

Aus der Klinik für Anästhesiologie  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Erkrankungen und Verletzungen bei Katastrophen und Großschadenslagen  
- Eine kritische Wertung der Literatur -

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der  
Medizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Andreas Prüm-Wolf  
aus Bernkastel-Kues

Mainz, 2022

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Ulrich Förstermann

Tag der Promotion: 12.Juli 2022

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Literaturdiskussion.....	3
2.1 Begriffsdefinitionen.....	3
2.1.1 Unterscheidung Großschadensereignis und Katastrophe.....	3
2.1.2 Kritische Infrastruktur.....	3
2.1.3 Gefahreneinteilung von Katastrophen und Großschadenslagen.....	4
2.1.4 Versorgungsstufen.....	6
2.1.5 Sichtung und Sichtungskategorien.....	7
2.1.6 Weichteilverletzung.....	9
2.2 Klassifikationen.....	11
2.2.1 Abbreviated Injury Scale (AIS).....	11
2.2.2 Injury Severity Score (ISS).....	11
2.2.3 Mechanismus von Explosionsverletzungen.....	12
2.3 Medizinische Task Force (MTF).....	13
2.3.1 Definition.....	13
2.3.2 Teileinheit Behandlung (Behandlungsbereitschaft).....	13
2.4 Evaluierung des Medikamentenmanagements des MTF-Konzeptes im Rahmen simulierter katastrophenmedizinischer Schadenslagen.....	15
3 Material und Methoden.....	18
4 Ergebnisse.....	20
4.1 Technisch bedingte Katastrophen und Großschadenslagen.....	20
4.1.1 ICE-Katastrophe bei Eschede, Deutschland 1998.....	20
4.1.2 Brand im Café in Volendam, Niederlande 2001.....	21
4.1.3 Chlorgasaustritt durch Unfall beim Entladen in Missouri, USA 2002.....	22
4.1.4 Chlor-, Diesel- und Harnstoffdüngeraustritt nach Zugentgleisungen in Texas, USA 2004.....	22

4.1.5	Chloraustritt nach entgleistem Zug in Graniteville, South Carolina, USA 2005	22
4.1.6	Flugzeugabsturz in Port Harcourt, Nigeria 2005.....	23
4.1.7	Gebäudeeinsturz Rana Plaza in Savar, Bangladesch 2013 .....	23
4.1.8	Chemieunfall in Charleston, West Virginia, USA 2014 .....	24
4.1.9	Explosion im Hafen von Tianjin, China 2015 .....	25
4.2	Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg .....	26
4.2.1	Flugzeug Terroranschlag in New York, USA 2001 .....	26
4.2.2	Bombenanschlag in Madrid, Spanien 2004 .....	28
4.2.3	Bombenattentate in London, Großbritannien 2005 .....	28
4.2.4	Massenpanik bei der Loveparade in Duisburg, Deutschland 2010.....	29
4.2.5	Bombenanschlag beim Boston Marathon, USA 2013 .....	30
4.3	Naturkatastrophen .....	31
4.3.1	Erdbeben in Athen, Griechenland 1999.....	31
4.3.2	Hurricane Floyd in North Carolina, USA 1999 .....	32
4.3.3	Tropischen Wirbelsturm Allison in Houston, Texas, USA 2001 .....	33
4.3.4	Erdbeben in Bam, Iran 2003 .....	33
4.3.5	Tsunami in Sri Lanka, 2004.....	34
4.3.6	Hurricane Katrina in New Orleans, USA 2005.....	35
4.3.7	Erdbeben in den Regionen Kashmir, Pakistan und Indien 2005.....	37
4.3.8	Erdbeben in Wenchuan, China 2008 .....	38
4.3.9	Hurricanes Gustav und Ike, USA 2008 .....	40
4.3.10	Erdbeben in Yushu, China 2010 .....	41
4.3.11	Erdbeben in Haiti 2010.....	41
4.3.12	Erdbeben in Nepal 2015.....	43
5	Diskussion .....	45
5.1	Überblick über die dargestellten Katastrophen und Großschadenslagen .....	45
5.1.1	Allgemeine Daten zur Anzahl und Art der Schadenslagen .....	45
5.1.2	Anzahl und demographische Angaben zu den Patienten .....	45
5.1.3	Anzahl, Ort und Zeitpunkt des Todes, sowie die Todesursache .....	46

5.1.4	Ambulant/stationär und Injury/Non injury condition .....	47
5.2	Vorstellungsgründe in medizinischen Behandlungseinrichtungen in Katastrophen und Großschadenslagen .....	48
5.2.1	Anatomische Lokalisation der Verletzungen.....	49
5.2.2	Verletzungsbedingte Gründe, sich in einer medizinischen Behandlungseinrichtung vorzustellen .....	51
5.2.3	Nicht verletzungsbedingte Gründe, sich in einer medizinischen Behandlungseinrichtung vorzustellen .....	52
5.3	Überblick über Verletzungen und Erkrankungen bei technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen .....	53
5.3.1	Verletzungsmuster nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen .....	54
5.3.2	Erkrankungen nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen 55	
5.4	Überblick über Verletzungen und Erkrankungen bei Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg.	56
5.4.1	Verletzungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg .....	57
5.4.2	Erkrankungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg .....	58
5.5	Überblick über Verletzungen und Erkrankungen nach Naturkatastrophen .....	59
5.5.1	Verletzungsmuster nach Naturkatastrophen .....	60
5.5.2	Erkrankungen nach Naturkatastrophen .....	61
5.6	Vergleich der Daten zur Erfassung von Buggenhagen et al.....	62
5.7	Implikationen für den Katastrophenschutz in Deutschland.....	63
5.8	Wissenschaftliche Implikationen für die Katastrophenmedizin .....	64
5.8.1	Wissenschaftliche Aufarbeitung von Großschadenslagen und Katastrophen ..	64
5.8.2	Risikoanalysen.....	65
5.8.3	Einheitliches Muster der Erfassung der Verletzungen und Erkrankungen.....	65
5.8.4	Fehlende Subgruppenanalysen .....	66
6	Zusammenfassung .....	67
7	Literaturverzeichnis .....	69

8	Anhang.....	75
9	Danksagung.....	83
10	Tabellarischer Lebenslauf .....	84

## Abkürzungsverzeichnis

ABCDE .....	<i>A = Airway, B = Breathing, C = Circulation, D = Disability, E = Exposure</i>
ACS .....	<i>akutes Koronarsyndrom (engl: acute coronary syndrom)</i>
AIS .....	<i>Abbreviated injury scale</i>
ARDS.....	<i>Acute respiratory distress syndrome</i>
BABS.....	<i>Bundesamt für Bevölkerungsschutz der Schweiz</i>
BBK.....	<i>Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Deutschland)</i>
BHP .....	<i>Behandlungsplatz</i>
BMI .....	<i>Bundesministerium des Inneren</i>
CBRN.....	<i>Chemisch-Biologisch-Radioaktiv-Nuklear</i>
COPD .....	<i>chronisch obstruktive Lungenerkrankung (engl. chronic obstructiv pulmonary disease)</i>
CT .....	<i>Computertomografie</i>
DGU.....	<i>Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie</i>
DIN.....	<i>Deutsches Institut für Normung e.V.</i>
DMAT.....	<i>Disaster medical assistance team</i>
FAST.....	<i>Focused assessment with sonography for trauma</i>
GCS.....	<i>Glasgow coma scale</i>
ICD.....	<i>International statistical classification of diseases and related health problems</i>
ICE.....	<i>Intercity-Express</i>
IDF .....	<i>Israel Defense Force</i>
INR.....	<i>International normalized ratio</i>
ISS .....	<i>Injury severity score</i>
KatS.....	<i>Katastrophenschutz</i>
LBKG .....	<i>Landesgesetz über den Brandschutz, die allgemeine Hilfe und den Katastrophenschutz</i>
LNA.....	<i>Leitender Notarzt</i>
mph.....	<i>miles per hour</i>
mSTaRT .....	<i>modifizierter simple triage and rapid treatment</i>
MTF .....	<i>Medizinische Task Force</i>
NEF.....	<i>Notarzteinsatzfahrzeug</i>
PRIOR .....	<i>Primäres Ranking zur Initialen Orientierung im Rettungsdienst</i>
PTT .....	<i>Partielle Thromboplastinzeit</i>
RTH .....	<i>Rettungs- und Intensivtransporthubschrauber</i>
SARS.....	<i>Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom</i>
SARS-Cov-2.....	<i>Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2</i>
SHT.....	<i>Schädel-Hirn-Trauma</i>
SIRS .....	<i>Systemic inflammatory response syndrome</i>
TBSA .....	<i>Total body surface area</i>
UN.....	<i>United Nations</i>
ZSKG .....	<i>Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes</i>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Naturkatastrophen und deren Folgen weltweit zwischen 1980 - 1999 und 2000 - 2019 (Below et al. 2019) .....	1
Abbildung 2: Entwicklung der Todesfälle durch terroristische Anschläge zwischen 2000 und 2014 (Bund der Auslands-Erwerbstätigen 2016).....	1
Abbildung 3: Stärke und Gliederung der Behandlungsbereitschaft der MTF (Schmidt et al. 2018).....	14
Abbildung 4: Die 15 häufigsten Verletzungen in Katastrophen und Großschadenslagen (Buggenhagen et al. 2014).....	15
Abbildung 5: Verteilung notfallmedizinischer Krankheitsbilder der NEFs der Stadt Mainz und des Landkreises Mainz-Bingen aus den Jahren 2011 und 2012 (Buggenhagen et al. 2014)	16
Abbildung 6: Die 10 häufigsten Vorstellungsgründe in medizinischen Behandlungseinrichtungen in Katastrophen und Großschadenslagen.....	48
Abbildung 7: Anatomische Lokalisation von Verletzungen nach Katastrophen und Großschadensereignissen .....	50
Abbildung 8: Häufige Verletzungen nach Katastrophen/Großschadenslagen .....	51
Abbildung 9: Die 12 häufigsten nicht direkt schadensereignis-verursachten Gründe für das Aufsuchen einer medizinischen Behandlungseinrichtung nach Katastrophen und Großschadenslagen .....	52
Abbildung 10: Zeitstrahl der technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen.....	54
Abbildung 11: Die 10 häufigsten Verletzungen nach technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen .....	54
Abbildung 12: Die 5 häufigsten Erkrankungen nach technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen .....	55
Abbildung 13: Zeitstrahl der Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg.....	56
Abbildung 14: Die 12 häufigsten Verletzungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg .....	57
Abbildung 15: Die 4 häufigsten Erkrankungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg .....	58
Abbildung 16: Zeitstrahl der Naturkatastrophen .....	59
Abbildung 17: Die 10 häufigsten Verletzungen nach Naturkatastrophen .....	60
Abbildung 18: Die 10 häufigsten Erkrankungen nach Naturkatastrophen .....	61
Abbildung 19: Übersicht und Unterteilung von Katastrophen und Großschadenslagen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2019).....	75
Abbildung 20: Übersicht und Unterteilung von Katastrophen und Großschadenslagen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2019).....	76

Abbildung 21: Übersicht über die Zunahme von Naturkatastrophen zwischen 1980 - 1999 und 2000 - 2019 (Below et al. 2019).....	77
Abbildung 22: Case Report S. 1 .....	78
Abbildung 23: Case Report S. 2 .....	79
Abbildung 24: Case Report S. 3 .....	80
Abbildung 25: Case Report S. 4 .....	81
Abbildung 26: Case Report S. 5 .....	82

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Beispiele für kritische Infrastruktur (nach Bundesministerium des Innern 2009) ....	4
Tabelle 2: Gefahrenspektrum (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2015).....	5
Tabelle 3: Systematik der Versorgungsstufen (Schmidt et al 2018).....	7
Tabelle 4: Sichtungskategorien (Kowalzik et al. 2019).....	8
Tabelle 5: Einteilung geschlossener und offener Frakturen hinsichtlich der Weichteilschädigung (Tscherne und Oestern 1982) .....	10
Tabelle 6: Klassifikation offener und geschlossener Frakturen im Hinblick auf Weichteilschaden, Frakturart und Kontamination (Tscherne und Oestern 1982).....	10
Tabelle 7: Verteilung der Verletzungslokalisation .....	50

# 1 Einleitung

Großschadensereignisse und Katastrophen erschüttern immer häufiger unseren Alltag. Laut UN Bericht aus dem Jahr 2019 hat sich die Anzahl an Naturkatastrophen in den letzten zwei Dekaden nahezu verdoppelt. Diese Entwicklung wird sich wahrscheinlich durch den Klimawandel verstärken (Below et al. 2019). Die zahlenmäßige Entwicklung ist hier gezeigt:



Abbildung 1: Entwicklung der Naturkatastrophen und deren Folgen weltweit zwischen 1980 - 1999 und 2000 - 2019 (Below et al. 2019)

Außerdem nimmt die Anzahl an terroristischer Anschläge seit 2000 erheblich zu. Der Beginn dieser Entwicklung geht auf den Einmarsch der US-Truppen in Afghanistan und Anschlag auf das World Trade Center am 11.09.2001 zurück. Der zeitliche Verlauf und die damit einhergehenden Todesfälle sind hier gezeigt:

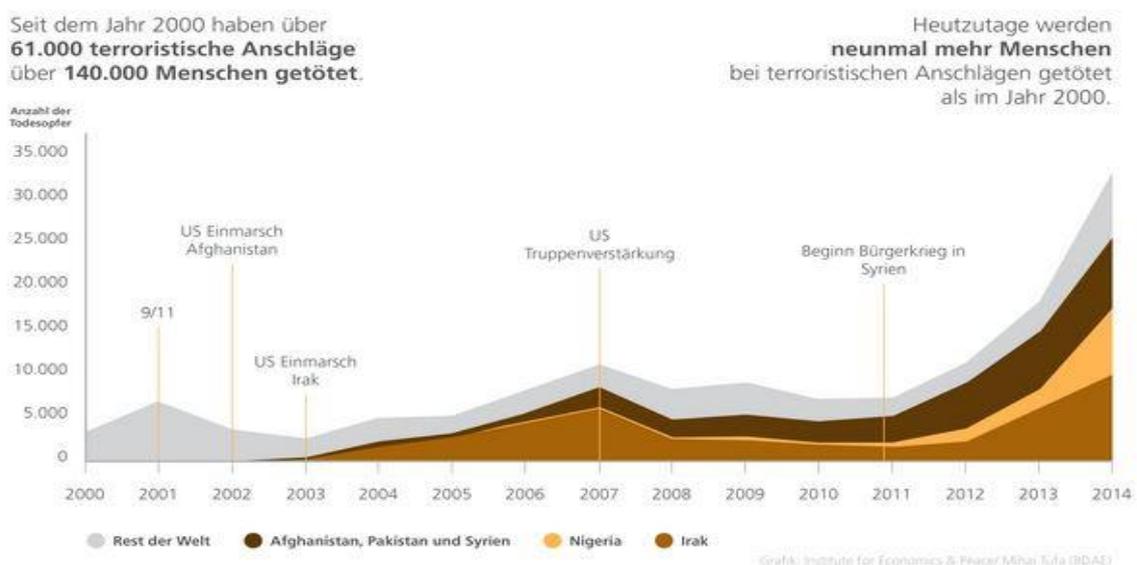


Abbildung 2: Entwicklung der Todesfälle durch terroristische Anschläge zwischen 2000 und 2014 (Bund der Auslands-Erwerbstätigen 2016)

Im Licht dieser Entwicklungen und der wachsenden Bedrohung von Personen ist der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung vor Brandgefahren, Katastrophen (§1 LBKG) und Kriegseinwirkungen (§1 ZSKG) eine immer wichtiger werdende Aufgabe der staatlichen Institutionen. Dem Bund obliegen hierbei laut dem Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes (ZSKG) die Organisation und Verantwortung für den Zivilschutz, den Ländern und Kommunen für den Katastrophenschutz. Bund und Länder sind verpflichtet, sich gegenseitig bei ihren Aufgaben zu unterstützen (§11 Abs 1, §12 ZSKG).

Zum gesundheitlichen Schutz der Bevölkerung in Katastrophenlagen stellt der Bund den Ländern sogenannte Medizinische Task Forces (MTF) zur Verfügung. Diese stellen eine bundeseinheitliche modular organisierte Sanitätseinheit zum Einsatz bei überregionalen Lagen der Schutz- und Versorgungsstufe 4 und zur Erfüllung von Spezialaufgaben dar. Zur besseren Planbarkeit und Vorbereitung auf Katastrophenlagen wird zudem eine Verstärkung der katastrophenmedizinischen Forschung immer wichtiger.

Ziel dieser Arbeit ist es, exemplarisch häufige Erkrankungen und Verletzungsmuster aus weltweit aufgetretenen Großschadensereignissen und Katastrophenlagen der letzten zwanzig Jahre herauszuarbeiten. Trotz zunehmender Anzahl an Katastrophen fehlen Angaben zu strukturierten Daten über Verletzungen und Erkrankungen dieser Ereignisse. Um geeignete Behandlungsleitlinien so zu entwickeln, dass sie im Katastrophenfall auch für häufig auftretende Verletzungen anwendbar sind, muss zunächst die Literatur zu aktuellen Katastrophenlagen gesichtet werden und aufbauend auf den vorhandenen Daten ein Muster der Verteilung von Verletzungen unter bestimmten Katastrophenbedingungen dargestellt werden.

In einem zweiten Schritt werden vom Kompetenzzentrum für medizinischen Bevölkerungsschutz der Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Mainz an diese Verteilung angepassten Behandlungsleitlinien<sup>1</sup> für die Katastrophenmedizin entwickelt.

---

<sup>1</sup> <https://www.unimedizin-mainz.de/mtf/uebersicht.html>, abgerufen am 8.3.2021

## 2 Literaturdiskussion

### 2.1 Begriffsdefinitionen

#### 2.1.1 Unterscheidung Großschadensereignis und Katastrophe

Die DIN 13050 definiert ein Großschadensereignis als „Ereignis mit einer großen Anzahl von Verletzten oder Erkrankten sowie anderen Geschädigten oder Betroffenen und/oder erheblichen Sachschäden“ (Deutsches Institut für Normung 2015). Die Folgen dieses Ereignisses können „mit den örtlich oder regional frühzeitig verfügbaren Kräften und Mitteln in angemessener Zeit beherrscht und überwunden werden“ (Rebentisch 1991).

