NeuroRehabilitation 2005; 20:15-18
- (110) Zack F. Blitzunfall-Energieübertragungsmechanismen und medizinische Folgen. Deutsches Ärzteblatt. 2007; 104(51-52):3545-3549
- (111) Zack F., Hammer U., Klett I., Wegener R. Myocardial injury due to lightning. Int. J. Legal. Med. 1997; 110:326-328
- (112) Zafren K., Durrer B., Herry J.P., Brugger H.; ICAR and UIAA MEDCOM. Lightning injuries: prevention and on-site treatment in mountain and remote areas. Official guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine an the Medical Commission of the International Mountaineering and Climbing Federation (ICAR and UIAA MEDCOM), Resuscitation 2005; 65:369-372
- (113) Zasler N.D. Neuromedical diagnosis and management of postconcussive disorders, in: Medical Rehabilitation of Traumatic Brain Injury. Horn L.J., Zasler N.D., eds, Hanley & Belfus, Philadelphia 1996; pp. 133-170
- (114) Zimmermann C, Cooper M.A., Holle R.L. Lightning safety guidelines, Ann. Emerg. Med. 2002; 39:660-664
- (115) 2. Buch Mose 9,24; 2. Buch Samuel 22,15; Hiob 37; Psalm 18 (17)

7. Tabellenverzeichnis

	Seiten
1 Blitzschlagtote im Zeitraum zwischen 1970 und 2011	55
2 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1970 und 1979 in Jahren	58
3 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1980 und 1989 in Jahren	58
4 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 in Jahren	58
5 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 2000 und 2009 in Jahren	58
6 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 2010 und 2011 in Jahren	58
7 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1970 und 2011	58
8 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten Österreichs v. 1970-2011	65
9 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Großbritannien von 1970-2010	67
10 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in der Schweiz von 1970-2009	69
11 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Kanada v. 1970-2009	71
12 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Deutschland von 1980-2010	73
13 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in den USA von 1995-2011	75
14 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten Australiens v. 2000-2009	77
15 Altersstufenaufteilung für Österreich von 1970 bis 2011	79
16 Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1970 bis 2009	84
17 Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1980 bis 2010	89
18 Altersstufenaufteilung für Kanada von 1970 bis 1991 und von 2000 bis 2009	94
19 Altersstufenaufteilung für die USA von 1995 bis 2011	99
20 Altersstufenaufteilung für Großbritannien von 1970/1980/1990 sowie 1998 bis 2010	102
21 Ranking von US-Staaten bezüglich Blitzschlagtoten- und verletzten	107
22 Ranking von US-Staaten bezüglich Blitzschlagtoten	107
23 Einteilung von Blitzschlagtoten nach US-Staaten und Anzahl, 2000-2005	107
24 Aufenthaltsorte der Blitzschlagopfer, Statistiken des National Weather	

	Service, Lightning Safety, für die Jahre 1995 bis 2011	108
25	Einteilung von Blitzschlagtoten nach Bundesländern, 1980-2010	112
26	Einteilung von Blitzschlagtoten nach Bundesländern, 1980-2010	112
27	Einteilung von Blitzschlagtoten nach Bundesländern, 1980-2010	112
28	Einteilung von Blitzschlagtoten nach Bundesländern, 1980-2010	112
29	Einteilung neuro-psychologischer, psychiatrischer und neurologischer Schäden nach Engelstatter	116
30	Einteilung neuro-psychologischer, psychiatrischer und neurologischer Schäden nach Dr. Walter Fimml	118
31	Einteilung neurologischer Schäden nach Pfortmüller	119

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
1970	25	4	3	12	122	15	nb
1971	26	9	1	nb	122	10	nb
1972	32	12	2	nb	94	7	nb
1973	18	3	5	nb	124	5	nb
1974	15	3	4	nb	112	6	nb
1975	15	11	7	nb	124	11	nb
1976	17	5	6	(1)	81	13	nb
1977	12	1	4	nb	116	8	nb
1978	11	3	0	nb	98	6	nb
1979	9	4	2	nb	87	6	nb
1980	24	7	1	4	94	8	nb
1981	22	2	2	(1)	87	10	nb
1982	21	2	4	15	100	1	nb
1983	25	11	7	nb	93	4	nb
1984	14	1	0	nb	91	5	nb
1985	13	1	3	nb	85	3	nb
1986	13	6	2	nb	78	5	nb
1987	11	2	2	nb	99	6	nb
1988	10	4	3	nb	82	2	nb

1989	6	1	4	nb	75	5	nb
1990	7	3	0	1	89	2	nb
1991	6	2	3	nb	75	3	nb
1992	10	1	1	(1)	41	4	nb
1993	9	1	2	3	43	1	nb
1994	6	3	1	5	69	11	nb
1995	4	1	0	2	85	6	nb
1996	12	1	2	7	52	3	nb
1997	5	5	4	1	42	6	nb
1998	4	1	0	3	44	7	nb
1999	10	0	1	4	46	4	nb
2000	4	0	0	0	51	3	0
2001	2	1	0	0	44	8	3
2002	3	1	0	1	51	1	0
2003	4	2	1	1	44	1	0
2004	2	1	0	3	32	1	0
2005	4	1	2	2	38	1	0
2006	2	1	0	3	48	4	0
2007	6	0	0	1	45	7	7
2008	2	1	0	1	27	4	1
2009	5	2	0	1	34	3	3
2010	0	1	nb	0	29	(6)	(1)
2011	nb	1	nb	(0)	26	(2)	(0)