Im Gegensatz dazu stellt die Katastrophe ein „über das Großschadensereignis hinausgehendes Ereignis, mit einer wesentlichen Zerstörung oder Schädigung der örtlichen Infrastruktur, das im Rahmen der medizinischen Versorgung mit eigenen Mitteln und Einsatzstrukturen des Rettungsdienstes allein nicht bewältigt werden kann“ dar (Deutsches Institut für Normung, 2015) dar. Der Unterschied zwischen einem Großschadensereignis und einer Katastrophe ist also unabhängig von der Ursache, sondern allein von der Tatsache, ob das Ereignis mit den vorhandenen örtlichen Kräften zu bewältigen ist.

Dem örtlichen Hauptverwaltungsbeamten (Oberbürgermeister oder Landrat) obliegt die Entscheidung einen Katastrophenfall auszurufen, um durch diese Maßnahme weitere Mittel und Hilfeleistungen des Katastrophenschutz freizusetzen (Rebentisch 1991).

#### 2.1.2 Kritische Infrastruktur

Das Bundesministerium des Inneren (BMI) definierte 2009 kritische Infrastrukturen als „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ (Bundesministerium des Innern 2009). Diese Organisationen und Einrichtungen können in technische Basisinfrastrukturen und sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen unterteilt werden. Beispiele für die zwei Kategorien liefert folgende Tabelle:

Technische Basisinfrastrukturen	Sozioökonomische Dienstleistungsinfrastrukturen
Energieversorgung	Gesundheitswesen, Ernährung
Informations- und Kommunikationstechnologie	Notfall- und Rettungswesen, Katastrophenschutz
Transport und Verkehr	Parlament, Regierung, öffentliche Verwaltung, Justizeinrichtungen
(Trink-)Wasserversorgung und Abwasserversorgung	Finanz- und Versicherungswesen
	Medien und Kulturgüter

Tabelle 1: Beispiele für kritische Infrastruktur (nach Bundesministerium des Innern 2009)

Beide Kategorien hängen voneinander ab und können nicht isoliert betrachtet werden. Genauso wie ein Krankenhaus ohne Strom und Wasser nicht arbeiten kann, können die technischen Basisstrukturen ohne ein funktionierendes Rettungswesen oder einsatzfähige Exekutive nicht arbeiten. Diese kritischen Infrastrukturen sind nur zum Teil staatliche Einrichtungen. Die Verantwortung zum Schutz der einzelnen Infrastrukturen kann und muss auch im Fall privatrechtlicher Betreiber bedacht und umgesetzt werden. Der Schutz der Strukturen muss somit in Zusammenarbeit zwischen Staat und Wirtschaft organisiert werden (Bundesministerium des Innern 2009).

### 2.1.3 Gefahreneinteilung von Katastrophen und Großschadenslagen

Großschadenslagen und Katastrophen sind oft sehr unterschiedlichen Ursprungs, was im medizinischen Bereich mit sehr unterschiedlichen Erkrankungs- und Verletzungsmechanismen einhergeht.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz der Schweiz (BABS) gibt eine Einteilung für solche Lagen vor. Mit dieser Einteilung wird den Kantonen die Risikoanalyse erleichtert. Die in diesem Katalog vorgenommene Unterteilung der Gefahren in Natur-, technische und gesellschaftliche Gefahren stellt eine sinnhafte Einteilung dar, weil so die Bewältigung verschiedener Auswirkungen unterschiedlicher Katastrophen am besten geplant, aber auch erforscht werden kann.

Naturereignisse werden unter anderem als meteorologische, gravitative oder seismische Naturgefahren definiert. Zu den technischen Gefahren zählen zum Beispiel Unfälle an Zügen,

Produktions- oder Speicheranlagen, Schadensereignisse an Gebäuden oder der Ausfall von kritischer Infrastruktur. Abschließend sind gesellschaftliche Gefährdungen beispielsweise als Gefahren durch Terror, Pandemien oder Cyberangriffe charakterisiert. Die Unterteilung beruht auf der kausalen Ursache des Geschehens: Ein Terrorangriff in einem Zug bleibt eine gesellschaftliche Katastrophe und wird nicht zur technischen, weil der Zug durch den Anschlag entgleist ist. Eine weitere Unterteilung mit Beispielen ist in der Abbildung 19 und 20 im Anhang zu finden (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2019).

Eine Entwicklung der verschiedenen Arten von Naturkatastrophen in den vergangenen 40 Jahren zeigt die Abbildung 21. Hier zeigt sich eine generelle Zunahme von Naturkatastrophen in diesem Zeitraum, aber vor allem eine Zunahme von Sturm- und Flutereignissen (Below et al. 2019).

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) in Deutschland hat eine ähnliche Einteilung der Gefahrenspektren erarbeitet. Die drei Kategorien werden hier Naturereignisse, technisches/menschliches Versagen und Terrorismus, Krieg und Kriminalität genannt. Das BBK führt als Beispiele für Naturereignisse Extremwetterereignisse, Waldbrände, seismische Ereignisse, Epidemien und Pandemien sowie kosmische Ereignisse auf. Als menschliches/technisches Versagen definiert das BBK Fahrlässigkeit, Unfälle und Havarien sowie System- oder organisatorisches Versagen. Unter dem Punkt Terrorismus, Kriminalität und Krieg werden terroristische Handlungen, Sabotage, sonstige Kriminalität und Kriege aufgeführt (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2015).

Naturereignisse	Technisches/ menschliches Versagen	Terrorismus, Kriminalität, Krieg
<b>Extremwetterereignisse</b> , u.a. Stürme, Starkniederschläge, Temperaturstürze, Hochwasser, Hitzewellen, Dürren <b>Wald- und Heidebrände</b> <b>Seismische Ereignisse</b> <b>Epidemien und Pandemien</b> bei Menschen, Tieren und Pflanzen <b>Kosmische Ereignisse</b> , u.a. Energie- und Partikelstürme, Meteoriten	<b>Systemversagen</b> , u.a. Unter- und Überkomplexität in der Planung, Hardware- oder Softwarefehler <b>Fahrlässigkeit</b> <b>Unfälle und Havarien</b> <b>Organisatorisches Versagen</b> , u.a. Defizite im Risiko- und Krisenmanagement, unzureichende Kooperation und Koordination	<b>Terrorismus</b> <b>Sabotage</b> <b>Sonstige Kriminalität</b> <b>Bürgerkriege und Kriege</b>

Tabelle 2: Gefahrenspektrum (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2015)

#### 2.1.4 Versorgungsstufen

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe hat 2010 mit dem Bundesministerium des Inneren und den Bundesländern - aufbauend auf Katastrophen und Großschadenslagen der Vergangenheit und Risikoanalysen für kommende Einsatzlagen - vier Schutz- und Versorgungsstufen festgelegt. Mit Hilfe dieser Versorgungsstufen soll die Planbarkeit des Gefahrenmanagements lokal verbessert werden können (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2010).

Die für die Medizinische Task Force und diese Arbeit maßgebliche Versorgungsstufe stellt die Stufe 4 dar. Daher soll diese detaillierter erläutert werden. Hierbei handelt es sich um regionale oder überregionale Schadensereignisse mit Spezialanforderungen, die nicht allein durch die vor Ort vorhandenen Kräfte abgearbeitet werden können bzw. die durch Spezialkräfte ergänzt werden müssen. Es ist damit zu rechnen, dass ab der Versorgungsstufe 3 die kritische Infrastruktur wie Kommunikationsnetze, Verkehrswege, Wasser- oder Gasleitungen sowie alle Einrichtungen des Gesundheitssystems nicht oder nur eingeschränkt vorhanden bzw. nutzbar sind. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit Behandlungsplätze zu errichten und Verletzte, wenn nötig, über mehrere Tage vor Ort zu betreuen und behandeln. Weitere Spezialaufgaben wie die Dekontamination von Verletzten, Betroffenen und Einsatzkräften können bei CBRN Großschadenslagen anfallen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2010).

Versorgungsstufe	Beschreibung	Schutzziele	Schutzpotenziale
1	Normaler alltäglicher Schutz	Hilfeleistung für Notfälle im Rahmen des Rettungsdienstes	Rettungsdienst gemäß Rettungsdienstgesetze der Länder
2	Standardisierter flächendeckender Grundschutz	Hilfeleistung für Schadensereignisse mit einer definierten Zahl Verletzter/Erkrankter in einem Zuständigkeitsbereich (Kreis, kreisfreie Stadt,); Aufbau und Betrieb von Patientenablagen	Rettungsdienst, Schnell-Einsatz-Gruppen, Teileinheiten des Sanitäts- und Betreuungsdiensts des KatS,
3	Erhöhter Schutz für gefährdete Regionen und Einrichtungen	Hilfeleistung für Schadensereignisse, die nicht mit dem Potenzial des Grundschutzes abzudecken sind, Aufbau und Betrieb eines Behandlungsplatzes	Rettungsdienst, Schnell-Einsatz-Gruppen, Einheiten des Sanitäts- und Betreuungsdiensts des KatS, überörtliche Hilfe
4	Sonderschutz mit Hilfe von Spezialkräften	Hilfeleistung für Schadensereignisse, die von Art und Umfang her nicht ausschließlich auf der Stufe 3 bewältigt werden können. Aufbau und Betrieb eines Behandlungsplatzes mit der Möglichkeit zu Dekontamination Verletzter	Rettungsdienst, Schnell-Einsatz-Gruppen, Einheiten des Sanitäts- und Betreuungsdiensts des KatS, überörtliche Hilfe, Medizinische Task Forces

Tabelle 3: Systematik der Versorgungsstufen (Schmidt et al 2018)

### 2.1.5 Sichtung und Sichtungskategorien

Die Sichtung stellt eine „ärztliche Beurteilung und Entscheidung über die Priorität der medizinischen Versorgung von Patienten hinsichtlich Art und Umfang der Behandlung sowie Zeitpunkt, Art und Ziel des Transportes“ dar (Deutsches Institut für Normung 2015). Ziel der Sichtung ist es somit, für alle Patienten, die unter den gegebenen Bedingungen der Ressourcen- und Helferknappheit, beste Behandlung zu ermöglichen und vermeidbare Todesfälle so zu verhindern. Daher erfolgt „eine standardisierte Zuordnung in die jeweilige Sichtungskategorie, Lebensrettende Sofortmaßnahmen und die Kennzeichnung Toter“ (Kowalzik et al. 2019) (Savinsky und Trümpler 2019).

Hilfreich hierzu können Vorsichtungsalgorithmen wie der PRIOR und mSTaRT oder das ABCDE-Schema sein. Wichtig ist dabei, dass alle Patienten und Betroffenen von einem Arzt gesehen und einer Sichtungskategorie zugeordnet werden. Außerdem ist Sichtung „ein dynamischer Prozess und erfordert eine regelmäßige Re-Evaluation“ (Kowalzik et al. 2019) (Savinsky und Trümpler 2019).

Verletzte und Erkrankte werden einer von vier Sichtungskategorien zugeordnet. Hinzu kommen unverletzte Betroffene und Tote. Zur Kategorie I (rot) zählt man alle Verletzten und Erkrankten, die vital bedroht sind und sofort behandelt und/oder ins Krankenhaus transportiert werden müssen; Kategorie II (gelb) beinhaltet Schwerverletzte oder -erkrankte, die zeitnah medizinische Versorgung benötigen. Die Leichtverletzten und -erkrankten bilden die Kategorie III (grün). Deren Behandlung soll erst dann erfolgen, wenn die Patienten der Kategorien I und II versorgt sind. „Größte ethische, politische und juristische Probleme bereitet die Einordnung des Patienten in die Sichtungskategorie IV. Hier werden die (vermeintlich) „hoffnungslosen Fälle“ eingruppiert, bei denen ein Überleben – gerade auch im Hinblick auf die besondere Katastrophensituation – als nicht sehr wahrscheinlich eingestuft wird. Diese Patienten werden abwartend behandelt, sie erhalten zunächst lediglich palliative oder seelsorgerische Hilfe“ (Kern 2013).

	Bezeichnung	Beschreibung	Konsequenz
Kategorie	I (rot)	Vital bedroht	Sofortbehandlung
	II (Gelb)	Schwer verletzt/ erkrankt	Dringliche Behandlung
	III (grün)	Leicht verletzt/ erkrankt	Nicht dringliche Behandlung
	IV (blau)	Ohne Überlebenschance	Palliative Versorgung
Kennzeichnung	EX (schwarz)	Tote	
	B (weiß)	Betroffene	Betreuung

Tabelle 4: Sichtungskategorien (Kowalzik et al. 2019)

### 2.1.6 Weichteilverletzung

Weichteile werden definiert als „alle nichtepithelialen, extraskelettären Gewebe mit Ausnahme des Monozyten-Makrophagen-Systems, der Glia und der Stützgewebe spezifischer Organe und Eingeweide“ (Engst et al. 2002). Weichteilverletzungen betreffen somit alle Gewebe um den Knochen wie Muskeln, Sehnen, Gefäße, Nerven, Faszien und Lymphbahnen. Man unterteilt im klinischen Sprachgebrauch Weichteilverletzungen in offene oder geschlossene sowie stumpfe oder penetrierende Verletzungen.

Beispiele für offene Weichteilverletzungen sind Schnitt-, Stich-, Biss-, Schürf-, Riss-, Pfählungs-, Schuss- und Zerreißungswunden. Die Maximalvariante der offenen Weichteilverletzung stellt die traumatische Amputation dar. Geschlossene Weichteilverletzungen sind Kontusionen, Quetschungen, Schürfungen und Ablederungen/Decollement. Diese Verletzungen können mechanischen, thermischen, chemischen oder strahlenbedingten Ursprungs sein.

Eine erste Einschätzung der Verletzungsschwere lässt sich anhand der einwirkenden kinetischen/ thermischen/ chemischen/ strahlenbedingten Energiedosis treffen (Mittlmeier und Rotter 2013).

Stumpfe Abdominalverletzungen stellen etwa 80 Prozent der abdominellen Traumata in Mitteleuropa dar. Hierzu zählen Dezelerationstraumata, Quetschverletzungen und Kompressionsverletzungen. Hierbei sind solide Organe im Bauchraum wie Leber und Milz besonders gefährdet. Vor allem bei Kompressionsverletzungen können aber auch Hohlorgane perforieren. Penetrierende Bauchtraumata sind meist suizidal oder kriminell verursacht. Stich-, Schuss- und Pfählungsverletzungen sind die häufigsten Unfallmechanismen (Weixler et al. 2017).

Zu einer korrekten Beurteilung des vielschichtigen Symptomkomplexes Weichteilschaden ist eine alleinige Beurteilung der Hautverletzung und der eingewirkten Energie nicht ausreichend. Es existieren zahlreiche Klassifikationssysteme für Weichteilverletzungen mit und ohne begleitende Frakturen. Im deutschsprachigen Raum ist die Klassifikation für offene und geschlossene Frakturen mit Weichteilschaden nach Tscherne und Oestern aus dem Jahr 1982 etabliert. Diese sei hier exemplarisch gezeigt:

Weichteilschädigung	Haut	
	geschlossen	offen
keine	Fr. G.0	
geringe	Fr. G. I	Fr. O. I
schwer, umschrieben	Fr. G. II	Fr. O. II
schwer, ausgedehnt	Fr. G.III	Fr. O. III
		Fr. O. VI
Fr. G. = geschlossene Fraktur		0 - III = Grad der Verletzung
Fr. O. = offene Fraktur		I - IV = Grad der Verletzung

Tabelle 5: Einteilung geschlossener und offener Frakturen hinsichtlich der Weichteilschädigung (Tscherne und Oestern 1982)

Klassifikation	Haut <sup>a</sup>	Weichteilschädigung	Frakturart <sup>b</sup>	Kontamination
Fr. G. 0	-	-	+	-
Fr. G. I	-	+	+ bis ++	-
Fr. G. II	-	++	+ bis +++	-
Fr. G. III	-	+++	+ bis +++	-
Fr. O. I	+	+	+ bis ++	+
Fr. O. II	+	++	+ bis +++	++
Fr. O. III	+	+++	+ bis +++	+++
Fr. O. VI	+	+++	+ bis +++	+ bis +++
<sup>a</sup> - = geschlossen		+ = offen		
<sup>b</sup> + = leicht		++ = mittel		+++ = schwer
Fr. G. = geschlossene Fraktur		0 – III = Grad der Verletzung		
Fr. O. = offene Fraktur		I – IV = Grad der Verletzung		

Tabelle 6: Klassifikation offener und geschlossener Frakturen im Hinblick auf Weichteilschaden, Frakturart und Kontamination (Tscherne und Oestern 1982)

Zu den Komplikationen einer Weichteilverletzung und deren Therapie zählen die Bildungen von Seromen, Hämatomen, Nekrosen, Wundinfektionen und das Kompartmentsyndrom. Je größer die Wunde oder der Weichteilschaden ist, desto wahrscheinlicher wird auch das Eintreten einer oder mehrerer der genannten Komplikationen. Diese müssen vom Behandler mit bedacht werden und bei Auftreten konsequent therapiert werden, da sonst im schlimmsten Fall Tod oder der Verlust einer Extremität drohen (Mittlmeier und Rotter 2013).

## 2.2 Klassifikationen

### 2.2.1 Abbreviated Injury Scale (AIS)

In den 1960er Jahren wurde in Amerika von der Association for the Advancement of Automotive Medicine ein System entwickelt, um durch Verkehrsunfälle verursachte Weichteilverletzungen besser vergleichen zu können. Die Anwendung dieses Standards verbesserte die weltweite Forschung und Kommunikation zu Verletzungen durch Verkehrsunfälle. Die Abbreviated Injury Scale (AIS) ermöglicht es, Verletzungen nach ihrer Schwere und den betroffenen Körperregionen einzuteilen und zu kategorisieren. Als Körperregionen wurden „General“, „Head and Neck“, „Chest“, „Abdominal“ und „Extremities“ definiert. Die Verletzungsschwere wird mit 0 (keine Verletzung) bis 9 (mindestens drei tödliche Verletzungen) angegeben. Jeder Körperregion und jedem Verletzungsschweregrad wurden Beispieldiagnosen hinzugefügt, welche fortlaufend ergänzt werden (Committee on Medical Aspects of Automotive Safety 1971).

### 2.2.2 Injury Severity Score (ISS)

Baker und Mitarbeiter entwickelten 1974 anhand der Daten von 2128 Verletzten aus Verkehrsunfällen den Injury Severity Score (ISS). Ziel des Scores ist es, einen Gesamtverletzungsgrad von Traumapatienten mit mehreren unterschiedlichen Verletzungen zu bestimmen und daraus eine Prognose zu ermitteln. Hierzu wurde jede Verletzung mit dem AIS in eine Körperregion (Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen und Extremitäten/Becken) und in eine Verletzungsschwere (1 leicht, 2 moderat, 3 schwer, aber nicht lebensgefährlich, 4 schwer und lebensbedrohend, aber überlebbbar, 5 kritisch und wahrscheinlich nicht überlebbbar) eingeteilt. ICD-Codes werden in AIS Codes übersetzt. Bei mehreren Verletzungen pro Körperregion wird nur die Verletzung der höchsten Schwere in die Berechnung mit einbezogen (Baker et al. 1974). Baker et al. definierten den Injury Severity Score als „the sum of the squares of the highest AIS grade in each of the three most severely injured areas“ (Baker et al. 1974). Der ISS liegt also zwischen 1 und 75. Ein ISS von 1 sagt somit aus, dass eine leichte Verletzung vorliegt. Ein ISS von 75 besagt, dass der Patient mindestens drei Verletzungen, von denen jede für sich genommen tödlich ist, in drei unterschiedlichen Körperregionen hat. Aus dem ISS kann deutlich valider auf die Mortalität geschlossen werden als aus dem AIS allein. Bezieht man zusätzlich das Alter in die Betrachtung ein, so verbessert sich die Prognose hinsichtlich der Mortalität noch einmal (Baker et al. 1974). Zum besseren Verständnis noch eine Beispielrechnung: Ein Patient mit einer Aortenruptur (AIS 5), mehreren Frakturen der Extremitäten (AIS 4), einer retroperitonealen Blutung (AIS 3) und Schürfwunden am Kopf (AIS 1) hätte einen ISS von 50 ( $25+16+9$ ).

Seit vielen Jahren bemüht man sich eine einheitliche Definition für einen polytraumatisierten Patienten zu finden. Hierbei haben verschiedene Autoren ISS Werte zwischen  $> 15$  und  $> 28$  festgelegt (Butcher und Balogh 2009). Eine Konsensuskonferenz in Berlin erbrachte 2014 folgende Kriterien für das Vorliegen eines Polytraumas: “two injuries that are greater or equal to 3 on the AIS and one or more additional diagnoses (pathologic condition), that is, hypotension (systolic blood pressure  $\leq 90$  mm Hg), unconsciousness (GCS score  $\leq 8$ ), acidosis (base deficit  $\leq -6.0$ ), coagulopathy (PTT  $\geq 40$  seconds or INR  $\geq 1.4$ ), and age ( $\geq 70$  years)” (Pape et al. 2014).

Für die vorliegende Arbeit werden polytraumatisierte Patienten als Patienten mit einem ISS  $\geq 15$  definiert. Diese Festlegung findet sich in den meisten publizierten Arbeiten und ermöglicht eine gute Abgrenzung zwischen Mehrfachverletzten und Polytraumatisierten.

### 2.2.3 Mechanismus von Explosionsverletzungen

Patienten können multiple Verletzungen durch Explosionen erleiden. Explosionsverletzungen werden daher in vier Verletzungsmechanismen unterschieden. Diese Verletzungsmuster sind multidimensional und nur unscharf voneinander abgrenzbar. Im klinischen Alltag ist eine eindeutige Zuordnung zwischen erlittener Verletzung und dem Verletzungsmuster/-mechanismus oft schwierig. Trotzdem hilft es, Explosionsverletzungen in ihrer Komplexität zu verstehen und daher sind primäre, sekundäre und tertiäre Verletzungen definiert worden.

Primäre Verletzungen entstehen, sobald die Druckwelle einer Explosion den Patienten erreicht. Die Schädigung des Gewebes entsteht direkt durch den schlagartigen Überdruck der Explosion. Das Ausmaß der Verletzungsschwere bei primären Verletzungen steigt, wenn die Explosion in einem geschlossenen Raum stattfindet, da eine Umbauung die Druckwelle staut und reflektiert. Primäre Explosionsverletzungen treten nur in unmittelbarer Umgebung zum Explosionsepizentrum auf (Wolf et al. 2009).

Sekundäre Explosionsverletzungen entstehen durch umherfliegende Splitter und Trümmer. Dies kann zu penetrierenden oder stumpfen Verletzungen führen. Umherfliegende Teile können auch noch in vielen hundert Metern Entfernung vom Epizentrum der Explosion Traumata verursachen. Gerade bei terroristischen Anschlägen stellen diese Verletzungen die Mehrheit dar, weil z.B. Bomben bewusst mit Inhalten wie Nägeln, Steinen oder Schrott befüllt werden (Wolf et al. 2009).

Tertiäre Explosionsverletzungen entstehen, wenn die betroffenen Personen durch Druckwellen fortgeschleudert werden. Auch Traumata durch oder nach Gebäudeeinsturz werden zu den tertiären Verletzungen gezählt. Hier entstehen stumpfe Kopf- und

Bauchtraumata. Auch Frakturen und Weichteilschäden treten hier vermehrt auf (Wolf et al. 2009).

Quartäre Verletzungen sind sonstige Schädigungen, die im Zusammenhang mit einer Explosion stehen, aber nicht den vorherigen drei Kategorien zuzuordnen sind. Dazu gehören Verbrennungen, Kontakt mit toxischen Substanzen, Erstickung oder psychologische Traumata (Wolf et al. 2009).

## 2.3 Medizinische Task Force (MTF)

### 2.3.1 Definition

Die Medizinische Task Force (MTF) des Bundes ist „eine bundesweit im Aufbau befindliche sanitätsdienstliche taktische Einsatzabteilung [...] des Bundesministeriums des Innern.“ (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe 2020). Sie wurde für den Einsatz in speziellen Lagen des Zivilschutzes und zur bundeslandübergreifenden Katastrophenhilfe konzipiert. Der Bund ergänzt so die örtlichen Kräfte des Katastrophenschutzes um eine Spezialeinheit für Lagen der Schutz- und Versorgungsstufe 4, sowie für dynamische Flächenlagen mit zerstörter kritischer Infrastruktur (Schmidt et al. 2018).

Als arztbesetzte, sanitätsdienstliche Einsatzeinheit in Verbandsgröße kann die MTF zahlreiche Aufgaben in den oben angeführten Lagen übernehmen. Hierzu gehören u.a. Dekontamination von Verletzten, Aufbau und Betrieb von Behandlungsplätzen (BHP), weiträumiger Patiententransport oder Aufbau und Betrieb einer Sichtungsstelle vor einem Krankenhaus. Durch eine eigene Führungsteileinheit kann die MTF solche Lagen selbstständig leiten und ausführen (Schmidt et al. 2018).

Um diese verschiedenen Einsatzschwerpunkte abzudecken, wurden fünf Teileinheiten konzipiert. Hierzu gehören die Teileinheiten Führung, Dekontamination, Behandlung, Patiententransport und Logistik (Schmidt et al. 2018).

### 2.3.2 Teileinheit Behandlung (Behandlungsbereitschaft)

Auf die Teileinheit Behandlung soll in dieser Arbeit näher eingegangen werden, da diese Einheit die in der Entwicklung befindliche Leitlinie „Katastrophenmedizinische präklinische Behandlungsleitlinien“ im Einsatz umsetzen soll.

Hauptaufgaben der Teileinheit Behandlung, bzw. der Behandlungsbereitschaft sind der Aufbau und Betrieb eines Behandlungsplatzes. Dies beinhaltet eine Eingangs- und

Verlaufssichtung der Patienten, diverse Abschnitte zur Sicherung der Vitalfunktionen, der medizinischen Behandlung sowie der Herstellung der Transportfähigkeit und der Festlegung der Transportpriorität. Außerdem kann die Teileinheit Behandlung Patientenablagen betreiben oder Sichtungsstellen an Krankenhäusern aufbauen. Die Behandlungsbereitschaft ist so ausgelegt, dass 50 Versorgungsplätze in den verschiedenen Sichtungskategorien (I 15 %, II 20 %, III 60 %, IV 5 %) (siehe Unterpunkt 2.1.5) versorgt werden können. Diese 50 Behandlungsplätze sollen mit dem zur Verfügung stehenden Personal und Material über 48 Stunden autark betrieben werden können. Hierfür stehen 66 Einsatzkräfte mit 10 Fahrzeugen zur Verfügung. Es gibt eine taktische und eine medizinische Leitung des Behandlungsplatzes MTF. Neben den 10 Ärzten besitzen die anderen Einsatzkräfte mindestens die medizinische Qualifikation eines Sanitäters oder Rettungssanitäters. Die taktische Führung der Behandlungsbereitschaft in Verband I Stärke übernimmt ein Bereitschaftsführer (Verbandführer). Die Verteilung der Einsatzkräfte und die einzelnen Fahrzeuge ist in Abbildung 3 dargestellt (Brüne 2015) (Schmidt et al. 2018).

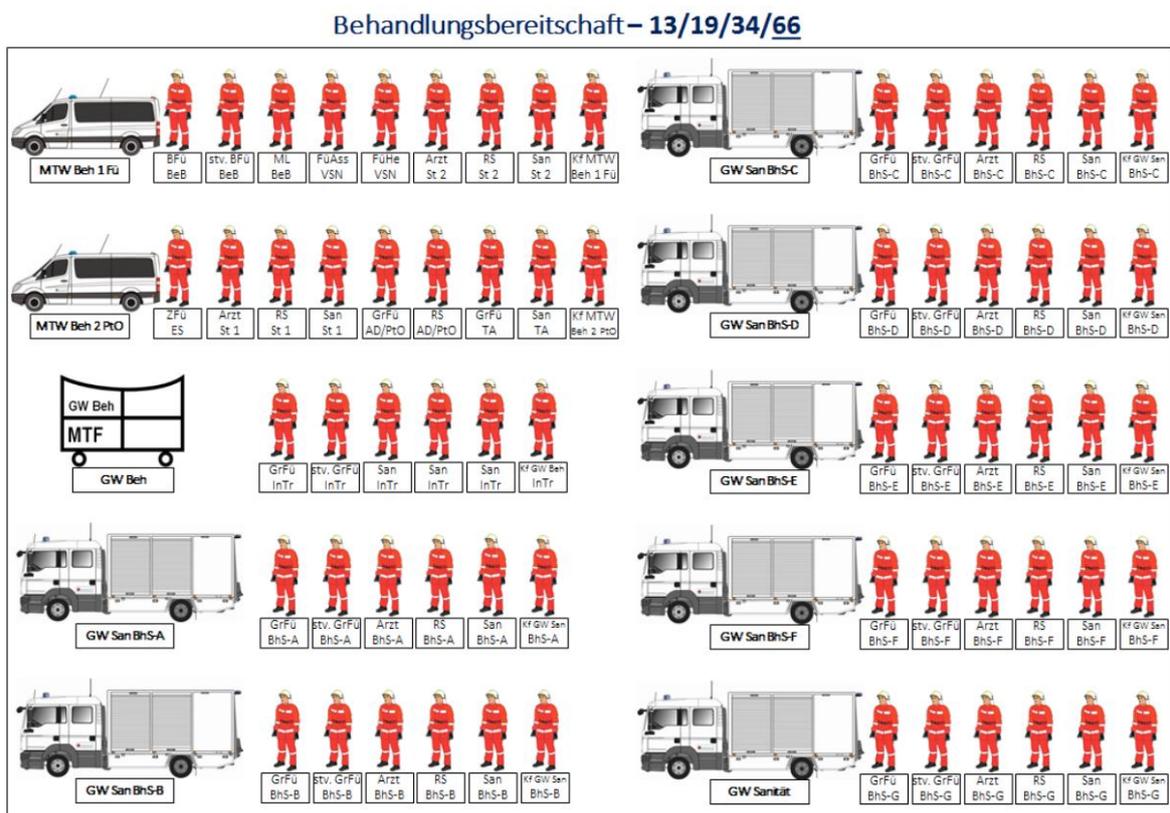


Abbildung 3: Stärke und Gliederung der Behandlungsbereitschaft der MTF (Schmidt et al. 2018)

## 2.4 Evaluierung des Medikamentenmanagements des MTF-Konzeptes im Rahmen simulierter katastrophenmedizinischer Schadenslagen

Buggenhagen und Mitarbeiter konzipierten 2014 für die Behandlungskomponente der Medizinischen Task Force eine Medikamentenausstattung der Gerätewagen Sanität. Hierbei wurden sowohl ereignisabhängige als auch ereignisunabhängige Erkrankungen und Verletzungen betrachtet (Buggenhagen et al. 2014).

Die häufigsten ereignisabhängigen Verletzungen sind in der folgenden Abbildung aufgeführt:

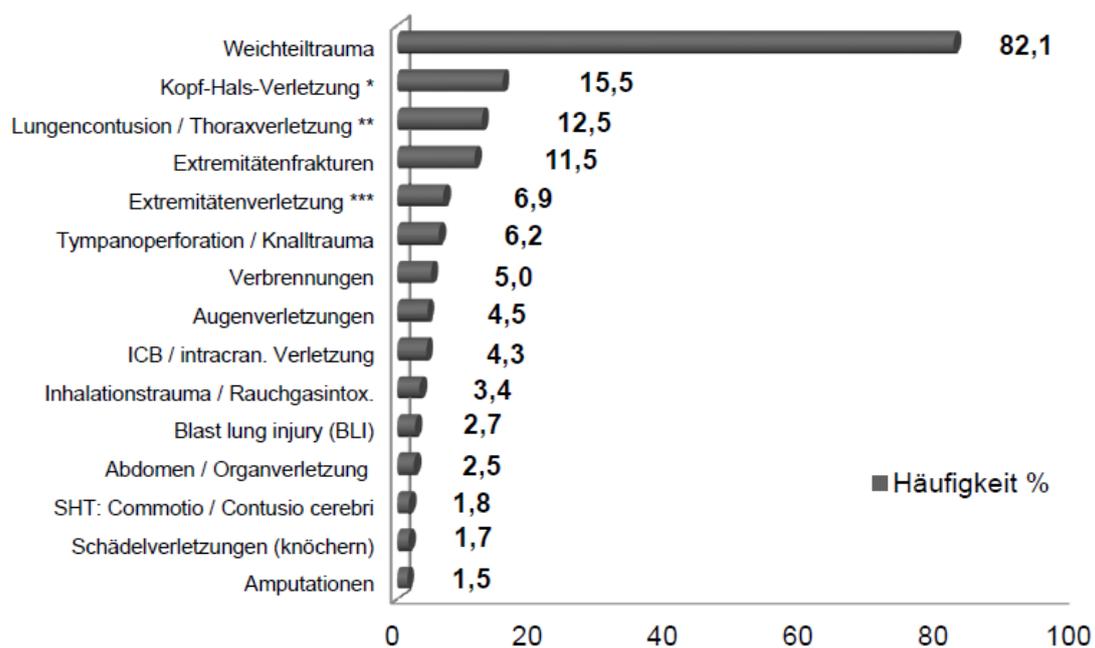


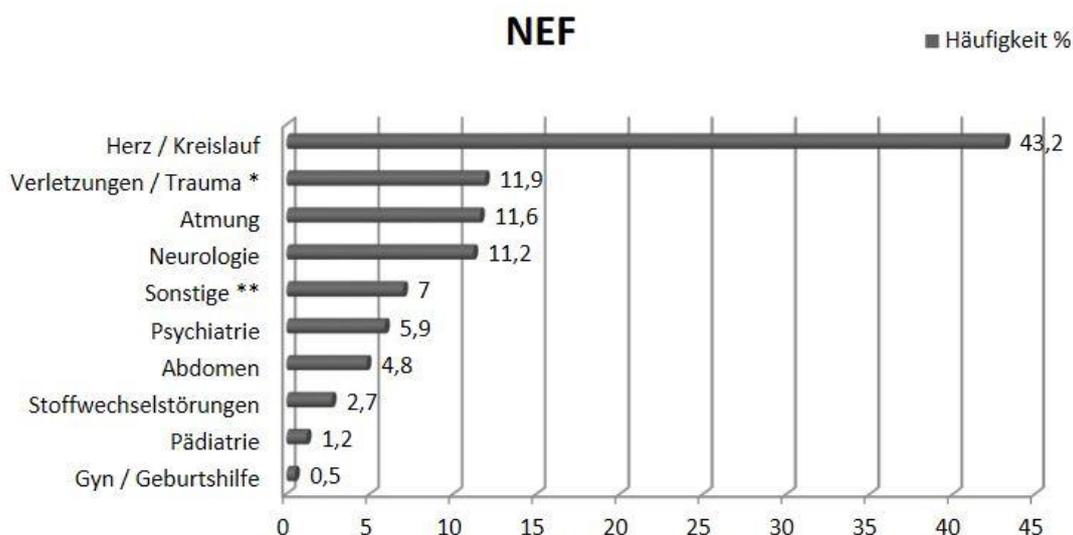
Abbildung 1 - 15 häufigsten Verletzungen bei n=69318

Abbildung 4: Die 15 häufigsten Verletzungen in Katastrophen und Großschadenslagen (Buggenhagen et al. 2014)

Kopf-Hals-Verletzungen wurden definiert „als Prellung, Verstauchung, Schürfwunden, Platzwunden, etc.“, Lungenkontusion und Thoraxverletzung als „Rippenprellung, Schürfwunden, etc.“, Extremitätenverletzung als „Prellung, Verstauchung, Kompartmentsyndrom, Schürfwunden, etc.“ (Buggenhagen et al. 2014). Der Begriff Weichteiltrauma wurde nicht weiter definiert oder unterteilt. In den untersuchten Lagen fanden sich, falls differenziert aufgelistet, 18,5 % der Patienten mit einem ISS größer 15. Ein ISS größer 15 wurde als schwerverletzt und damit stationär behandlungspflichtig eingestuft. Durchschnittlich fanden sich 2,5 Verletzungen pro Patienten. 34,5 % hatten zwei oder mehr Verletzungen. Die Todesfälle wurden nach Gesamttodesfällen und initialen Todesfällen aufgeschlüsselt. 11,4 % der Verstorbenen verstarben initial; die Gesamtsterblichkeit lag bei 17 % (Buggenhagen et al. 2014).