Tabelle 1

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
1970	250	40	30	120	1220	nb	nb
1971	260	90	10	nb	1220	nb	nb
1972	320	120	20	nb	940	nb	nb
1973	180	30	50	nb	1240	nb	nb
1974	150	30	40	nb	1120	nb	nb
1975	150	110	70	nb	1240	nb	nb

1976	170	50	60	(10)	810	nb	nb
1977	120	10	40	nb	1160	nb	nb
1978	110	30	10	nb	980	nb	nb
1979	90	40	20	nb	870	nb	nb

Tabelle 2

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
1980	240	70	10	40	940	80	nb
1981	220	20	20	(10)	870	100	nb
1982	210	20	40	150	1000	10	nb
1983	250	110	70	nb	930	40	nb
1984	140	10	10	nb	910	50	nb
1985	130	10	30	nb	850	30	nb
1986	130	60	20	nb	780	50	nb
1987	110	20	20	nb	990	60	nb
1988	100	40	30	nb	820	20	nb
1989	60	10	40	nb	750	50	nb

Tabelle 3

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
1990	70	30	10	10	890	20	nb
1991	60	20	30	nb	750	30	nb
1992	100	100	10	(10)	410	40	nb
1993	90	10	20	30	430	10	nb
1994	50	30	10	50	690	110	nb
1995	40	10	10	20	433	60	nb
1996	120	10	20	70	309	30	nb
1997	50	50	40	10	306	60	nb
1998	40	10	10	30	283	70	nb
1999	100	10	10	40	243	40	nb

Tabelle 4

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
--	----------	----------	-----------	-----------	------------	------------	------------

2000	40	10	10	10	364	30	10
2001	20	10	10	10	371	80	30
2002	30	10	10	10	256	10	10
2003	40	20	10	10	237	10	10
2004	20	10	10	30	280	10	10
2005	40	10	20	20	309	10	10
2006	20	10	10	30	246	40	10
2007	60	10	10	10	138	70	70
2008	20	10	10	10	216	40	10
2009	50	20	10	10	201	30	30

Tabelle 5

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
2010	10	10	nb	75	182	(60)	(10)
2011	nb	10	nb	(10)	245	(20)	(10)

Tabelle 6

	D	A	CH	GB	USA	CDN	AUS
1970	250	40	30	120	1220	150	nb
1971	260	90	10	nb	1220	100	nb
1972	320	120	20	nb	940	70	nb
1973	180	30	50	nb	1240	50	nb
1974	150	30	40	nb	1120	60	nb
1975	150	110	70	nb	1240	110	nb
1976	170	50	60	(10)	810	130	nb
1977	120	10	40	nb	1160	80	nb
1978	110	30	10	nb	980	60	nb
1979	90	40	200	nb	870	60	nb
1980	240	70	10	40	940	80	nb
1981	220	20	20	(10)	870	100	nb
1982	210	20	40	150	1000	10	nb
1983	250	110	70	nb	930	40	nb

1984	140	10	10	nb	910	50	nb
1985	130	10	30	nb	850	30	nb
1986	130	60	20	nb	780	50	nb
1987	110	20	20	nb	990	60	nb
1988	100	40	30	nb	820	20	nb
1989	60	10	40	nb	750	50	nb
1990	70	30	10	10	890	20	nb
1991	60	20	30	nb	750	30	nb
1992	100	10	10	(10)	410	40	nb
1993	90	10	20	30	430	10	nb
1994	60	30	10	50	690	110	nb
1995	40	10	10	20	433	60	nb
1996	120	10	20	70	309	30	nb
1997	50	50	40	10	306	60	nb
1998	40	10	10	30	283	70	nb
1999	100	10	10	40	243	40	nb
2000	40	10	10	10	364	30	10
2001	20	10	10	10	371	80	30
2002	30	10	10	10	256	10	10
2003	40	20	10	10	237	10	10
2004	20	10	10	30	280	10	10
2005	40	10	20	20	309	10	10
2006	20	10	10	30	246	40	10
2007	60	10	10	10	138	70	70
2008	20	10	10	10	216	40	10
2009	50	20	10	10	201	30	30
2010	10	10	nb	75	182	(60)	(10)
2011	nb	10	nb	(10)	245	(20)	(10)

Tabelle 7

	Frau	Mann	unbe-kannt		Frau	Mann	unbe-kannt

1970	1	3	0	1991	0	2	0
1971	4	5	0	1992	0	1	0
1972	0	12	0	1993	0	1	0
1973	0	3	0	1994	2	1	0
1974	0	3	0	1995	0	1	0
1975	3	8	0	1996	0	1	0
1976	2	3	0	1997	0	5	0
1977	0	1	0	1998	0	1	0
1978	1	2	0	1999	0	0	0
1979	1	3	0	2000	0	0	0
1980	1	6	0	2001	1	0	0
1981	1	1	0	2002	0	1	0
1982	0	2	0	2003	0	2	0
1983	2	9	0	2004	0	1	0
1984	1	0	0	2005	0	1	0
1985	0	1	0	2006	0	1	0
1986	1	5	0	2007	0	0	0
1987	0	2	0	2008	0	1	0
1988	1	3	0	2009	0	2	0
1989	0	1	0	2010	0	1	0
1990	0	3	0	2011	0	1	0