Ereignisunabhängige Vorstellungsgründe wurden in manchen Publikationen ebenfalls betrachtet. Hier wurden vor allem Daten von großen Messen und Sportveranstaltungen zitiert und erfasst. Es wird berichtet, dass viele Patienten nur leichtgradige Symptome und Verletzungen hatten, „aber auch ernstere Erkrankungen wie Asthma oder akutes Koronarsyndrom“ (Buggenhagen et al. 2014) vorlagen. Die Patientenvorstellungsrate war weniger von der Besucherzahl der jeweiligen Veranstaltung abhängig, sondern eher von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wochentag. Betrachtet man Sportveranstaltungen, wie zum Beispiel Marathonläufe, so zeigen sich deutlich höhere Vorstellungszahlen hinsichtlich muskuloskelettaler Probleme.

Bei beeinträchtigter Infrastruktur nach Katastrophenereignissen sind Patientenvorstellungen wegen verloren gegangener Dauermedikation beschrieben. Auffällig ist, dass nach großen Schadensereignissen die Häufigkeit von akutem Koronarsyndrom, Herzversagen, Herzinsuffizienz und Schlaganfällen zunimmt. Gründe hierfür könnten die fehlende Infrastruktur und die daraus folgenden Lebensumstände sein (Buggenhagen et al. 2014).



**Abbildung 4 - Verteilung notfallmedizinischer Krankheitsbilder NEF**

*Abbildung 5: Verteilung notfallmedizinischer Krankheitsbilder der NEFs der Stadt Mainz und des Landkreises Mainz-Bingen aus den Jahren 2011 und 2012 (Buggenhagen et al. 2014)*

Abschließend wurden die notfallmedizinischen Daten aus einem Regelrettungsdienst analysiert und aufgeschlüsselt. Hier sind Daten aus 12.844 Notarzteinsätze von zwei Notarzteinsatzfahrzeuge (NEF) und des Rettungs- und Intensivtransporthubschrauber (RTH) der Stadt Mainz und des Landkreises Mainz-Bingen aus den Jahren 2011 und 2012 eingeflossen. Die oben gezeigte Grafik zeigt die häufigsten und relevantesten Krankheitsbilder der drei Rettungsmittel. Führend sind hier Herz-Kreislauf, Trauma, Atmung und Neurologie. Verletzung und Trauma beinhaltet alle Formen von Traumata und Verbrennungen. Unter

Sonstige sind aufgeführt: Anaphylaxie, Ertrinken, Unterkühlung, spezielle Intoxikationen, nicht genauer definierte Einsatzbilder. Die Krankheitsbilder des RTH sind vergleichbar mit denen des NEFs, aber mit einem Schwerpunkt auf Traumata, Neurologie und Pädiatrie (Buggenhagen et al. 2014).

### 3 Material und Methoden

Mit Hilfe einer systematischen Literaturrecherche wurden Studien und Übersichtsarbeiten zu epidemiologischen und medizinischen Daten von Erkrankungen und Verletzungen in Katastrophenfällen gesucht. Hierfür wurden vor allem PubMed, Google Scholar und Web of Science durchsucht. Ergänzend wurden die Datenbanken der Cochrane Library und UptoDate durchsucht. Des Weiteren wurden händisch Zeitschriften und Datenbanken der Universitätsbibliothek Mainz durchgesehen. Darüber hinaus wurden die Datenbank und die Publikationen des Center for Disease Control and Prevention durchsucht.

Einschlusskriterien für eine nähere Analyse der aufgefundenen Arbeiten waren Berichte zu Schadensereignissen mit mehr als 100 Verletzten und/oder Toten, Publikationsdatum im Zeitraum ab 1998, Beginn des Katastrophenereignisses zwischen 1998 und 2018, Publikation der Arbeit in deutscher oder englischer Sprache, Beobachtungszeitraum der Studie für maximal 6 Wochen. Eine Ausnahme hinsichtlich der Fallzahl wurde gemacht bei CBRN- (chemisch, biologisch, radioaktiv, nuklear) Lagen, da sich nur sehr wenige CBRN-Katastrophen im oben angeführten Zeitraum ereigneten. Hier wurden bereits Ereignisse mit mindestens 50 Betroffenen in die Auswertung einbezogen.

Vor der detaillierten Suche wurde, zur Eingrenzung und Vorauswahl, eine unsystematische Recherche nach Katastrophen und Großschadenslagen im Beobachtungszeitraum durchgeführt. Hier wurden Katastrophen aus der Datenbank der Pan American Health Organisation und der World Health Organisation ausgewählt, um darin gezielt nach Verletzungsmustern zu suchen.

Nach folgenden Suchbegriffen wurde in den angeführten Datenbanken gesucht: „injury“, „illness“, „disaster“, „mass casualty“, „mass-casualty incident“, „MCI“, „earthquake“, „flood“, „drought“, „hurricane“, „typhoon“, „chemical incident“, „terror“, „bombings“, „epidemiology“ und „case report“. Die Suchbegriffe wurden mit dem Ort und der Jahreszahl der Katastrophenlage kombiniert: z.B. earthquake and Nepal and 2015 and injury and/or illness. Die genannten Begriffe wurden mit dem Mesh „disaster“, „injury“ und „illness“ verknüpft.

Die Literaturrecherche fand im Januar, März und April 2019 statt.

Die gefundene Literatur wurde mit dem Programm EndNote® X7.8 der Firma Bilaney Consultants GmbH verwaltet, und die computergestützte Auswertung der gesammelten Daten erfolgte mit Hilfe des Programms Excel® der Firma Microsoft in der Version von 2016.

Für die vorliegende Arbeit wurden polytraumatisierte Patienten als Patienten mit einem ISS  $\geq$  15 festgelegt. Dies scheint die weltweit anerkannteste und verbreitetste Klassifikation zu

Polytraumata zu sein. Sie ermöglicht eine gute Abgrenzung zwischen Mehrfachverletzten und Polytraumatisierten.

Weiterhin wird die Einteilung der Katastrophen und Großschadenslagen nach der Klassifikation aus dem Jahr 2019 des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz: Katalog der Gefährdungen, Katastrophen und Notlagen Schweiz vorgenommen. Die ausführliche, detaillierte Klassifikation der Katastrophen und Großschadenslagen erlaubt eine gute Einteilung der gefundenen Lagen und sie ermöglicht eine genauere Analyse der einzelnen Verletzungen und Erkrankungen nach den unterschiedlichen Katastrophenarten.

Die einzelnen Lagen sind in einer Excel Tabelle im Anhang im Detail aufgelistet. Die Erkrankungen und Verletzungen wurden getrennt aufgelistet und so weit möglich und medizinisch sinnvoll zu Gruppen zusammengefasst.

In der Auswertung wurden als Leichtverletzte folgende Gruppen aus der Excel Tabelle zusammengefasst: „AIS 1 - 2“, „minor wounded NOS“, „Extremitätenkontusion“, „Extremitätenverstauchung“, „minor wound Extremität“, „minor trauma Extremität“, „laceration Extremität.“

Aufgrund der hohen Schwankungen im Alter der Patienten ist der Median aussagekräftiger, jedoch wird von vielen Autoren ausschließlich das arithmetische Mittel des Alters angegeben. Wenn nicht anders angeführt, wird das mittlere Alter als das arithmetische Mittel des Alters definiert.

Bei der Sortierung der Schadenslagen im Ergebnisteil wurden zwei Ebenen gewählt; primär wurde nach den zuvor beschriebenen Kategorien eingeteilt, im zweiten Schritt wurde dann innerhalb der Kategorien eine chronologische Ordnung gewählt. Ein Zeitstrahl zu den einzelnen Kategorien ist im Diskussionsteil zu finden.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Technisch bedingte Katastrophen und Großschadenslagen

#### 4.1.1 ICE-Katastrophe bei Eschede, Deutschland 1998

Am 3. Juni 1998 ereignete sich im Landkreis Celle kurz vor der Gemeinde Eschede in Niedersachsen das größte Zugunglück in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland.

Der Intercity-Express (ICE) 884 mit 759 Sitzplätzen entgleiste um 10:59 Uhr an einer Weiche kurz vor der Ortschaft. Hierbei „wurden durch den 3., sich quer stellenden Reisewagen die Pfeiler der etwa 300 m hinter der Weiche befindlichen, 40 m langen, die Bahngleise überspannenden Straßenbrücke weggerissen und diese dadurch zum Einsturz gebracht.“ (Hüls 2000). Die Triebmaschine riss vom Zug ab und rollte unbeschädigt hinter dem Bahnhof Eschede aus. Die vorderen Wagen kamen hinter der Brücke entgleist zum Stillstand. Die hinteren Wägen entgleisten, überschlugen sich zum Teil, wurden von Brückenteilen begraben und „zollstockartig zusammengedrückt“ (Hüls 2000).

Nach dem ersten Notruf traf der erste Notarzt um 11:15 Uhr an der Unfallstelle ein. Schnell wurden zwei Abschnitte gebildet und mit den Rettungsmaßnahmen begonnen. Um 12:55 Uhr befand sich nur noch ein Patient an der Unfallstelle. Dieser konnte nach einer komplizierten technischen Rettung um 14:32 Uhr mit einem Rettungshubschrauber ins Krankenhaus verlegt werden. Insgesamt wurden 103 Patienten verletzt und in 22 Krankenhäuser zur weiteren Behandlung eingeliefert. 95 weitere Zugfahrende verstarben unmittelbar an der Unfallstelle. Durch die 83 Ärzte, 39 Rettungshubschrauber und 467 Sanitäts- und Rettungskräfte war eine schnelle, nahezu individualmedizinische Versorgung der Verletzten möglich (Oestern et al 1998).

Zentrale Probleme des Einsatzes in Eschede waren die rasch zusammengebrochene Kommunikation und der erschwerte Zugang zum Inneren des ICEs. Positiv auf den Einsatzverlauf hat sich die Etablierung einer lokalen Gruppe von leitenden Notärzten (LNA) gezeigt. Durch die bedarfsgerechte Zuweisung der vielen Patienten vor Ort an die passenden Kliniken konnte eine gute medizinische Behandlung aller Verletzten gewährleistet werden (Oestern und Hüls 1999).

In der Rechtsmedizin wurden zusammen mit der Identifizierung der 98 Toten auch die Todesursachen ermittelt. Festgestellte Todesursache war bei 18 Patienten mit isoliertem schwerem Schädel-Hirn-Trauma (SHT) (Schädelzertrümmerung, bzw. Dekapitation) eine zentrale Lähmung. Bei 20 Polytraumatisierten mit offenem SHT fanden sich vor allem schwere Schädelverletzungen mit Hirnkontusionen, die über eine zentrale Regulationsstörung zum Tod führten. Zusätzlich fanden sich zahlreiche Frakturen an allen Körperteilen und Zerreißen

von Organen und Gefäßen (vor allem im Thorax). Bei den 29 Patienten mit geschlossenem SHT und mit Polytrauma waren schwere Gehirnerschütterungen zu finden, die aber nicht zum Tod geführt hatten. Die sonstigen Verletzungen der Polytraumatisierten führten durch hohen Blutverlust bzw. Organversagen zum Tod. Auch bei den 18 Polytraumapatienten ohne SHT führte der hohe Blutverlust und der daraus resultierende Schock zum Tod. Bei den drei Patienten mit schwerem Thoraxtrauma führten Erstickten und Herz- und Kreislaufversagen und schwere Lungen- und Herzkontusion zum Tod. Bei acht Fällen führten Körperzerreibungen und -zerteilungen zum sofortigen Tod durch Verblutung. Alle Todesfälle wurden als nicht vermeidbar eingestuft (Tröger und Kleemann 1999).

#### 4.1.2 Brand im Café in Volendam, Niederlande 2001

Am Silvesterabend 2000 feierten etwa 350 Menschen in einem Café (3.Stockwerk) ins neue Jahr hinein. Kurz nach Mitternacht entflammte die Weihnachtsdekoration des Cafés und setzte in kurzer Zeit sämtliche Räumlichkeiten in Brand. Es entstand schnell eine Panik und zahlreiche Menschen flohen aus dem Gebäude (Welling et al. 2005).

Der erste von zahlreichen Notrufen ging um 00:38 Uhr bei der Rettungsleitstelle ein. Die ersten Rettungskräfte kamen um 00:51 Uhr an. Insgesamt waren 245 Patienten (162 männlich, 83 weiblich, mittleres Alter 17,3 Jahre) vor Ort betroffen. Vier verstarben vor Ort. Die übrigen 241 Patienten wurden in den umliegenden Krankenhäusern behandelt: 112 Patienten wurden auf Intensiv- und 70 auf Normalstationen aufgenommen. 38 Patienten wurden in einem Verbrennungszentrum in den Niederlanden versorgt, und 24 Patienten in Verbrennungszentren in Deutschland und Belgien.

Bei diesem Ereignis erlitten 215 Patienten Verbrennungen mit einer mittleren verbrannten Körperoberfläche (Total Body Surface Area, TBSA) von 12 % (1 - 95 %). Am häufigsten waren Hände, Arme und Gesichter von den Verbrennungen betroffen. Bei den übrigen Patienten fanden sich meist leichtere Verletzungen wie Prellungen oder unkomplizierte Frakturen. 87 der 241 überlebenden Patienten erlitten ein Inhalationstrauma. Diese wurden alle intensivmedizinisch behandelt. 42,9 % der Intensivpatienten erlitten während der Behandlung Komplikationen wie SIRS, ARDS oder Organversagen von Leber oder Niere. 14 der 245 Patienten (5,7 %) verstarben durch das Feuer, davon vier wie oben beschrieben an der Einsatzstelle und zehn im Krankenhaus. Fünf der zehn Krankenhaustoten verstarben am Tag der Krankenhausaufnahme an ihren schweren Verbrennungen (mittlere TBSA 90 %). Einer verstarb an einer schweren Kopfverletzung, drei weitere Patienten verstarben an ihren schweren Komplikationen. Der letzte Patient verstarb nach sechs Monaten an einer Endokarditis (Welling et al. 2005).

#### 4.1.3 Chlorgasaustritt durch Unfall beim Entladen in Missouri, USA 2002

Im August 2002 entwichen 16.900 amerikanische Pfund Chlorgas durch einen defekten Schlauch während des Umfüllens an einer Chemiefabrik. 67 Menschen wurden bei dem Unfall verletzt. Die Hauptdiagnose stellte eine pulmonale Reizung nach Inhalation dar. 65 Patienten wurden ambulant im Krankenhaus behandelt. Zwei Patienten mussten stationär aufgenommen werden (Wenck et al. 2005).

#### 4.1.4 Chlor-, Diesel- und Harnstoffdüngeraustritt nach Zugentgleisungen in Texas, USA 2004

Im Juni 2004 entgleiste in Texas ein Zug in einem Bahnhof durch einen Zusammenstoß mit einem stehenden Zug. Dabei entwichen 90.000 amerikanische Pfund Chlorgas, 78.000 Gallonen Harnstoffdünger und 7.000 Gallonen Diesel. 100 Personen mussten nach dem Ereignis dekontaminiert werden, und 44 erlitten behandlungspflichtige Verletzungen. Drei dieser 44 Menschen verstarben. Der Zugführer starb an seinen Verletzungen durch den Zusammenstoß und zwei ältere Anwohner durch inhaliertes Chlorgas. Hauptdiagnosen waren pulmonale und Augenreizungen. Zwölf Patienten wurden vor Ort und sieben stationär im Krankenhaus behandelt (Wenck et al. 2005).

#### 4.1.5 Chloraustritt nach entgleistem Zug in Graniteville, South Carolina, USA 2005

Am Morgen des 6. Januars 2005 kollidierte ein Zug mit drei Wagons Chlor mit einer stehenden Lokomotive und entgleiste. Einer der Wagons wurde dabei beschädigt, und es traten 46 Tonnen Chlor aus. In den folgenden Tagen traten weitere 14 Tonnen aus, bevor das Loch im Tank verschlossen werden konnte (Wenck et al. 2007).

Wenck und Mitarbeiter analysierten die Daten der Patienten, die nach Chlorexposition medizinische Hilfe in Anspruch nahmen. Insgesamt wurden 597 Menschen identifiziert, die nach Kontakt mit dem ausgetretenen Chlor medizinisch untersucht wurden (332 männlich, 255 weiblich). Das mittlere Alter der Betroffenen betrug 36 Jahre (> 1 - 85 Jahre). Viele der Patienten waren Mitarbeiter einer nahegelegenen Textilfabrik. Neun Menschen verstarben nach Chlorinhalation (acht vor Ort, einer im Krankenhaus). 72 Patienten wurde stationär behandelt, während alle übrigen vor Ort oder bei niedergelassenen Ärzten versorgt wurden. Bei 79 Patienten bestanden vor der Exposition mit Chlor chronische Vorerkrankungen von Lunge und/oder Herz-Kreislaufsystem. Bei 271 Personen war der Raucherstatus erhebbar. 115 waren zum Zeitpunkt Raucher und 36 ehemalige Raucher (Wenck et al. 2007).

265 Patienten wurden am Tag der Chlorexposition gesehen und behandelt. Weitere 265 Patienten wurden in den kommenden fünf Tagen behandelt. In den ersten 72 Stunden nach dem Unglück wurden insgesamt 388 Patienten untersucht. Bei den acht Verstorbenen vor Ort wurde eine Asphyxie als Todesursache festgestellt. Der neunte Verstorbene erlag im Krankenhaus seiner respiratorischen Insuffizienz bei schwerem Lungenödem. Von 280 Patienten konnten die Symptome erfasst werden. Hier traten in absteigender Reihenfolge trockener Husten, brennende Augen, Dyspnoe, Kopfschmerzen, Thoraxschmerzen, Übelkeit, brennende Nase, Husten mit Auswurf, Würgereiz, Schwindel und Erbrechen auf. Bei 25 stationär behandelten Patienten zeigte sich radiologisch ein Lungenödem. 51 Patienten wurden mit einem schweren Verlauf und einer schlechten Prognose klassifiziert. Risikofaktor für ein schlechtes Outcome war die Nähe zum Zug bei der Exposition mit Chlor. Je näher die Personen am entgleisten Zug waren, desto ungünstiger war der Verlauf. Weder Dekontamination noch Vorerkrankungen oder Raucherstatus ergaben ein erhöhtes Risiko für ein schlechtes Outcome (Wenck et al. 2007).

#### 4.1.6 Flugzeugabsturz in Port Harcourt, Nigeria 2005

Am 10. Dezember 2005 ereignete sich am internationalen Flughafen Port Harcourt in Nigeria ein Flugzeugunglück. Aufgrund schlechten Wetters verfehlte der Pilot bei der Landung die Rollbahn, woraufhin das Flugzeug zerbarst und Feuer fing. Von 109 Passagieren und Flugpersonal überlebten nur zwei Menschen das Unglück (FAZ.NET 2005).

Seleye-Fubara und Mitarbeiter untersuchten die Leichen von 97 der 106 verstorbenen Passagiere (59 männlich, 38 weiblich). Die übrigen neun Toten waren aufgrund der extremen Verbrennungen und Verletzungen nicht mehr zu identifizieren. Die Opfer waren zwischen 10 und 64 Jahre alt. 61 Opfer waren zwischen 10 und 19 Jahre alt. 68 Personen verstarben an Verbrennungen oder anderen Folgen des Feuers (27 schwere Verbrennungen, 21 Polytraumata mit Verbrennungen, 20 Rauchgasinhalationen). Die übrigen 29 Menschen verstarben an schweren verbrennungsunabhängigen Verletzungen (16 Polytraumata, 11 schwere SHT, 2 rupturierte große Gefäße) (Seleye-Fubara et al. 2011).

#### 4.1.7 Gebäudeeinsturz Rana Plaza in Savar, Bangladesch 2013

Am 24. April 2013 ereignete sich einer der schlimmsten Unfälle der bangladeschischen Kleiderindustrie. Als das neunstöckige Gebäude Rana Plaza in Savar bei Dhaka unerwartet einstürzte, befanden sich mehr als 4000 Menschen im Gebäude. 1132 Menschen verstarben bei dem Einsturz des Gebäudes und viele weitere wurden verletzt (Alam et al. 2017).

Im Zeitraum von 24.04. - 12.05.2013 koordinierte die bangladeschische Armee die Rettungsmaßnahmen und rettete 423 Menschen (31,7 % männlich, 68,3 % weiblich). 55,4 % der Verletzten waren zwischen 21 und 30 Jahre alt. Führende Verletzungen waren Weichteilverletzungen, Hautabschürfungen, Prellungen und Stauchungen sowie Frakturen. Von 169 Patienten mit Weichteilverletzungen erlitten 90 Patienten ein Kompartmentsyndrom. Dies betraf vor allem Patienten mit Verletzungen der unteren Extremitäten. Bei 75 Patienten konnte durch eine Fasziotomie die Extremität gerettet werden, aber bei 15 Patienten musste die Extremität amputiert werden. 90 Hautabschürfungen sowie 75 Frakturen wurden gefunden und behandelt. Führende Frakturlokalisationen waren Unter- und Oberschenkel sowie die Hände. Weiterhin fanden sich Verletzungen am Gesicht (n = 15), Kopf (n = 10), Abdomen (n = 10), Thorax (n = 9) und Rücken (n = 7). 35 der Überlebenden wurden von den Autoren als schwer verletzt eingestuft. Von den 423 lebend geretteten und behandelten Patienten verstarben 24 Gerettete und ein Helfer. Zu den Todesursachen zählten akutes Nierenversagen nach Kompartmentsyndrom, ARDS nach stumpfen Thoraxverletzungen und Komplikationen von schweren SHTs sowie Polytraumata (Alam et al. 2017).

### 4.1.8 Chemieunfall in Charleston, West Virginia, USA 2014

Am 9. Januar 2014 flossen knapp 10.000 Gallonen 4-Methylcyclohexanemethanol (MCHM) in den Elk River in Charleston im amerikanischen Bundesstaat West Virginia und kontaminierten das Trinkwasser von nahezu 300.000 Anwohnern. In den ersten 14 Tagen nach der Kontamination berichteten 369 Patienten von Krankheitssymptomen nach Kontakt zu kontaminiertem Wasser (Thomasson et al. 2017).

369 Patienten stellten sich aufgrund schwerwiegender Symptome in einer Notaufnahme vor. Von diesen 369 Patienten mussten 13 stationär aufgenommen werden. Es gab keine Todesfälle. Das mittlere Patientenalter lag bei 40 Jahren (> 1 - 87). 12 der 13 stationären Patienten hatte mindestens eine chronische Erkrankung. Die Hauptdiagnosen waren Diabetes mellitus oder COPD. 194 Patienten berichteten über Chemikalienkontakt zu Haut oder Schleimhaut, 162 über Ingestion und 54 über Inhalation. Die Hauptsymptome der Patienten waren Übelkeit (n = 140), Ausschlag (n = 105), Erbrechen (n = 104), Bauchschmerzen (n = 90), Durchfall (n = 90), Kopfschmerzen (n = 81), Juckreiz (n = 73), Hals- (n = 55) und Augenschmerzen/-irritation (n = 54) und Husten (n = 47) (Thomasson et al. 2017).

#### 4.1.9 Explosion im Hafen von Tianjin, China 2015

Am 12. August 2015 ereigneten sich gegen 23:30 Uhr im Hafen von Tianjin in China zwei Explosionen durch Chemikalien. 797 Menschen wurden durch die Explosionen und das Feuer verletzt, während 165 Menschen verstarben und acht Personen anschließend nicht mehr auffindbar waren, die im Verlauf für tot erklärt wurden (Li et al. 2015).

Li und Kollegen analysierten die medizinischen Daten von 298 Patienten, die in den ersten 16 Stunden nach der Explosion im Pingjin Krankenhaus behandelt wurden. Das Pingjin Krankenhaus ist ein universitäres Krankenhaus in Tianjin, etwa 50 km entfernt von der Explosionsstelle. Von 298 behandelten Patienten wurden 59 stationär aufgenommen und davon elf als kritisch krank eingestuft. Drei der aufgenommenen Patienten verstarben während der Behandlung wegen hämorrhagischem Schock, Kreislaufstillstand und massiven Verbrennungen mit Organversagen (Li et al. 2015).

Bei 16 der stationären Patienten wurden die erlittenen Verletzungen dokumentiert. Führend waren Verbrennungen (n = 31) und Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen (n = 88). 12 der 31 Verbrennungen wurden als schwere bzw. sehr schwere Verbrennungen eingestuft. Unter den Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen waren Augenverletzungen (n = 31) und penetrierende Schnittwunden (n = 43) führend. Außerdem wurden 42 offene Verletzungen an den Extremitäten beschrieben. 20 Frakturen wurden diagnostiziert und behandelt. Führende Frakturlokalisationen waren im Gesichtsbereich (n = 8) (Li et al. 2015).

Yu und Mitarbeiter beschäftigten sich mit 75 Patienten mit Explosionsverletzungen in der ersten Woche nach den Explosionen im Hafen von Tianjin. Diese Patienten wurden im Affiliated Hospital of Logistics University of the Chinese PAP behandelt. In der ersten Woche wurden von den 322 Patienten 231 mit leichten Verletzungen nach der Erstversorgung in der Notaufnahme entlassen. Ein Patient erlag seinen Verletzungen kurz nach dem Eintreffen in der Notaufnahme. Von den übrigen 90 stationären Patienten wurden die oben genannten 75 Personen (58 Männer, 17 Frauen) genauer in Bezug auf die Charakteristika ihrer Explosionsverletzungen analysiert (Yu et al. 2016).

Die Patienten waren zwischen 18 und 67 Jahre alt. 21 dieser Patienten waren Feuerwehrkräfte. Folgende primäre Explosionsverletzungen traten auf: 11 Bulbusrupturen, 9 Gehirnerschütterungen und 7 Lungentraumata (Lungenkontusionen, Pneumothoraces), 18 Verletzungen der Ohren (z.B. Trommelfellperforation) und des Gastrointestinaltrakts. 84 % der 75 Patienten erlitten sekundäre Verletzungen durch umherfliegende Trümmerteile: 50 stumpfe und 47 penetrierende Verletzungen, vor allem im Kopf- und Halsbereich und an Armen und Beinen. Den Hauptanteil tertiärer Explosionsverletzungen betrafen Frakturen (n = 24), gefolgt von Kopfverletzungen (n = 17), stumpfe Bauchtraumata (n = 5) und traumatische

Amputationen (n = 2). Führend bei den quartären Verletzungen waren Inhalationstraumata (n = 5) und Verbrennungen (n = 31). 22 Verbrennungen wurden als leicht oder moderat eingestuft, 9 als schwer oder sehr schwer (Yu et al. 2016).

## **4.2 Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg**

### **4.2.1 Flugzeug Terroranschlag in New York, USA 2001**

Am 11. September 2001 stürzten zwei von Terroristen entführte Flugzeuge vom Typ Boeing 767 in die Türme des World Trade Centers in New York. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich circa 17.000 Personen in den zwei Türmen (Thompson 2003). Täglich arbeiteten dort etwa 50.000 Personen, und die Türme wurden jeden Tag von mehr als 200.000 Personen, darunter mehr als die Hälfte Touristen, besucht (Kirschenbaum et al. 2005).

Bei dem Terroranschlag starben insgesamt 2.823 Menschen inklusive der Passagiere der beiden Flugzeuge und 479 im Einsatz ums Leben gekommene Rettungskräfte. Das erste Flugzeug schlug um 08:46 Uhr in den Nordturm ein, der um 10:28 Uhr einstürzte. Hier gab es etwa 1400 Tote. Das zweite Flugzeug schlug um 09:02 Uhr in den Südturm ein, der um 09:59 Uhr einstürzte, wobei etwa 600 Menschen starben (Cushman et al. 2003).

Cushman et al. betrachteten die medizinischen Daten der von dem Anschlag betroffenen Patienten in zwei Krankenhäusern in Manhattan, dem Bellevue Hospital, einem Trauma Center und dem New York University Downtown Hospital, einem Community Hospital (Cushman et al. 2003). In den beiden Krankenhäusern wurden 911 Patienten mit anfallsassoziierten Erkrankungen versorgt. 776 Menschen kamen fußläufig mit leichten Inhalationstraumata und Augenirritationen. Die Krankengeschichten der anderen 135 Fälle wurden genauer analysiert. 10 Menschen verstarben in den Krankenhäusern: 4 unmittelbar nach der Ankunft und 6 im Verlauf ihres stationären Aufenthaltes (Cushman et al. 2003). 56 Patienten wurden von einem Chirurgen gesehen und behandelt: 18 Patienten wurden im Verlauf operativ versorgt. Es gab 20 unfallchirurgisch/orthopädische Verletzungen, 12 Polytraumata (u.a. Quetschverletzungen mit abdomineller oder thorakaler Verletzung), und 8 Patienten wiesen Verbrennungen auf. 20 Patienten hatten einen ISS größer 15 und 8 einen ISS größer 35 (Cushman et al. 2003).

Kirschenbaum und Mitarbeiter beschäftigten sich mit den im St. Vincent's Hospital in Manhattan, einem Level 1 Trauma Zentrum, aufgenommenen Opfern des Anschlags. Aufgrund des hohen Andrangs von Überlebenden wird allerdings von einer weit höheren Zahl, wahrscheinlich von etwa 800 Personen, ausgegangen, die ohne (ausreichende)

Dokumentation im Krankenhaus gesehen und versorgt wurden. In der Augenklinik wurden 248 Patienten mit Augenreizungen versorgt, darunter viele mit chemisch bedingten Verbrennungen der Cornea. Von den dokumentierten Notaufnahmepatienten hatten 5 % einen ISS > 15. Weniger als 2 % hatten einen ISS > 25. Bei diesen Schwerverletzten wurden primäre Crush-Verletzungen, Mehrfachfrakturen und stumpfe Traumata festgestellt (Kirschenbaum et al. 2005). 112 Patienten wurden am 11.09.2001 im St. Vincent's Hospital stationär aufgenommen. 17 waren wie oben beschrieben polytraumatisiert (Crush Injury, stumpfe Bauchtraumata und multiple Frakturen). 17 Patienten wiesen großflächige zweit- oder drittgradige Brandverletzungen auf.

18 Patienten wurden mit schweren Inhalationstraumata aufgenommen. 24 % der im Zusammenhang mit dem Terroranschlag aufgenommenen Patienten wiesen nicht-traumabedingte Erkrankungen auf: 10 kardiale, 9 psychiatrische und 9 orthopädische Aufnahmeindikationen wurden gestellt. 9 Patienten mussten auf die Intensivstation aufgenommen werden, davon acht beatmet. In den ersten 48 Stunden mussten 13 Operationen (vorwiegend explorative Laparotomien bei stumpfen Bauchtraumata und Wunddebridements) vorgenommen werden. Vier Patienten verstarben, drei kurz nach der stationären Aufnahme und einer im Verlauf aufgrund eines schweren SHT. Die Zahl der anfallsassoziierten Patienten reduzierte sich ab dem 12.09. drastisch, und ab diesem Tag stand die Behandlung verletzter Rettungskräfte im Vordergrund (Kirschenbaum et al. 2005).

Boodram und Mitarbeiter beschäftigten sich mit den Angaben zu den Patienten aus den vier am nächsten zum World Trade Center gelegenen Krankenhäusern und einer Verbrennungsklinik in den ersten 48 Stunden nach dem Anschlag. In diesem Zeitfenster wurden 1688 Patienten in den Notaufnahmen der vier Kliniken versorgt. 1103 Patienten wurden wegen Verletzungen oder Erkrankungen behandelt, die mit dem Anschlag in Verbindung standen. Bei knapp 25 % der Patienten waren nur unvollständige Daten hinterlegt. 320 Patienten waren Einsatzkräfte der Polizei, der Feuerwehr oder des Rettungsdienstes. 810 Patienten wurden ambulant und 181 stationär behandelt. Vier Patienten starben während der Notfallversorgung. 152 Überlebende des Anschlags wurden wegen kardialer, neurologischer oder psychiatrischer Diagnosen behandelt (Boodram et al. 2002).

Von den 790 auswertbaren Daten der Patienten erlitten 386 Inhalations- und 204 Augenverletzungen. Die meisten dieser Verletzungen ereigneten sich aufgrund der enormen Menge an Rauch, Staub, Ablagerungen oder Dämpfen. Unter den stationär aufgenommenen Patienten fanden sich ebenfalls viele Inhalationsverletzungen (n = 52) und Verbrennungen (n = 27). Viele Patienten mit Frakturen, Verbrennungen, SHTs oder Crush-Verletzungen mussten stationär aufgenommen werden (Boodram et al. 2002).

#### 4.2.2 Bombenanschlag in Madrid, Spanien 2004

Am 11. März 2004 ereigneten sich in Madrid morgens zwischen 7:39 Uhr und 7:42 Uhr zehn Bombenexplosionen in vier Pendlerzügen. Es gab bei den Bombenanschlägen etwa 2000 Verletzte und insgesamt 191 Tote. Turégano-Fuentes et al. analysierten Daten aus den sieben Krankenhäusern, in denen die meisten Verletzten versorgt wurden. Diese Krankenhäuser behandelten 775 Fälle, wovon 263 nur leichte Verletzungen wie Prellungen, Knalltraumata und psychische Beeinträchtigungen aufwiesen. Die Verletzungsmuster der verbliebenen 512 Patienten wurden genauer betrachtet. 72 Patienten (14 %) wurden mit einem ISS > 15 als schwer verletzt eingestuft. Viele Patienten waren mehrfachverletzt. Verletzungen im Gesichtsbereich (57 %) und Thoraxbereich (39 %) waren neben Granatsplitterverletzungen (41 %) führende Verletzungen. Weiterhin wurden Brandwunden (17 %), vor allem erst- und zweitgradig sowie Extremitätenfrakturen (14 %), vor allem der langen Röhrenknochen, diagnostiziert. Kopf-/Hals-/Gesichts- (9 %) und abdominelle Verletzungen (5 %) waren eher die Ausnahme. 82 % der Patienten mit Verletzungen im Gesichtsbereich wiesen ein- oder beidseitige Trommelfellperforationen auf. 33 % der Gesichtsverletzungen betrafen den Augenbereich, vor allem geschlossene; 17 % dieser Patienten hatten maxillofaziale Frakturen. 58 der 199 Lungenverletzungen stellten sich als Kontusion, 43 als Explosionstrauma, 43 als Rippenfraktur, 31 als Pneumothorax und 13 als Hämatothorax dar. 124 große Operationen bei 82 Patienten waren in den ersten 24 Stunden notwendig, 20 % aufgrund einer lebensbedrohlichen Blutung. 78 (15 %) Patienten mit einem ISS zwischen 11 und 75 wurden auf eine Intensivstation aufgenommen. Von den 191 Toten verstarben 177 unmittelbar durch die Explosion und die restlichen 14 im Laufe des Krankenhausaufenthalts. Interessanterweise hatten die meisten Opfer des Anschlags keine lebensgefährlichen Verletzungen erlitten (Turégano-Fuentes et al. 2008).