Tabelle 8

	Frau	Mann	unbe-kannt		Frau	Mann	unbe-kannt
1970	3	9	0	1990	0	1	0
1971	nb	nb	nb	1991	nb	nb	nb
1972	nb	nb	nb	1992	nb	(1)	nb
1973	nb	nb	nb	1993	nb	nb	nb
1974	nb	nb	nb	1994	nb	nb	nb
1975	nb	nb	nb	1995	nb	nb	nb
1976	nb	(1)	nb	1996	nb	nb	nb

1977	nb	nb	nb	1997	nb	nb	nb
1978	nb	nb	nb	1998	1	2	0
1979	nb	nb	nb	1999	2	0	0
1980	2	2	0	2000	0	0	0
1981	nb	(1)	nb	2001	0	0	0
1982	14 M/F	(1)	nb	2002	0	1	0
1983	nb	nb	nb	2003	0	1	0
1984	nb	nb	nb	2004	0	3	0
1985	nb	nb	nb	2005	0	2	0
1986	nb	nb	nb	2006	1	2	0
1987	nb	nb	nb	2007	0	1	0
1988	nb	nb	nb	2008	0	1	0
1989	nb	nb	nb	2009	0	1	0
-	-	-	-	2010	0	0	0

Tabelle 9

	Frau	Mann	unbe- kannt		Frau	Mann	unbe- kannt
1970	0	3	0	1990	0	0	0
1971	1	0	0	1991	1	2	0
1972	0	2	0	1992	0	1	0
1973	2	3	0	1993	0	2	0
1974	1	3	0	1994	1	0	0
1975	0	7	0	1995	0	0	0
1976	3	3	0	1996	0	2	0
1977	0	4	0	1997	0	4	0
1978	0	0	0	1998	0	0	0
1979	0	2	0	1999	0	1	0
1980	0	1	0	2000	0	0	0
1981	0	2	0	2001	0	0	0
1982	2	2	0	2002	0	0	0
1983	2	5	0	2003	1	0	0
1984	0	0	0	2004	0	0	0

1985	1	2	0	2005	0	2	0
1986	1	1	0	2006	0	0	0
1987	1	1	0	2007	0	0	0
1988	0	3	0	2008	0	0	0
1989	1	3	0	2009	0	0	0

Tabelle 10

	Frau	Mann	unbe-kannt		Frau	Mann	unbe-kannt
1970	1	14	0	1990	0	2	0
1971	1	9	0	1991	1	2	0
1972	1	6	0	1992	0	4	0
1973	1	4	0	1993	0	1	0
1974	0	6	0	1994	2	9	0
1975	2	9	0	1995	1	5	0
1976	3	10	0	1996	0	3	0
1977	1	7	0	1997	1	5	0
1978	1	5	0	1998	0	7	0
1979	2	4	0	1999	2	2	0
1980	1	7	0	2000	0	3	0
1981	2	8	0	2001	1	7	0
1982	0	1	0	2002	0	1	0
1983	1	3	0	2003	0	1	0
1984	3	2	0	2004	0	1	0
1985	1	2	0	2005	0	1	0
1986	3	2	0	2006	1	3	0
1987	1	5	0	2007	0	7	0
1988	1	1	0	2008	0	4	0
1989	0	5	0	2009	1	2	0

Tabelle 11

	Frau	Mann	unbe-kannt		Frau	Mann	unbe-kannt

1980	6	18	0	1995	0	4	0
1981	4	18	0	1996	1	11	0
1982	2	19	0	1997	1	4	0
1983	6	19	0	1998	1	3	0
1984	3	11	0	1999	1	9	0
1985	2	11	0	2000	2	2	0
1986	2	11	0	2001	0	2	0
1987	2	9	0	2002	0	3	0
1988	2	8	0	2003	0	4	0
1989	2	4	0	2004	0	2	0
1990	0	7	0	2005	1	3	0
1991	0	6	0	2006	0	2	0
1992	3	7	0	2007	0	6	0
1993	2	7	0	2008	1	1	0
1994	0	6	0	2009	1	4	0
-	-	-	-	2010	0	0	0

Tabelle 12

	Frau	Mann	unbe-kannt		Frau	Mann	unbe-kannt
1995	9	76	0	2003	10	33	0
1996	12	39	1	2004	6	26	0
1997	5	37	0	2005	4	33	1
1998	7	37	0	2006	10	37	1
1999	7	39	0	2007	5	40	0
2000	11	40	0	2008	6	22	0
2001	8	36	0	2009	6	28	0
2002	12	39	0	2010	7	22	0
-	-	-	-	2011	7	19	0

Tabelle 13

	Frau	Mann	unbe-kannt
--	-------------	-------------	-------------------

2000	0	0	0
2001	0	3	0
2002	0	0	0
2003	0	0	0
2004	0	0	0
2005	0	0	0
2006	0	0	0
2007	3	4	0
2008	0	1	0
2009	3	0	0

Tabelle 14

Alter in J/ Ge- schlecht	0 - 04	05 - 09	10 - 14	15 - 19	20 - 24	25 - 29	30 - 34	35 - 39	40 - 44	45 - 49	50 - 54	55 - 59	60 - 64	65 - 69	70 - 74	75 - 79	80 - 84	85 - 89	90 - 94	95 - +
Jahre	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	F/M	
1970	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	1/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1971	0/0	0/1	1/0	0/0	1/0	0/0	2/0	0/0	0/2	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1972	0/0	0/0	0/2	0/2	0/0	0/1	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/2	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1973	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1974	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1975	0/0	0/0	1/2	0/0	1/1	0/2	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	
1976	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	
1977	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1978	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1979	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	
1980	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	1/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	
1981	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1982	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1983	0/0	0/1	0/0	1/3	1/2	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	
1984	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1985	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	

2004	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2005	0/0	1/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2006	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2007	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2008	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2009	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabelle 16

Alter in J/ Geschlecht	<01	01	05	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	-<	+	
	F/M																			
Jahre																				
1980	0/0	0/0	0/0	0/0	1/7	0/2	0/0	0/2	0/2	1/2	1/1	0/2	1/0	0/0	1/0	1/0	0/0	0/0	0/0	
1981	0/0	0/0	0/2	0/3	0/1	0/2	2/1	0/1	0/0	0/2	0/0	0/1	0/2	0/1	1/1	1/0	0/1	0/0	0/0	
1982	0/0	0/0	0/1	0/3	1/5	0/3	0/1	1/1	0/1	0/3	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	
1983	0/0	0/0	0/0	2/1	0/6	1/1	0/2	1/0	1/0	1/3	0/2	0/1	0/2	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	
1984	0/0	0/0	0/0	0/1	1/2	0/0	0/2	0/2	0/0	0/0	0/1	0/0	1/0	1/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	
1985	0/0	0/0	0/0	0/1	0/2	1/1	0/2	1/1	0/2	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	
1986	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/3	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/1	0/2	1/0	0/0	1/1	0/0	0/0	0/0	
1987	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	1/0	0/2	0/0	0/0	0/1	0/2	0/1	0/0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	
1988	0/0	0/0	0/0	0/0	0/3	0/0	0/1	0/1	0/0	1/0	1/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	
1989	0/0	0/0	0/0	1/0	1/0	0/2	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	

1990	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0
1991	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1992	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/0	0/0	1/0	0/2	0/2	0/0	1/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1993	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	2/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1994	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1995	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1996	0/0	0/0	0/0	0/2	0/1	0/1	0/3	0/0	0/1	1/0	0/1	0/0	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1997	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/3	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1998	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1999	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	0/2	1/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/0	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0
2000	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2001	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2002	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2003	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2004	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2005	0/0	1/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2006	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2007	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/2	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2008	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2009	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2010	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabelle 17

1988	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1989	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/2	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1990	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1991	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	1/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2000	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2001	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/2	0/0	0/1	0/1	0/1	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2002	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2003	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2004	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2005	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2006	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2007	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/2	0/2	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2008	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/2	0/2	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2009	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabelle 18

Alter in J/ Geschlecht	0-	10 –	20 –	30 –	40 –	50 –	60 –	70 –	80 –	90	Unbekannt
	09	19	29	39	49	59	69	79	89	+	
Jahre											
1995	1/0	2/15	2/10	2/17	1/8	0/8	0/5	0/0	0/0	1/0	0/13/0
1996	0/1	7/5	0/11	2/12	0/5	0/2	0/2	1/0	1/0	0/0	1/1/1

1997	0/2	0/3	0/8	4/5	0/10	0/6	0/1	0/1	1/0	0/0	0/1/0
1998	1/1	1/3	1/9	2/14	0/6	2/1	0/2	0/1	0/0	0/0	0/0/0
1999	0/0	3/4	0/4	2/15	2/8	0/4	0/2	0/0	0/0	0/0	0/2/0
2000	3/1	1/6	0/13	0/6	5/4	1/4	0/5	0/1	1/0	0/0	0/0/0
2001	0/0	0/7	1/7	3/10	3/5	1/6	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0/0
2002	2/3	2/3	3/5	2/5	1/9	1/5	0/5	1/1	0/1	0/0	0/2/0
2003	0/1	2/4	2/8	3/6	2/4	0/6	1/2	0/1	0/0	0/0	0/1/0
2004	0/0	1/4	1/4	0/7	3/7	0/1	1/0	0/1	0/0	0/0	0/2/0
2005	1/1	1/7	0/2	0/8	1/7	0/2	1/1	0/1	0/0	0/0	0/4/1
2006	0/1	3/10	1/4	0/5	2/7	2/3	2/2	0/1	0/3	0/0	0/1/1
2007	0/0	1/6	1/15	0/3	1/5	1/5	0/4	1/1	0/0	0/0	0/1/0
2008	1/0	0/7	2/8	0/4	1/2	2/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0/0
2009	0/0	2/4	1/4	0/5	1/8	1/3	0/4	1/0	0/0	0/0	0/0/0
2010	0/1	5/3	1/3	1/4	0/4	0/4	0/2	0/1	0/0	0/0	0/0/0
2011	0/0	1/2	1/2	0/1	1/6	2/7	1/0	1/1	0/0	0/0	0/0/0