#### 4.2.3 Bombenattentate in London, Großbritannien 2005

Am 7. Juli 2005 explodierten drei Bomben in Zügen der U-Bahn und eine Bombe in einem Doppeldeckerbus in London. Insgesamt wurden 722 Menschen bei diesen Terroranschlägen verletzt und 56 getötet. 51 der 56 Toten waren bereits beim Eintreffen der Rettungskräfte verstorben, 2 weitere Personen verstarben vor Ort als „blau gesichtete“ Patienten (siehe 2.1.5). 55 Patienten wurden als schwer verletzt eingestuft. Drei Patienten erlagen im Krankenhaus ihren Verletzungen, zwei mit einem massivem Hämatothorax und der dritte mit schwerem SHT. Die Verletzungsmuster derjenigen 27 Patienten, die im Royal London Hospital behandelt wurden, sind detailliert dokumentiert. Weichteil- und Hautverletzungen, vor allem an Kopf und Extremitäten, sowie Trommelfellperforationen waren die führenden Verletzungen. Vor allem bei den kritisch Erkrankten kamen Verletzungen wie

Lungenkontusionen, Pneumo- und Hämatothoraces und Frakturen im Kopfbereich und an den Extremitäten hinzu. In den ersten 24 Stunden wurden im Royal London Hospital über 50 Röntgenaufnahmen angefertigt, 8 FAST Ultraschalluntersuchungen durchgeführt und 30 Computertomografien (CT) angefertigt. 58 Operationen wurden im Royal London Hospital erforderlich. Führend waren vor allem unfallchirurgisch/orthopädische Eingriffe zum Wunddebridement, zur Frakturbehandlung und 12 Amputationen (Aylwin et al. 2006).

#### 4.2.4 Massenpanik bei der Loveparade in Duisburg, Deutschland 2010

Am 24. Juli 2010 fand in Duisburg die Musikveranstaltung „Loveparade“ statt. Es waren etwa 500.000 Besucher erwartet worden, und sowohl Feuerwehr, Rettungsdienst, Katastrophenschutz als auch alle Krankenhäuser in und um Duisburg hatten sich intensiv auf die Veranstaltung vorbereitet. Daher standen 1300 Rettungskräfte und 300 Führungskräfte für die „Loveparade“ bereit. In den zahlreichen Stationen des Sanitätsdiensts wurden zwischen 7 Uhr morgens und 4 Uhr des darauffolgenden Morgen 5.600 Patientenkontakte registriert und es kam zu 575 Transporten in die umgebenden Duisburger Kliniken. 35 dieser transportierten Patienten wurden als S1/S4 (rot/blau), 100 Patienten als S2 (gelb) und 440 Patienten als S3 (grün) triagiert (Binsfeld et al. 2013).

Gegen 17 Uhr kam es vor dem Karl-Lehr-Tunnel zu einer Massenpanik, in deren Folge sehr viele Menschen durch den Tunnel zu fliehen versuchten. Bei dieser Massenpanik wurden im Tunnel 400 Personen verletzt und 21 getötet (Ackermann et al. 2011). Die 21 Verstorbenen wurden alle erfolglos zu reanimieren versucht. Todesursache war eine sogenannte kompressible Asphyxie, da die Personen aufgrund der zahlreichen über sie hinweglaufenden Menschen nicht mehr atmen konnten (Binsfeld et al. 2013).

Ackermann und Kollegen analysierten 473 Behandlungsverläufe in 12 Notaufnahmen im Zeitraum zwischen dem 24.7. 9.00 Uhr und dem 25.7. 9.00 Uhr. Es wurden nur diejenigen Patienten in den Notaufnahmen näher betrachtet, die aufgrund von Anamnese und/oder Transportprotokollen eindeutig der Loveparade zuzuordnen waren. Von diesen mussten 197 Patienten (41,7 %) zur weiteren Versorgung stationär aufgenommen werden, wobei die durchschnittliche Verweildauer bei 24 Stunden lag. Bei 62,2 % der stationären Patienten lag eine chirurgische, bei 49,6 % eine internistische und bei 8,0 % eine psychiatrische Diagnose vor. Bei einigen Patienten fanden sich dabei Diagnosen aus mehreren dieser Kategorien (Ackermann et al. 2011). Führende Diagnosen waren vor allem Rauschmittelabusus und -intoxikation (29,6 %), Extremitätenverletzungen (27,7 %) und oberflächliche Wunden und Verletzungen (18,8 %). Weiterhin lagen bei 13,5 % der Patienten Verletzungen im Kopf-/Hals-/Gesichtsbereich vor. 8,5 % hatten Thorax-, 6,1 % Abdomen- oder

Beckenverletzungen erlitten. 7,6 % der Eingewiesenen zeigten Angst- oder Panikstörungen. Frakturen, kardiale Diagnosen und Wirbelsäulenverletzungen waren mit unter 5 % selten. 14,3 % der stationär aufgenommenen chirurgischen Patienten und 5,6 % der stationär aufgenommenen internistischen Patienten wurden als akut vital bedroht eingestuft und erhielten eine dringende Operation und/oder eine Monitorüberwachung (z.B. Mischintoxikationen, akutes Abdomen oder Hirnödeme) (Ackermann et al. 2011).

#### 4.2.5 Bombenanschlag beim Boston Marathon, USA 2013

Am 15. April 2013 wurden während des 117. Bostoner Marathons nahe der Ziellinie um 14:50 Uhr zwei Sprengsätze in der Zuschauermenge gezündet. Etwa 27.000 Zuschauer verfolgten den Marathon, und in der Stadt waren circa eine halbe Million Menschen unterwegs. Rettungskräfte standen zur Versorgung für bis zu 2500 Läufer bereit. In Boston gab es fünf Level 1 Traumazentren und vier Kinder Traumazentren. Insgesamt wurden durch die Bombenanschläge 281 Menschen verletzt, die in 26 Krankenhäusern versorgt wurden. Die Erstversorgung fand durch Zuschauer, Polizei und die Rettungskräfte vor Ort statt. 118 Patienten waren so schwer verletzt, dass sie direkt in die umliegenden Krankenhäuser gebracht wurden (Gates et al. 2014).

Gates und Mitarbeiter werteten die Daten von 127 Patienten, davon 10 Kindern, aus, die in den angeführten Bostoner Traumazentren behandelt wurden. 83 % der Patienten mit schweren Blutungen wurde bereits prähospital mit einem Tourniquet versorgt. Innerhalb von 30 Minuten nach dem Anschlag hatten alle Patienten mit einem ISS > 25 ein Traumazentrum erreicht. 52 Patienten konnten ambulant in der Notaufnahme versorgt werden. Die übrigen 75 wurden stationär weiterversorgt und überwacht. Am 15.4. wurden 54 Operationen vorgenommen, hiervon 14 Amputationen. 35 der 281 Verletzten hatten einen ISS > 16. Die Mortalität war insgesamt niedrig, da nur drei der 281 Patienten bereits beim Eintreffen der ersten Rettungskräfte verstorben waren; kein Patient verstarb nach Krankenhausaufnahme (Gates et al. 2014).

King und Mitarbeiter betrachteten die Verletzungsmuster der durch die Anschläge des Marathons 243 verletzten Menschen. Diese erlitten 141 Verletzungen an den Extremitäten, 99 äußere Verletzungen, 55 an Kopf, Hals oder Gesicht, 7 am Thorax und 5 im Abdominalbereich. 66 Patienten mit Extremitätenverletzungen wurden weiter differenziert analysiert. Diese 66 Patienten erlitten zusätzlich 40 „external injuries“, 36 Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen, 6 Thorax- und 4 Abdominalverletzungen. Die Extremitätenverletzungen stellten sich als 52 Frakturen, 49 Weichteil-, 14 große Gefäß-, 9 Nervenverletzungen und 17 traumatische Amputationen heraus (King et al. 2015).

D'Andrea und Kollegen berichteten über die behandelten Patienten im Brigham and Women's Hospital. Die Verletzungen wurden als traumatische Amputationen, offene Frakturen, Verbrennungen und intrakranielle und abdominelle Verletzungen beschrieben (D'Andrea et al. 2013).

### 4.3 Naturkatastrophen

#### 4.3.1 Erdbeben in Athen, Griechenland 1999

Am 7. September 1999 ereignete sich um 11:57 Uhr 18 km nordwestlich von Athen ein Erdbeben der Stärke 5,9 auf der Richterskala. Es gab über 700 Verletzte und 143 Verstorbene. Zahlreiche Gebäude wurden irreparabel beschädigt, und 32 stürzten ein. Aus den Trümmern der eingestürzten Gebäude konnten 85 Menschen gerettet werden (Papadopoulos et al. 2004).

Papadopoulos und Mitarbeiter analysierten die Autopsieberichte von 111 der 143 Verstorbenen (58 männlich, 53 weiblich), um Rückschlüsse für mögliche kommende Erdbebeneinsätze gewinnen zu können. Das mediane Alter lag bei 38 Jahren (1,5 - 80 Jahre). 50 Personen verstarben zu Hause und 57 bei der Arbeit. Bei den übrigen 4 konnte die genaue Lokalisation des Todes nicht ermittelt werden. 104 Personen waren bereits beim Eintreffen der Rettungskräfte verstorben. Die restlichen 7 Patienten verstarben auf dem Weg ins Krankenhaus (n= 3), in der Notaufnahme (n= 3) oder auf der Krankenstation (n= 1). Alle 111 Patienten verstarben in den ersten fünf Tagen nach dem Erdbeben. Acht Todesfälle wurden als indirekt durch das Erdbeben verursacht eingestuft. Hierzu zählen sechs Todesfälle durch Herzinfarkt und zwei Todesfälle durch Verletzungen aufgrund von Sprüngen oder Stürzen (Papadopoulos et al. 2004). 105 Patienten verstarben aufgrund der durch den Einsturz von Gebäuden verursachten Traumata. Von den übrigen sechs Patienten verstarben drei an einem Herzinfarkt vor Ort und drei auf dem Weg ins Krankenhaus. Von den 105 Traumatopatienten verstarben 31 an Asphyxie. Ursachen hierfür waren meistens atemwegsverlegende oder thoraxkomprimierende Verletzungen bzw. die Aspiration von Staub, Erde, Blut oder Mageninhalt. Diese 31 Patienten lagen mit ihrem ISS zwischen 1 und 18. 29 dieser Patienten lagen mit einem ISS < 15 sogar außerhalb der Gruppe der Schwerverletzten, bzw. Polytraumatisierten. Der Tod, der durch Asphyxie ums Leben gekommenen Patienten wurde als potenziell vermeidbar eingestuft (Papadopoulos et al. 2004). Von den übrigen 74 verstorbenen Personen hatten 36 einen ISS von 75 und waren somit per definitionem nicht zu retten. Die übrigen 38 Personen verstarben ohne Zeichen einer Asphyxie an ihren Verletzungen und hatten einen ISS zwischen 9 und 74. 13 dieser Todesfälle wurden als potenziell vermeidbar eingestuft. Haupttodesursache waren Verletzungen von Kopf, Thorax

und Abdomen. Die 105 mit einem erlittenen Trauma verstorbenen Patienten wiesen insgesamt 707 Verletzungen. 192 Verletzungen wurden im Kopf-/Hals-/Gesichtsbereich gefunden. 113 Verletzungen am oder im Thorax, sowie 89 Abdomen- oder Beckenverletzungen wurden festgestellt. Weiterhin fand man 27 Wirbelsäulenverletzungen sowie 79 Verletzungen der oberen und 135 Verletzungen der unteren Extremitäten. Zusätzlich fanden sich noch 72 nicht näher klassifizierte äußere Verletzungen (Papadopoulos et al. 2004).

#### 4.3.2 Hurricane Floyd in North Carolina, USA 1999

Am 16. September 1999 traf Hurrikan Floyd den US-Bundesstaat North Carolina mit Windgeschwindigkeiten von über 100 mph und massiven Regenfällen. Zusammen mit den Regenfällen der beiden Hurrikans Dennis und Irene verursachte Floyd umfangreiche Überflutungen in North Carolina. Über zwei Millionen Menschen waren von dem Sturm und den folgenden Überflutungen betroffen (Beaman et al. 2000).

Es gab 52 direkt mit dem Sturm assoziierte Tote, davon 38 männlichen Geschlechts. Das mediane Alter der Verstorbenen war 43 (1 - 96 Jahre). 35 Patienten verstarben am 16. September. Die Haupttodesursache war bei 36 Personen Ertrinken. Die Menschen ertranken vor allem im PKW (n = 24) oder beim Boot fahren (n = 7). Andere Todesursachen waren Autounfälle (n = 7) und Herzinfarkte (n = 4). In Einzelfällen führten Verbrennungen, Elektrounfälle oder Unterkühlungen zum Tode. Fünf der Verstorbenen waren Einsatzkräfte (Beaman et al. 2000).

Beaman und Kollegen verglichen die Diagnosen der in Notaufnahmen behandelten Patienten des Jahres 1998 mit denen von 1999. Insgesamt wurden 20 Krankenhäuser aus 18 betroffenen Regionen bei der Erhebung erfasst. Der Beobachtungszeitraum erstreckte sich jeweils vom 16. September bis zum 27. Oktober der Jahre 1998 und 1999. Im Jahr 1999 gab es 59.398 Besuche in den Notaufnahmen (67 % Erkrankungen, 33 % Verletzungen). Fast zweidrittel der Aufnahmen waren auf vier Diagnosen zurückzuführen: 28 % wegen unfallchirurgischer Verletzungen oder Weichteilverletzungen, 15 % wegen respiratorischer Erkrankungen, 11 % wegen gastrointestinaler Erkrankungen und 9 % wegen kardiovaskulärer Krankheiten. Im Beobachtungszeitraum wurden 19 Fälle von Hypothermie und 10 CO-Intoxikationen erfasst. Im Vergleichszeitraum 1998 wurden weder Hypothermien noch CO-Intoxikationen registriert. Wenn man sich die erste Woche nach Hurrikan Floyd anschaut und diese mit der entsprechenden Woche 1998 vergleicht, so fällt auf, dass die Anzahl an Suizidversuchen, fiebrigen Erkrankungen, Hundebissen, Dermatitisen und Fällen medizinischer Basisversorgung (z. B. leere Heimsauerstoffflaschen, aufgebrauchte Dauermedikation, Dialyse oder Impfungen) signifikant zugenommen hatte. Vergleicht man

dann die Woche einen Monat nach dem Hurrikan mit der entsprechenden Woche 1998, so fällt auf, dass die Anzahl an Insektenbissen, Diarrhoen, Asthma und Verletzungen durch Gewalttaten (Schusswunden, Angriffe und Vergewaltigungen) signifikant höher war. Außerdem war eine Zunahme respiratorischer und gastrointestinaler Infekte in den Sammelunterkünften festzustellen (Beaman et al. 2000).

#### 4.3.3 Tropischen Wirbelsturm Allison in Houston, Texas, USA 2001

Am 5. Juni 2001 traf der tropische Wirbelsturm Allison die südöstliche Küste von Texas und zog über Galveston Island. In den folgenden zwei Tagen wurde der Südosten von Texas und der Süden von Louisiana verwüstet. Die Region Harris in Texas war eine der am stärksten in Mitleidenschaft gezogenen Gegenden. Um den Bedarf der Bewohner von Houston an öffentlicher Gesundheitsversorgung zeitnah zu adressieren, wurden eine Woche nach dem Sturm 420 Haushalte für eine Befragung ausgewählt. 137 Haushalte hatten durch Überflutung Wasser im Haus, während 283 Haushalte nicht überflutet waren. 71 Haushalte berichteten über mindestens eine verletzte oder erkrankte Person. Die Symptome, die hauptsächlich genannt wurden, waren Diarrhoe, Erkältung, Kopfschmerzen und Schwindel, Angst und Schlafprobleme. Es wurde zudem über Herzattacken und Verschlechterung bekannter chronischer Erkrankungen berichtet. Mit Bezug auf Verletzungen wurden Stürze, Insektenstiche, Platzwunden und Autounfälle beschrieben. Es wurde verglichen, inwieweit sich die Krankheits- und Verletzungshäufigkeit zwischen überfluteten und nicht überfluteten Haushalten unterschieden. Personen in überfluteten Haushalten klagten signifikant häufiger über Erkrankungen und Verletzungen (Waring et al. 2002).

#### 4.3.4 Erdbeben in Bam, Iran 2003

Am 26. Dezember 2003 ereignete sich morgens um 05:26 Uhr in der Stadt Bam im Südosten Irans ein Erdbeben der Stärke 6,6 auf der Richterskala. Ein Großteil der Stadt, unter anderem auch zwei der drei vorhandenen Krankenhäuser, wurde zerstört. 40.000 Menschen starben, und 30.000 Personen wurden verletzt. Aufgrund der massiven Zerstörung der Infrastruktur mussten viele Patienten zur Behandlung im ganzen Land verteilt werden. Gelb und grün triagierte Patienten wurden, wenn sie kreislaufstabil waren, mit dem Auto oder dem Flugzeug nach Teheran gebracht (Mohebbi et al. 2012).

Die Arbeitsgruppe um Mohebbi analysierte die Daten von 854 Patienten mit erdbebenassoziierten Verletzungen aus zwölf Krankenhäusern in Teheran. Dabei wurden insgesamt 1322 Verletzungen erfasst. Daraus folgt, dass 303 Patienten zwei oder mehr Verletzungen erlitten hatten. Der ISS wurde für 791 Patienten ermittelt. 490 Patienten hatten

einen ISS zwischen 1 und 8, 207 Patienten einen ISS zwischen 9 und 15 und 94 Patienten einen ISS größer 15. Obwohl 94 Patienten polytraumatisiert waren, wurden nur 38 auf einer Intensivstation überwacht und therapiert. Die meisten Verletzungen fanden sich an den unteren Extremitäten (n = 481), davon 331 Frakturen, danach folgten in absteigender Häufigkeit Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen (n = 180), Wirbelsäulen-/Rückenmarkverletzungen (n = 156), Verletzungen der oberen Extremitäten, des Gesichts, des Thorax und des Abdomens. Die häufigsten Verletzungsarten waren Frakturen und Weichteilverletzungen (Platzwunden, Muskel-, Gefäß- und Nervenverletzungen). Es wurden 260 Operationen durchgeführt, davon 75 % orthopädisch/unfallchirurgisch. 21 Extremitäten mussten verletzungsbedingt amputiert werden. Insgesamt verstarben 14 Patienten im Krankenhaus, 11 davon auf Intensivstation (Mohebbi et al. 2012).