Tabelle 19

Alter in J/ Geschlecht	<1	01 –	05 –	10 –	15 –	20 –	25 –	30 –	35 –	40 –	45 –	50 –	55 –	60 –	65 –	70 –	75 –	80 –	85 –	90 –	95
	F/M	+ F/M																			
Jahre																					
1970	0/0	0/0	0/1	1/5	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	1/0	1/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	

1980	0/0	0/0	0/0	0/1	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1990	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1998	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
1999	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2000	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2001	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2002	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2003	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2004	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2005	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2006	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/1	1/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2007	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2008	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2009	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2010	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabelle 20

Rang 1959 - 2004	Staat	Tote und Verletzte durch Blitzschlag
1	Florida	2117
2	North Carolina	818
3	Michigan	815
4	Pennsylvania	760
5	New York	749
6	Texas	716
7	Ohio	671
8	Colorado	602
9	Georgia	586
10	Tennessee	554

Tabelle 21

Rang 1959 - 2007	Staat	Tote durch Blitzschlag
1	Florida	449
2	Texas	206
3	North Carolina	186
4	Ohio	141
5	Tennessee	140
6	New York	137
7	Louisiana	136
8	Colorado	132
9	Pennsylvania	126
10	Maryland	124

Tabelle 22

US-Staaten	Zahl der Toten

Vermont, South Dakota, New Hampshire, Nevada, Maine, District of Columbia, Wyoming, New Jersey, Massachusetts, Connecticut, California, West Virginia, Washington, Oregon, Nebraska, Missouri, New Mexico, Montana, Iowa, Idaho, Arkansas, New York	1 - 5
Oklahoma, Kentucky, Mississippi, Illinois, Wisconsin, Utah, Minnesota, Maryland, Kansas, Virginia, South Carolina, Pennsylvania, Michigan, Tennessee	6 - 10
North Carolina, Georgia, Alabama, Ohio, Louisiana, Indiana, Arizona, Colorado, Texas, Florida	>10

Tabelle 23

Jahre:	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Aufenthalts- ort:																	
Spielfeld	0	5	1	0	1	0	2	1	2	2	1	5	2	0	2	1	1
Bootfahren	7	0	2	6	6	3	2	2	1	3	1	2	2	3	2	2	0
Campen	0	1	3	3	1	1	0	4	1	0	3	0	3	1	1	0	1
Arbeit an schwerem Gerät	0	2	2	3	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
Golfen	5	2	1	2	0	4	2	0	1	3	3	2	1	0	1	1	1
im Wasser	0	1	1	0	2	2	0	1	5	1	0	0	2	1	1	2	2

unter Baum	9	8	6	8	9	9	4	11	8	6	8	13	8	8	5	8	3
im Freien	60	23	19	19	24	23	28	24	18	13	21	16	24	12	20	14	15
Telefon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
in/nahe Ge- bäuden	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere/un- bekannt	2	10	7	3	1	9	6	8	6	2	1	8	3	2	2	1	2

Tabelle 24

Jahre	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Geschlecht	m./w./i.	m./w./i	m./w./i.							
Länder										
Baden-Württem- berg	1/0/1	7/1/8	5/1/6	2/2/4	1/0/1	1/0/1	2/0/2	3/0/3	0/0/0	0/0/0

Bayern	6/0/6	6/0/6	3/0/3	5/1/6	1/0/1	3/0/3	1/1/2	1/0/1	2/0/2	0/0/0
Berlin	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	1/0/1	2/0/2	1/0/1	0/1/1	1/0/1	0/0/0
Brandenburg	4/2/6	1/1/2	1/0/1	0/0/0	1/0/1	2/0/2	1/0/1	1/0/1	3/1/4	0/0/0
Bremen	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Hamburg	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Hessen	1/1/2	0/0/0	1/0/1	1/0/1	1/1/2	1/0/1	2/0/2	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Mecklenburg-Vorpommern	2/0/2	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/1/1	0/0/0	0/0/0
Niedersachsen	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/1/2	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0

Nordrhein-Westfalen	1/1/2	0/1/1	4/1/5	3/1/4	0/0/0	0/0/0	2/0/2	3/0/3	1/0/1	1/1/2
Rheinland-Pfalz	0/0/0	2/0/2	1/0/1	0/1/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0
Saarland	0/0/0	2/0/2	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Sachsen	1/0/1	0/1/1	1/0/1	2/0/2	0/1/1	1/2/3	0/1/1	0/0/0	0/1/1	1/1/2
Sachsen-Anhalt	2/1/3	0/0/0	0/0/0	1/0/1	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	2/0/2
Schleswig-Holstein	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Thüringen	0/1/1	0/0/0	0/0/0	3/1/4	2/0/2	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0
Deutschland	18/6/24	18/4/22	19/2/21	19/6/25	11/3/14	11/2/13	11/2/13	9/2/11	8/2/10	4/2/6