Emami und Mitarbeiter beschäftigten sich mit den 708 Patienten (392 männlich, 316 weiblich), die nach dem Erdbeben im Chamran Krankenhaus versorgt wurden. Das mittlere Alter der Verletzten betrug 30,5 Jahre (1,5 Monate - 70 Jahre). 152 Patienten benötigten aufgrund ihrer Verletzungen eine dringende operative Versorgung wegen instabiler Becken- oder Hüftfrakturen (n = 17), Wirbelsäulenfrakturen (n = 22), Frakturen der Extremitäten (n = 112) und ausgedehnten Weichteilverletzungen (n = 11). 39 der 151 Frakturen waren offen. 26 weitere Patienten benötigten eine nicht dringliche operative Behandlung. In dieser Gruppe lagen hauptsächlich einfache Frakturen der oberen und unteren Extremitäten vor. Die übrigen 530 Patienten wurden als leicht verletzt eingestuft. Nach Wundversorgung und ggf. Gipsanlagen konnten 350 entlassen werden. 180 Patienten mit offenen, kontaminierten Wunden wurden antibiotisch behandelt und stationär aufgenommen. Drei Patienten aus dieser Gruppe mussten wegen Kompartmentsyndromen operativ versorgt werden und bei drei weiteren Patienten mussten aufgrund nicht beherrschbarer Infektionen eine Unterschenkelamputationen vorgenommen werden. Acht Patienten mussten bei akutem Nierenversagen nach Crush-Syndrom behandelt werden. Zwei Patienten erlitten eine Fettembolie und mussten intensivmedizinisch überwacht werden. Nur einer der 708 Patienten verstarb im Chamran Krankenhaus an seinem schweren SHT (Emami et al. 2012).

#### 4.3.5 Tsunami in Sri Lanka, 2004

Am 26. Dezember 2004 ereignete sich vor der Westküste von Nordsumatra im Indischen Ozean ein schweres Erdbeben der Stärke 9,0 auf der Richterskala. Zahlreiche Anrainerstaaten des Indischen Ozeans wurden anschließend von einem schweren Tsunami getroffen. Es wird angenommen, dass durch den Tsunami mehr als 150.000 Menschen verstarben und mehr als 525.000 Menschen verletzt wurden. Der Tsunami traf Sri Lanka um 09:00 Uhr und verletzte

dort 15.256 Menschen. Mitte Januar zählte man alleine in Sri Lanka 30.920 Tote durch den Tsunami (Lim et al. 2005).

Südkorea entsandte zwei medizinische Versorgungsteams in den Süden von Sri Lanka zur Akutbetreuung der Verletzten. Beide Teams versorgten zusammen über neun Tage 4710 Patienten in verschiedenen Camps. Die Teams trafen 6 bzw. 15 Tage nach dem Tsunami in Sri Lanka ein und versorgten täglich ein bis zwei Flüchtlingslager. Der Hauptanteil der von ihnen betreuten Patientenpopulation bestand aus chronisch Kranken ( $n = 1590$ ; 33,8 %), die neue Dauermedikation oder spezielle ärztliche Betreuung benötigten. Weiterhin suchten 1310 (27,8 %) Patienten mit akuten respiratorischen Problemen nach medizinischer Hilfe. 1374 (29,2 %) Patienten benötigten Hilfe wegen verletzungsbedingter Probleme. 39 Patienten wurden wegen Durchfallerkrankungen behandelt. Bei sechs Patienten wurde eine Rippenfraktur vermutet und bei zwei Patienten eine Unterschenkelfraktur oder eine Fraktur des oberen Sprunggelenks. Im Berichtszeitraum (eine Woche nach dem Tsunami) traten keine lebensbedrohlichen Traumata auf (Lim et al. 2005).

#### 4.3.6 Hurricane Katrina in New Orleans, USA 2005

Am 29. August 2005 tobte der Hurrikan Katrina im Golf von Mexiko und überschwemmte sowohl New Orleans als auch das Umland. Mehr 2,5 Millionen Haushalte waren von Sturmschäden betroffen; 500.000 Personen verloren ihre Unterkunft. Über 1600 Menschen verstarben nach dem Hurrikan. Im Bundesstaat Louisiana lebten auch 14 Tage später, am 14. September 2005, noch 38.804 Menschen in Zelten des Amerikanischen Roten Kreuzes (Greenough et al. 2008).

Sharma und Kollegen werteten die zwischen dem 8. September und dem 22. Oktober 2005 erhobenen Patientendaten aus 8 Krankenhäusern und 21 Gesundheitseinrichtungen aus. Primäres Ziel ihrer Untersuchung war es, festzustellen, in welchem Ausmaß spezifische Notfallbehandlungseinrichtungen (Krankenhäuser, katastrophenmedizinische Erstversorgungseinrichtung, militärische Hilfseinrichtungen) von Patienten mit chronischen Erkrankungen oder Gesundheitsproblemen in Anspruch genommen wurden. Es wurden 21.673 Besuche in diesen Einrichtungen erfasst. Hiervon stellten sich 12.567 Patienten mit einer Erkrankung vor, wovon 9513 akut aufgetretene Probleme waren (z.B. Infektionen, Dehydration oder hitzebedingte Probleme). 3054 Personen wurden wegen eines Problems ihrer vorbestehenden chronischen Erkrankung behandelt. 6308 Patienten stellten sich mit Verletzungen vor. 1557 Besuche dienten der Bereitstellung benötigter Medikamente. 1241 Besuche waren Folgebesuche zum Verbandswechsel oder zur Kontrolle. 40,9 % der Besuche in der Gruppe der über 80 Jahre alten Patienten erfolgte wegen eines Problems ihrer chronischen Erkrankung. Im Gegensatz dazu waren bei Kindern und Jugendlichen nur 12,3 %

der Besuche auf eine chronische Erkrankung zurückzuführen. Die Hospitalisierungsrate lag bei den Patienten mit chronischen Erkrankungen deutlich höher als bei den Patienten mit akuten Erkrankungen oder Verletzungen (28,7 % vs. 10,9 % vs. 3,8 %). Die Hospitalisierungsrate stieg unabhängig von dem Besuchsgrund mit dem Lebensalter an (Sharma et al. 2008).

Die Patienten mit chronischen Erkrankungen wurden weiter differenziert. 53 % der Patienten mit einer chronischen Erkrankung waren weiblich und 47 % männlich. Bei den männlichen Patienten waren kardiovaskuläre Erkrankungen (n = 528), chronische Lungenerkrankungen (n = 176), Probleme mit einem vorbestehenden Diabetes mellitus (n = 110), chronische gastrointestinale Probleme (n = 107) und Zahnprobleme (n = 106) am häufigsten. Bei den weiblichen Patienten waren kardiovaskuläre Erkrankungen (n = 473), gynäkologische bzw. geburtshilfliche Probleme (n = 294), chronische Lungenerkrankungen (n = 195) und Diabetes-assoziierte Probleme (n = 99) am häufigsten. Weitere Indikationen zur Vorstellung in den medizinischen Einrichtungen waren zerebrovaskuläre Erkrankungen, hämatologische und onkologische Erkrankungen, Nierenversagen und Arthritiden (Sharma et al. 2008).

Auch Greenough und Mitarbeiter beschäftigten sich mit der Situation chronisch Kranker nach der Hurrikankatastrophe. 499 Menschen, die ihre Unterkunft verloren hatten und in einem der 103 Zelte des Amerikanischen Roten Kreuzes in Louisiana untergebracht waren, wurden zufällig ausgewählt. 57,6 % der Untersuchten waren weiblichen Geschlechts und gut 2/3 der Untersuchten lebten vor dem Hurrikan allein (Single/geschieden/verwitwet). Etwa die Hälfte der Untersuchten hatte keine Vollzeitarbeitsstelle. Der Anteil an Menschen ohne Krankenversicherung, ohne Hausarzt oder mit vorbestehender Behinderung war deutlich höher als in der amerikanischen Allgemeinbevölkerung. Führend waren folgende chronische Erkrankungen: arterielle Hypertonie (n = 170), Hypercholesterinämie (n = 86), Diabetes mellitus (n = 69), psychiatrische Erkrankungen (n = 70), chronische Lungenerkrankungen (n = 66), Magen-Darm- oder Lebererkrankungen (n = 50), Herzerkrankungen (n = 48) und Substanzabhängigkeit (n = 18). 40 - 60 % der Untersuchten führten beim Eintreffen in der Notunterkunft keine Dauermedikation mit sich. Viele der notfallmäßig untergebrachten Personen hatten bei der Aufnahme akute Erkrankungen und Verletzungen - vor allem Exsikkosen, Dyspnoen, Thoraxschmerzen, Fieber, Husten, Diarrhoen und infizierte Wunden. Etwa 15 % der Personen zeigten Symptome einer Infektionserkrankung und mussten separiert untergebracht werden. Personen mit chronischer Erkrankung zeigten dreimal öfter als Gesunde bei Ankunft im Lager akute Symptome (Greenough et al. 2008).

McNeil u.a. untersuchten die Charakteristika von Patienten, die nach dem Hurrikan in einer von 15 Notaufnahmen, disaster medical assistance teams (DMAT) und ambulanten Versorgungseinrichtungen zwischen dem 5. September und dem 11. September 2005

vorstellig wurden. Die Geschlechterverteilung war etwa 1 : 1. In dieser Woche wurden 11.424 Besuche in den angeführten Einrichtungen registriert: dies entsprach 83,6 % mehr Besuche als in der Woche vor dem Hurrikan. 376 Patienten wurden stationär aufgenommen, und fünf verstarben. 6550 Besuche erfolgten wegen Erkrankungen (gastrointestinale, respiratorische oder Hautinfektionen). Darin eingeschlossen waren aber auch 1394 medizinische Hilfesuche bezüglich der Verschreibung aufgebrauchter oder verlorener Dauermedikation. 4391 Vorstellungen fanden wegen Verletzungen statt - inklusive 1324 Tetanusimpfungen. Führende Verletzungen waren Platzwunden, Verstauchungen und Prellungen (McNeil et al. 2006).

Brunkard und Mitarbeiter beschäftigten sich mit den Todesursachen im Rahmen des Hurrikans Katrina. 971 im Zusammenhang mit dem Hurrikan verstorbene Menschen wurden erfasst (512 männlich, 459 weiblich). Über die Hälfte der Verstorbenen war älter als 75 Jahre. Die Altersspanne lag zwischen 0 und 102 Jahren. 10 % der Betroffenen waren jünger als 45 Jahre. Bei 800 Personen ließ sich eine Todesursache ermitteln: bei 387 Menschen wurde Ertrinken als Todesursache festgestellt, 246 Patienten verstarben an den Folgen eines Traumas, 338 infolge vorbestehender chronischer Erkrankungen. 107 dieser 338 Personen verstarben an Herzerkrankungen, 46 an Erkrankungen wie Diabetes mellitus, COPD, Sepsis oder einer Krebserkrankung. Bei 799 Menschen war der genaue Todeszeitpunkt dokumentiert. 650 dieser 799 Personen verstarben am Tag des Hurrikans, dem 29. August 2005. 82 weitere Menschen verstarben in der zweiten oder dritten Woche nach dem Ereignis. Die Menschen verstarben zum Großteil in ihren Wohnungen und Häusern (n = 317), 298 Menschen im Krankenhaus (n = 195) oder im Pflegeheim (n = 103) (Brunkard et al. 2008).

#### 4.3.7 Erdbeben in den Regionen Kashmir, Pakistan und Indien 2005

Am Morgen des 8. Oktober 2005 ereignete sich in den Regionen Nord Pakistan, Nord Indien und Kashmir ein Erdbeben der Stärke 7,8 auf der Richterskala. Dabei kamen mehr als 86.000 Menschen ums Leben, und über 80.000 wurden schwer verletzt. Zahlreiche Ortschaften und ein Großteil der Infrastruktur wurden durch das Erdbeben beschädigt oder vollständig zerstört (Mulvey et al. 2008).

Mulvey und Kollegen analysierten die Daten der in den ersten 72 Stunden nach dem Erdbeben in dem kleinen Militärkrankenhaus in Forward Kahuta in Kashmir stationär versorgten 468 Patienten. Dieses Krankenhaus war eines der wenigen in der Region, welches nicht durch das Erdbeben beschädigt wurde. Durch die zerstörte Infrastruktur war es in den ersten 72 Stunden nach dem Ereignis nicht möglich Kontakt zu weiteren Krankenhäusern aufzunehmen oder Patienten zu verlegen. 1502 Patienten wurden in dem Zeitraum gesehen und versorgt. Hiervon

wurden 468 stationär zur weiteren Behandlung aufgenommen (261 Männer, 207 Frauen). Etwa ein Drittel der stationär aufgenommenen Patienten war jünger als 20 Jahre. 319 Patienten wurden konservativ behandelt, während die übrigen 149 Patienten eine Operation unter Allgemeinanästhesie benötigten. 66 % aller behandelten Verletzungen waren oberflächliche Platzwunden, 22 % Frakturen und knapp 6 % Weichteilverletzungen wie Prellungen oder Verstauchungen. Viele Patienten erlitten große Weichteilwunden im Sinne großer Platzwunden im Gesicht (n = 70), am Kopf (n = 59) und im Rückenbereich (n = 42). 32,7 % dieser Wunden mussten operativ unter Allgemeinanästhesie debridiert und geschlossen werden. Es gab 266 schwere Extremitätenverletzungen (40 % an den oberen, 60 % an den unteren Extremitäten). 104 Frakturen wurden diagnostiziert und versorgt. Sechs Patienten hatten relevante abdominelle Verletzungen erlitten. Vier der sechs Patienten mussten operativ versorgt werden aufgrund von Darmperforationen. Ein Patient benötigte nach einer penetrierenden Thoraxverletzung eine Thoraxdrainage. Zwei von den 1502 gesichteten Patienten verstarben innerhalb der 72 Stunden nach schwerem SHT (Mulvey et al. 2008).

Ab dem 14. Oktober 2005 behandelte der Türkische Rote Halbmond in einem Feldkrankenhaus im Erdbebengebiet innerhalb von 10 Tagen 2892 Patienten (1522 Männer, 1370 Frauen) 1075 Patienten wurden wegen muskuloskelettaler Verletzungen behandelt. Weiterhin wurden 438 Patienten mit Atemwegsproblemen, 328 mit gastroenterologischen Problemen, 276 mit Weichteilinfektionen, 265 mit dermatologischen Problemen, 207 mit urologischen Problemen und 110 mit kardialen Erkrankungen behandelt. 363 dieser Personen waren unter 15 Jahre alt und 58 % männlich. 236 Frakturen des Beckens und der unteren Extremität wurden behandelt. Außerdem wurden 41 Wirbelsäulenfrakturen und 113 Frakturen der oberen Extremitäten versorgt (Bozkurt et al. 2007).

### 4.3.8 Erdbeben in Wenchuan, China 2008

Am 12. Mai 2008 ereignete sich im Bezirk Wenchuan in der Provinz Sichuan das schwerste Erdbeben in China seit über 40 Jahren. Die vom Erdbeben betroffene Fläche umfasste 11 Städte und 67 Bezirke mit insgesamt 29,61 Millionen Einwohnern. 69.225 Menschen verstarben bei dem Ereignis, und 96.446 Patienten mussten infolge der Katastrophe stationär behandelt werden. Aus der Datenbank des chinesischen Traumaregisters wurden retrospektiv 3401 Patienten aus elf Krankenhäusern näher betrachtet. Die Verteilung der Geschlechter war in der untersuchten Kohorte annähernd 1: 1. 392 Patienten waren unter 18 Jahre alt. 2821 Patienten erlitten die Verletzungen durch stumpfe Traumata (z.B. einstürzende Gebäude) oder durch Abstürze und Verschüttung. 812 Patienten wurden mit Mehrfachverletzungen behandelt, aber nur 119 Patienten wurden mit einem ISS > 16 als polytraumatisiert eingestuft.

Am häufigsten waren Verletzungen an den unteren Extremitäten und dem Becken ( $n = 1693$ ), gefolgt von den oberen Extremitäten ( $n = 687$ ) und dem Kopf ( $n = 690$ ). In absteigender Häufigkeit folgten Thorax- ( $n = 389$ ) und Wirbelsäulenverletzungen ( $n = 376$ ). Hauptverletzungsart waren Frakturen ( $n = 2302$ ), vor allem bei den Wirbelsäulenverletzungen ( $323/376$ ). Etwa ein Drittel aller Patienten benötigten eine operative Versorgung ( $n = 1245$ ). Hauptsächlich wurden Wund- und Frakturversorgungen durchgeführt (Qiu et al. 2010).

Lu-Ping et al. analysierten die Angaben zu 1871 verletzten stationären Patienten des People's Hospital Deyang City, das dem Erdbebengebiet nächstgelegene Level 3 Trauma Center. Die 1871 Patienten stellten sich mit 1476 Frakturen, 506 Kontusionen und 435 Weichteil- und Organverletzungen vor. Die Autoren interessierten sich vor allem für das Verletzungsprofil mehrfach Verwundeter. Sie fanden, dass 56,7 % ( $n = 1061$ ) der Patienten zwei oder mehr Verletzungen durch das Erdbeben erlitten hatten. Im Vordergrund standen Verletzungen der Extremitäten - vor allem der unteren Extremitäten ( $n = 981$ ) und des Kopfes ( $n = 728$ ). Es wurden speziell die Patienten mit zwei Verletzungen näher analysiert. Hier zeigte sich, dass 177 von 856 Patienten zwei Frakturen hatten. Bei 107 Patienten zeigten sich Frakturen und Kontusionen und bei 83 Frakturen und Platzwunden. Anatomische Regionen, in denen häufig zwei Verletzungen vorlagen, waren der Kopf ( $n = 112$ ), der Thorax ( $n = 61$ ) und die Unterschenkel ( $n = 45$ ). 52 Patienten hatten Kopf- und Unterschenkelverletzungen, 27 hatten Unterschenkel- und Fußverletzungen. Mehrfache Frakturen zeigten sich meistens in gleichen oder benachbarten anatomischen Regionen (OSG und Fuß, Ober- und Unterarm, Thorax und Lendenwirbelsäule) (Liu-Ping et al. 2012).