Tabelle 25

Jahre	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Geschlecht	m./w./i.	m./w./i	m./w./i.							
Länder										
Baden-Württemberg	1/0/1	1/0/1	1/0/1	0/1/1	2/0/2	0/0/0	1/0/1	1/0/1	0/0/0	2/0/2
Bayern	0/0/0	2/0/2	2/2/4	2/0/2	0/0/0	2/0/2	2/1/3	1/0/1	0/0/0	1/0/1
Berlin	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0
Brandenburg	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/0/0
Bremen	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Hamburg	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0

Hessen	0/0/0	1/0/1	1/0/1	1/1/2	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/1/1	1/0/1
Mecklenburg-Vorpommern	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/1/1	0/0/0	1/0/1
Niedersachsen	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	1/0/1	2/0/2	0/0/0	0/0/0	1/0/1	2/0/2
Nordrhein-Westfalen	2/0/2	0/0/0	1/0/1	1/0/1	0/0/0	0/0/0	2/0/2	1/0/1	0/0/0	1/0/1
Rheinland-Pfalz	2/0/2	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	2/0/2	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Saarland	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Sachsen	1/0/1	2/0/2	1/0/1	1/0/1	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/1/1
Sachsen-Anhalt	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0

Schleswig-Holstein	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1
Thüringen	1/0/1	0/0/0	0/1/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Deutschland	7/0/7	6/0/6	7/3/10	7/2/9	6/0/6	4/0/4	11/1/12	4/1/5	3/1/4	9/1/10

Tabelle 26

Brandenburg	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	1/0/1
Bremen	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Hamburg	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Hessen	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Mecklenburg-Vorpommern	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Niedersachsen	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/0/0
Nordrhein-Westfalen	0/1/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1
Rheinland-Pfalz	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/1/1	0/0/0

Saarland	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Sachsen	0/1/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	3/0/3	0/0/0	0/0/0
Sachsen-Anhalt	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0
Schleswig-Holstein	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/1/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1
Thüringen	1/0/1	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0	1/0/1	0/0/0	1/0/1	0/0/0	0/0/0
Deutschland	2/2/4	2/0/2	3/0/3	4/0/4	2/0/2	3/1/4	2/0/2	6/0/6	1/1/2	4/1/5

Tabelle 27

Jahre Geschlecht	2010 m./w./i.	Jahre Geschlecht	2010 m./w./i.
-----------------------------------	------------------	-----------------------------------	------------------

Länder		Länder	
Baden-Württemberg	0/0/0	Niedersachsen	0/0/0
Bayern	0/0/0	Nordrhein-Westfalen	0/0/0
Berlin	0/0/0	Rheinland-Pfalz	0/0/0
Brandenburg	0/0/0	Saarland	0/0/0
Bremen	0/0/0	Sachsen	0/0/0
Hamburg	0/0/0	Sachsen-Anhalt	0/0/0

Hessen	0/0/0	Schleswig-Holstein	0/0/0
Mecklenburg-Vorpommern	0/0/0	Thüringen	0/0/0
-	-	Deutschland	0/0/0

Tabelle 28

Störungsmuster	Neurologisch	Neuro-psychologisch	psychiatrisch
Symptome in % geordnet nach Häufigkeit und Gruppe			
Gedächtnisverlust		52	
Schlafstörung		44	
Aufmerksamkeitsdefizit		41	
Schwindel		38	

Leichte Müdigkeit		38	
Erregbarkeit		34	
Chronische Müdigkeit		32	
Kopfschmerzen		30	
Überforderung		29	
Arbeitsunfähigkeit		29	
Allgemeine Schwäche		29	
Inkoordination		28	
Reduzierte Libido		26	
Kommunikationsprobleme		25	
Verwirrung		25	
Chronische Schmerzen		21	
Depression			32
Agoraphobie			29
Sturmphobie			29
Emotionale Probleme			24
Flashbacks			20
Persönlichkeitsveränderung			19
Albträume			12

Parästhesie	40			
Taubes Gefühl	36			
Photophobie	34			
Tinnitus	33			
Hörverlust	25			
Reduzierte Sehschärfe	20			
Bewußtseinsverlust	15			
Gehörverlust	13			
Anfallsleiden	12			
Lähmung	11			
Gangunfähigkeit	11			
Sjögren-Syndrom	9			
Anfälle i. d. Anamnese	7			
Aphasia	6			
Ataxie	5			

Tabelle 29

Störungsmuster	Neurologisch	Neuro-psychologisch	psychiatrisch
----------------	--------------	---------------------	---------------

Symptome in %				
Erinnerungslücken	-	52	-	
Schlafstörungen	-	44	-	
Konzentrationsprobleme	-	41	-	
Schwindel	38	-	-	
Erschöpfung	-	37	-	
Taubheitsgefühl	36	-	-	
Reizbarkeit	-	-	34	
Lichtempfindlichkeit	34	-	-	
Verlust an Muskelkraft	34	-	-	
Muskelkrämpfe	34	-	-	
Chronische Schmerzen	32	-	-	
Depressionen	-	-	32	
Unruhe	-	-	32	
Kopfschmerzen	32	-	-	
Angstzustände	-	-	29	
Müdigkeit	-	29	-	
Koordinationsprobleme	28	-	-	
Verminderte Libido	26	-	-	

Gehörverlust	25	-	-
Verwirrung	-	-	25

Tabelle 30

Neurologische Störungsmuster (6 von 9 Patienten)	Betroffenen-gesamtzahl / % (gerundet)	Frau (Zahl / %)	Mann (Zahl / %)	Jahr des Ereignisses (Frau/Mann)	Alter in Jahren (Frau/Mann)
Parästhesie	4 / 66,67	3 / 50	1 / 16,67	2005,2009,2010/2007	24,32,33/58
Kurze Lähmung	2 / 33,33	2 / 33,33	0 / 0	2005,2009/-	24,32/-
Kopfschmerzen	1 / 16,67	1 / 16,67	0 / 0	2010/-	33/-
Schwindel	1 / 16,67	0 / 0	1 / 16,67	-/2006	-/41
Fehlende Pupillenreaktion	1 / 16,67	0 / 0	1 / 16,67	-/2010	-/52

Tabelle 31

8. Diagrammverzeichnis

	Seiten
1 Blitzschlagtote im Zeitraum zwischen 1970 und 2011, Balkendiagramm	56
2 Blitzschlagtote im Zeitraum zwischen 1970 und 2011, Deutschland, Balkendiagramm	57
3 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1970 und 1979 in Jahren, Balkendiagramm	59
4 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1980 und 1989 in Jahren, Balkendiagramm	60
5 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1990 und 1999 in Jahren, Balkendiagramm	61
6 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 2000 und 2009 in Jahren, Balkendiagramm	62
7 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 2010 und 2011 in Jahren, Balkendiagramm	63
8 Blitzschlagverletzte im Zeitraum zwischen 1995 und 2011, USA, Balkendiagramm	64
9 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Österreich von 1970-2011, Balkendiagramm	66
10 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Großbritannien von 1970-2010, Balkendiagramm	68
11 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in der Schweiz von 1970-2009, Balkendiagramm	70
12 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Kanada von 1970-2009, Balkendiagramm	72
13 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Deutschland von 1980-2010, Balkendiagramm	74
14 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in den USA von 1995-2011, Balkendiagramm	76
15 Geschlechtsverteilung bei Blitzschlagtoten in Australien von 2000-2009, Balkendiagramm	78

16 Altersstufenaufteilung für Österreich von 1970 bis 1989, Frauen, Balkendiagramm	80
17 Altersstufenaufteilung für Österreich von 1990 bis 2011, Frauen, Balkendiagramm	81
18 Altersstufenaufteilung für Österreich von 1970 bis 1989, Männer, Balkendiagramm	82
19 Altersstufenaufteilung für Österreich von 1990 bis 2011, Männer, Balkendiagramm	83
20 Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1970 bis 1989, Frauen, Balkendiagramm	85
21 Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1990 bis 2009, Frauen, Balkendiagramm	86
22 Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1970 bis 1989, Männer, Balkendiagramm	87
23 Altersstufenaufteilung für die Schweiz von 1990 bis 2009, Männer, Balkendiagramm	88
24 Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1980 bis 1995, Frauen, Balkendiagramm	90
25 Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1996 bis 2010, Frauen, Balkendiagramm	91
26 Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1980 bis 1995, Männer, Balkendiagramm	92
27 Altersstufenaufteilung für Deutschland von 1996 bis 2010, Männer, Balkendiagramm	93
28 Altersstufenaufteilung für Kanada von 1970 bis 1985, Frauen, Balkendiagramm	95
29 Altersstufenaufteilung für Kanada von 1986 bis 1991 und 2000-2009, Frauen, Balkendiagramm	96
30 Altersstufenaufteilung für Kanada von 1970 bis 1985, Männer, Balkendiagramm	97
31 Altersstufenaufteilung für Kanada von 1986 bis 1991 und 2000-2009, Männer, Balkendiagramm	98

32 Altersstufenaufteilung für die USA von 1995 bis 2011, Frauen, Balkendiagramm	100
33 Altersstufenaufteilung für die USA von 1995 bis 2011, Männer, Balkendiagramm	101
34 Altersstufenaufteilung für Großbritannien von 1970/1980/1990 sowie 1998 bis 2010, Frauen, Balkendiagramm	103
35 Altersstufenaufteilung für Großbritannien von 1970/1980/1990 sowie 1998 bis 2010, Männer, Balkendiagramm	104

9. Lebenslauf

PERSONALIEN

Name und Vorname:	Umminger, Jens
Geburtsdatum:	21. Februar 1968
Geburtsort:	Tauberbischofsheim
Familienstand:	ledig
Vater:	Heinz Umminger
Mutter:	Renate Umminger

SCHULISCHER WERDEGANG

09.1974-07.1979	Grundschule
08.1979-06.1989	Gymnasium
03.05.1989	Abitur

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

SS 1990	Beginn des Studiums der Humanmedizin in Heidelberg
02.09.1992	Ärztliche Vorprüfung
23.03.1995	1. Staatsexamen
03.09.1996	2. Staatsexamen
21.10.1997	3. Staatsexamen

BERUFLICHER WERDEGANG

06.04.1998-05.10.1999	Arzt im Praktikum
06.10.1999-13.12.2006	Facharztausbildung im Fach Neurologie
13.12.2006	Ablegung der Facharztprüfung für Neurologie in München
01.11.2007-11.04.2011	Facharztausbildung im Rahmen der Psychiatrie
11.04.2011	Ablegung der Facharztprüfung für Psychiatrie und Psychotherapie in Stuttgart
01.04.2015	Tätigkeit als niedergelassener Facharzt für Neurologie sowie Facharzt für Psychiatrie und Psychotherapie in Ochsenfurt (Bayern/Unterfranken)

10. Danksagung

Meinen ganz besonderen Dank möchte ich Herrn Professor Dr. med. Berthold Schalke, leitender Oberarzt in der neurologischen Klinik des Universitätsklinikums Regensburg, für die Überlassung des Themas der Doktorarbeit, seine ständige begleitende und beratende Unterstützung bei der Erstellung der Dissertation und die kritische Durchsicht der Arbeit sowie die wertvollen Ratschläge bei der Bearbeitung des Themas aussprechen. Danken möchte ich Herrn Professor Schalke auch für seine Hilfe, die richtigen Personen mit den Informationsquellen anzuschreiben und Kontakte zu ihnen herzustellen.

Ebenfalls herzlich danken möchte ich Herrn Junior-Prof. Dr. med. Ingo Kleiter, Neurologische Klinik der Universität Bochum, St. Josef-Hospital, der mir immer mit Rat und Tat zur Hilfe gestanden und auch bei der Literaturrecherche geholfen hat.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzahlen nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in Deutschland danke ich Frau Silvia Schelo vom Statistischen Bundesamt in Berlin, Zweigstelle Bonn, Herrn Jürgen Demski, BG Elektro Textil Feinmechanik, Präventionsabteilung, Fachbereich BK Ermittlungen und Statistik, Herrn Wolfgang Heuhsen, Leiter Unterausschuss Statistik Personenblitzunfälle beim Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE in Frankfurt am Main, Herrn Lothar Machner, ehemaliger Leiter des Unterausschusses Statistik Personenblitzunfälle beim Ausschuss für Blitzschutz und Blitzforschung (ABB) des VDE in Frankfurt am Main sowie dem Deutschen Wetterdienst.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzahlen nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in den Vereinigten Staaten von Amerika danke ich dem National Weather Service Forecast

Office in Melbourne, Florida, dem Colorado Department of Public Health and Environment, dem National Severe Storms Laboratory, der National Oceanic and Atmospheric Administration, dem Public Health Service, dem National Safety Council, der National Fire Protection Association, dem National Lightning Safety Institute, dem National Weather Service sowie der American Meteorological Society, Frau Professor MD Mary Ann Cooper im Department of Emergency Medicine der University Illinois, Herrn Ronald L. Holle, Research Meteorologist der Mesoscale Research and Applications Division der National Severe Storms Laboratory in Norman, Oklahoma.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzahlen nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in Kanada danke ich dem Canadian Institute for Health Information, der National Oceanic and Atmospheric Administration, dem Meteorological Service of Canada, dem United States Census Bureau und dem Canadian Institute for Health Information, Herrn Brian Mills, Climatologist bei Environment Canada, Adaption and Impacts Research Devision, Atmospheric Science and Technology Directorate, University of Waterloo, dem Canadian Lightning Detection Network, Frau Kirstin Elliot von Statistics Canada.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeitschäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzahlen nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in Australien danke ich der Australien Flying Disc Association (AFDA), dem Australien Institute of Health and Welfare, dem Benfield Hazard Research Centre in London, Geoscience Australia sowie der School of Earth Sciences der Macquarie University, Herrn Ilan Kelman, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Center for International Climate and Environmental Research in Oslo (CICERO) und Master of Applied Science.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeit-schäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzah-len nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in Großbri-tannien danke ich der Tornado and Storm Research Organisation, Frau Karen Hawkes und Herrn Andrew Lee, Statistiker, vom General Register Office for Scotland des National Health Service, für England und Wales Frau Laura Stanage, Office for National Statistics, für Nordirland Herrn David McComish, Census Office for Northern Ireland, für Schottland Frau Karen Hawkes, General Register Office for Scotland, Herrn Andrew Lee, Statistiker, National Services Scotland.

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeit-schäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzah-len nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in Österreich danke ich dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit in Österreich, dem Österreichischen Verband für Elektrotechnik mit dem Austrian Lightning Detec-tion and Information System und dessen Abteilungsleiter, Herrn Diplom-Ingenieur Dr. Gerhard Diendorfer, Schwerpunkt Blitzphysik und Blitzschutz, Frau Nadine Zielonke, Diplom-Demographin bei der Bundesanstalt Statistik Österreich (Statis-tik Austria).

Für die Bereitstellung von Datenmaterial bezüglich der neurologischen Langzeit-schäden bei Blitzschlagopfern, der Statistiken über Todesfälle und Verletztenzah-len nach Blitzschlag sowie von Fallbeispielen von Blitzschlagopfern in der Schweiz danke ich Herrn Erwin K. Wüest, Bundesamt für Statistik.