Gao und Kollegen betrachteten alle innerhalb der ersten 10 Tage (vom 12.-22. Mai) vom Militärkrankenhaus Nummer 903 in Jiangyou aufgenommenen erdbeben-assoziierten Polytraumata. Von den über 2.100 in diesem Zeitraum behandelten Patienten wurden 70 Patienten mit einem ISS  $> 15$  näher untersucht. Davon hatte 55 Patienten einen ISS  $> 25$ . Die 70 Patienten wiesen insgesamt 224 Verletzungen auf. Am häufigsten betroffen waren die Extremitäten ( $n = 69$ ), Kopf/Hals ( $n = 55$ ), Haut ( $n = 41$ ), Abdomen ( $n = 26$ ) und Thorax ( $n = 25$ ). 46 % aller Verletzungen waren Frakturen, vorwiegend der Extremitäten. 152 Operationen waren erforderlich, von denen 85,5 % unfallchirurgisch waren. 13 Extremitäten mussten amputiert werden. 3,3 % der Operationen betrafen das Abdomen und 3,9 % den Thorax. 21 der 70 polytraumatisierten Patienten verstarben in den ersten 72 Stunden nach dem Erdbeben. Haupttodesursachen waren respiratorisches Versagen, schweres SHT und hämorrhagischer Schock. Schwere Thorax- und Extremitätenverletzungen (AIS  $> 3$ ) lagen bei den Verstorbenen vor. Die Verstorbenen hatten im Vergleich zu den Überlebenden einen signifikant höheren ISS (Gao et al. 2012).

#### 4.3.9 Hurricanes Gustav und Ike, USA 2008

Am 1. September 2008 traf der Hurrikan Gustav auf die Südküste der USA und richtete in Louisiana und den Staaten der Golfküste großen Schaden an. Über 2 Millionen Bewohner der Region mussten evakuiert werden. Knapp 14 Tage später erschütterte ein weiterer Hurrikan die amerikanische Südküste. Hurrikan Ike erreichte am 13. September den Bundesstaat Texas.

Noe u.a. analysierten die Daten der vom amerikanischen Roten Kreuz in 119 Außenstellen (vor allem in provisorisch errichteten Zeltstädten) in Louisiana, Texas, Tennessee und Mississippi zwischen dem 28.08 und 18.10.2008 betreuten Personen. In diesem Zeitraum wurden 3863 Patientenkontakte erfasst (1693 männlich, 1871 weiblich). Der Großteil der Patienten (n = 2352) war zwischen 19 und 64 Jahre alt. Nur 185 Kinder unter zwei Jahren und 329 Patienten über 65 Jahre wurden versorgt.

Von den Hilfesuchenden wurden 5602 Gründe angegeben, warum man medizinischer Hilfe bedurfte. 52 % der Besuche erfolgten wegen akuter Symptome oder Krankheiten, 16 % wegen Routinekontrollen, 15 % wegen exazerbierter chronischer Krankheiten und 15 % wegen Verletzungen. 60 % der akuten Erkrankungen waren Schmerzen (n = 949) in Kopf, Bauch oder Muskeln oder Beschwerden der oberen und unteren Atemwege (n = 885). Bei den 410 Personen mit abdominellen Beschwerden waren Übelkeit, Erbrechen und Durchfall führend. Fieber (n = 54) und Hautprobleme (n = 271) waren weitere häufige Gründe für das Aufsuchen der Betreuungseinrichtungen.

Unter den 894 Besuchen aus Routinegründen führten Blutdruckkontrollen (n = 284), fehlende Dauermedikation (n = 282) und Blutzuckerkontrollen (n = 104). Weiterhin kamen Patienten wegen notwendiger Verbandswechsel (n = 84) und Schwangerschaftskontrollen (n = 18). Hinsichtlich der exazerbierten chronischen Erkrankungen fanden sich vor allem arterielle Hypertonie (n = 220), Diabetes mellitus (n = 174) und Asthma bronchiale (n = 70). Weiterhin kamen Patienten wegen Arthrose (n = 36) und zerebralen Anfallsleiden (n = 34). 305 Patienten stellten sich mit psychiatrischen Problemen vor. Führend waren hier Zustände der Agitation und Depression (n = 145, bzw. n = 70), gefolgt von Drogen- oder Alkoholintoxikation (n = 18), sowie akute Suizidalität (n = 15).

Als letzte Gruppe wurden Verletzungen erfasst. Hier waren Platz- und Schnittwunden führende Vorstellungsgründe. Darüber hinaus stellten sich die Patienten nach Stürzen (n = 112), Stichen und Bissen (n = 106), Verstauchungen (n = 47) und Prellungen (n = 61) vor. Frakturen (n = 22), SHT (n = 2) und Luxationen (n = 4) waren eher seltene Vorstellungsgründe in dieser Kategorie (Noe et al. 2013).

#### 4.3.10 Erdbeben in Yushu, China 2010

Am 14. April 2010 ereignete sich in der Präfektur Yushu in der Provinz Qinghai, China, ein Erdbeben der Stärke 7,1 auf der Richter-Skala. Die Akten von 3255 stationär behandelten Patienten aus 57 Krankenhäusern wurden ausgewertet. 2622 dieser Patienten wurden wegen erdbeben-assoziiertes Verletzungen versorgt; 633 Patienten wurden mit nicht traumabedingten Erkrankungen behandelt. 54,8 % der Patienten waren Männer (medianes Alter 36 Jahre) und 45,2 % Frauen (medianes Alter 34 Jahre). Das mittlere Alter betrug 35,42 Jahre.

Zu den häufigsten Verletzungen zählten Frakturen (n = 1431) und Weichteilverletzungen. Häufigste Verletzungslokalisationen waren die unteren Extremitäten inklusive Becken (36 %), gefolgt von Thorax (13,3 %), den oberen Extremitäten (12,1 %), der Wirbelsäule (11,6 %) und dem Kopf (10,1 %). Die häufigsten Frakturlokalisationen waren Frakturen der unteren Extremitäten (27,9 %), der Wirbelkörper (17,4 %) und des Beckens (15,4 %). 195 Patienten (13,6 %) erlitten mehrfache Frakturen. Von den 101 Patienten mit Crush-Verletzungen entwickelten nur 23 ein Crush-Syndrom (> 1 % aller Patienten). Auch Verbrennungen und Verbrühungen wurden nur bei 43 Patienten behandelt.

Von den 657 stationär behandelten Personen ohne Trauma zeigten etwa ein Fünftel aller Patienten (n = 143) respiratorische Probleme; hierunter war Pneumonie die häufigste Diagnose (n = 101). 256 Patienten stellten sich mit milder bis schwerer Höhenkrankheit vor. Dies betraf vor allem die Rettungskräfte, die ohne große Vorbereitung oder Training sehr schnell in die betroffenen, teils sehr hoch gelegenen, Gebiete reisen mussten. Zu den wichtigen nicht traumatischen Erkrankungen zählten gynäkologische und/oder geburtshilfliche Krankheitsbilder (8,1 %), Probleme des Magen-Darm-Trakts (7,5 %) und kardiale Probleme (5,8 %).

Insgesamt verstarben sieben Patienten im Krankenhaus (0,2 %). Drei Todesfälle ereigneten sich in den ersten zwei Tagen, und vier Patienten starben an einer erdbebenbedingten Verletzung: zwei verstarben an akutem Nierenversagen bei Crush-Syndrom, einer an einem schwerem Schädel-Hirn-Trauma und einer nach zervikaler Querschnittslähmung an Multiorganversagen. Eine nicht-traumatische Todesursache war eine schwere Pneumonie mit respiratorischer Insuffizienz. Zwei Patienten verstarben an den Komplikationen ihrer onkologischen Grunderkrankungen (Kang et al. 2012).

#### 4.3.11 Erdbeben in Haiti 2010

Am 12. Januar 2010 um 16:53 Uhr ereignete sich auf der Insel Haiti ein erhebliches Erdbeben der Stärke 7,0. Hierbei starben 222.570 Menschen und 300.000 wurden verletzt.

Die Israel Defence Force betrieb in Haiti ab dem 16.1.2010 für zehn Tage ein Feldkrankenhaus und versorgte in dieser Zeit 1111 Patienten. 70 Patienten wurden wegen unvollständiger Daten nicht weiter betrachtet. 684 der 1041 näher untersuchten Patienten wurden mit 841 Verletzungen behandelt. Bis auf sieben Schusswunden waren alle anderen Verletzungen durch das Erdbeben verursacht. Frakturen und Weichteilverletzungen stellten die Hauptverletzungsarten dar. 320 Patienten erlitten 360 Frakturen, von denen 99 offen waren. 18 Patienten hatten Luxationen. 227 Frakturen betrafen die unteren Extremitäten, 80 die oberen Extremitäten und 11 den Beckenbereich. Wirbelsäulen- und Schädelfrakturen fanden sich bei 11 Patienten. Weiterhin gab es 315 Weichteilverletzungen, 98 Kontusionen, 22 Amputationen, 16 Verbrennungen und 12 innere Verletzungen. Die 22 Amputationen betrafen zu gleichen Teilen die oberen und unteren Extremitäten. Es gab sowohl traumatisch bedingte als auch operative Amputationen. Wegen der hohen Anzahl an Extremitätenverletzungen hatten viele Patienten auch chronische Kompartmentsyndrome. Die genaue Anzahl war wegen der eingeschränkten Diagnostikmöglichkeit nicht zu quantifizieren. Acht Patienten entwickelten eine Rhabdomyolyse unter einem Crush-Syndrom. Vier dieser Patienten verstarben, zwei wurden verlegt, und zwei erholten sich. In den zehn Tagen wurden 221 Operationen vorgenommen. Alle offenen Frakturen wurden antibiotisch behandelt. Von den 1111 aufgenommenen Patienten verstarben im Untersuchungszeitraum 17 Patienten. Todesursachen waren Multiorganversagen nach Crush-Syndrom, Sepsis und Nierenversagen nach Rhabdomyolyse (Bar-On et al. 2011).

Die Universität von Miami baute am 13. Januar 2010 das erste Feldkrankenhaus in Port-au-Prince in Haiti auf. Zusammen mit dem amerikanischen Center for Disease Control and Prevention wurden retrospektiv verfügbare, vollständige medizinische Akten ausgewertet. Daten von Patienten, die zwischen dem 13. Januar und dem 28. Mai versorgt werden konnten, wurden einbezogen. Hotz u.a. werteten die Daten von 1369 aufgenommenen Patienten aus. 788 Patienten wiesen keine Verletzungen auf, sondern primär akute Erkrankungen, gefolgt von kardialen bzw. respiratorischen Probleme vorbestehender Erkrankungen. Genauer untersucht wurden die Traumata. 162 der 581 Patienten hatten erdbeben-assoziierte Verletzungen: 227 Frakturen, 169 Wundinfektionen, 104 Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen und 40 Verbrennungen. Außerdem hatten 50 Patienten Crush-Verletzungen. 413 Operationen, führend Wunddebridement und unfallchirurgische Eingriffe fanden statt. 45 Amputationen waren notwendig. 17 Patienten verstarben im Behandlungsverlauf (Hotz et al. 2011).

Smith und 15 Mitarbeiter trafen als eine Art Schnelleinsatzgruppe am vierten Tag nach dem Erdbeben in einem kleinen Krankenhaus 80 Meilen entfernt von Port-au-Prince an und versorgten 14 Tage lang zahlreiche Erdbebenopfer. Sie entwickelten ein sechsstufiges Triage-system, dass sie im Rahmen der Versorgung von 142 Traumapatienten anwandten. Zum

Zeitpunkt ihrer Ankunft waren bereits zahlreiche Patienten mit schweren Kopf-, Thorax- oder abdominellen Verletzungen verstorben. Aufgrund der erst protrahiert anlaufenden und qualitativ schlechten medizinischen Versorgung wiesen beim Eintreffen des Teams viele Patienten bereits Wundinfekte oder eine beginnende Sepsis auf. Zahlreiche Patienten befanden sich durch muskuloskelettale Verletzungen oder deren Komplikationen in einem lebensbedrohlichen Zustand. Die Verletzungsmuster waren wie folgt verteilt: 22 geschlossene Femurfrakturen, 13 Beckenringverletzungen, 13 geschlossene Tibiafrakturen und 9 nicht weiter spezifizierte Frakturen der unteren Extremitäten. Weiterhin lagen 42 offene Frakturen, 2 Acetabulumfrakturen und 2 Rippenserienfrakturen vor. Viele Patienten hatten schwere Weichteilverletzungen (17 große Wunden, 11 Kompartmentsyndrome und viele geschlossene Verletzungen). Weiterhin wurden 4 Patienten mit schweren Kopfverletzungen, 2 mit abdominellen Verletzungen und 3 mit Verbrennungen behandelt. Vier Patienten waren paraplegisch und 2 tetraplegisch infolge von Wirbelsäulenfrakturen. Von 90 primär als amputationsgefährdet eingestuften Patienten mussten nur 12 Extremitäten tatsächlich amputiert werden. 12 der 142 Patienten verstarben an Sepsis, Tetanusinfektion, massiver Lungenembolie, akutem Nierenversagen nach Rhabdomyolyse bei Kompartmentsyndrom oder respiratorischer Insuffizienz nach hoher Halswirbelsäulenfraktur (Smith et al. 2012).

### 4.3.12 Erdbeben in Nepal 2015

Am 25. April 2015 ereignete sich in Nepal nahe der Hauptstadt Kathmandu ein schweres Erdbeben, gefolgt von einem Nachbeben am 12. Mai 2015. Hierbei wurden circa 22.000 Menschen in den 14 meistbetroffenen Regionen verletzt und 8699 Menschen getötet. Es wurden 1085 Gesundheitseinrichtungen komplett oder inkomplett zerstört. 2778 Patienten mussten chirurgisch versorgt werden und mehr als 1500 Patienten benötigten langfristige Pflege und Rehabilitation (World Health Organisation 2015).

In einem Feldkrankenhaus der Israel Defense Force (IDF) in Kathmandu wurden 1506 Patienten behandelt. Von denen hatten 388 (26 %) Verletzungen, die in Bezug zum Erdbeben in Nepal standen. Die meisten Patienten wurden wegen muskuloskelettaler Verletzungen vorstellig (315 Patienten, 81 %). 110 Patienten (28,4 %) erlitten Frakturen, hauptsächlich an den Extremitäten (73 %), 37 Frakturen waren als offene Frakturen klassifiziert. 57 Patienten (18 %) mussten operativ versorgt werden. Bei 6 von 315 (2 %) Patienten musste eine Extremität teil- oder total amputiert werden (Bar-On et al. 2016).

Die Singapur Armed Forces entsandten ein Team zur Unterstützung der medizinischen Versorgung. Das Team versorgte in neun Tagen 3014 Patienten (1286 männlich, 1728 weiblich). 813 Patienten waren jünger als 18 Jahre. 574 Patienten erlitten Verletzungen, die

unmittelbar mit dem Erdbeben in Zusammenhang standen. Führend waren muskuloskeletale Verletzungen gefolgt von respiratorischen und gastrointestinalen Erkrankungen. Unter den muskuloskeletalen Verletzungen fanden sich hauptsächlich Platzwunden, Frakturen und Weichteilschäden. Bei Kindern waren respiratorische Erkrankungen führend. Bei einer signifikanten Anzahl von Patienten mit Atemwegssymptomen bestand eine chronische Lungenerkrankung wie Asthma oder COPD. 36 Patienten hatten psychische Symptome wie depressive Episoden oder posttraumatische Belastungsreaktionen. In der Gruppe der Verletzten ohne direkten Erdbebenbezug war die Verteilung der Krankheiten insgesamt vergleichbar (Ho et al. 2016).

Das Dhulikhel Krankenhaus im Distrikt Kavrepalanchok ist ein universitäres Krankenhaus mit 375 Betten. Hier wurden über 21 Tage nach dem ersten Erdbeben in Nepal sämtliche 2003 versorgten Notfallpatienten registriert und verfolgt. 1395 (70 %) Patienten stellten sich mit erdbeben-assoziierten, 396 mit nichterdbeben-assoziierten Erkrankungen und 212 mit Schwangerschaftsproblemen vor. In der ersten Woche kamen 896 Patienten notfallmäßig ins Haus, 820 mit erdbebenassoziierten Problemen (91 %). In der zweiten und dritten Woche reduzierte sich die Zahl der neuen Fälle um etwa 50 %, aber die Zahl der nichterdbeben-assoziierten Probleme verdoppelte sich. Hier handelte es sich hauptsächlich um infektiöse Erkrankungen. Für 815 erdbeben-assoziierte Verletzungen war eine Diagnose dokumentiert. Auch im Krankenhaus Dhulikhel waren hauptsächlich muskuloskeletale Verletzungen der Extremitäten dokumentiert (68 % aller Verletzungen), meistens Frakturen (58 %). Bauch- (2,5 %) und Thoraxtraumata (4 %) waren relativ selten, wobei allerdings jeweils 25 % der Thorax- und Abdominaltraumata mit inneren Blutungen einhergingen. Kopf- und Wirbelsäulentraumata (meistens Frakturen) stellten jeweils 10 % der Diagnosen dar. Die Schädel-Hirn-Traumata gingen in 44 % der Fälle mit einer Blutung einher, von denen 29 % in einem neurochirurgisch höher qualifizierten Krankenhaus behandelt werden mussten. 3 % aller Verletzungen gingen mit einer Zerquetschung einher und insgesamt 2 % aller Verletzungen entwickelten ein Kompartmentsyndrom. Bei 0,4 % musste eine Amputation im Extremitätenbereich vorgenommen werden. Im Untersuchungszeitraum von 21 Tagen wurden 300 orthopädisch/unfallchirurgische Operationen durchgeführt und mehr als 100 schwere Erkrankungen behandelt. Nichterdbeben-assoziierte Erkrankungen waren ab der zweiten Woche nach dem Erdbeben führend. 30 % der Patienten stellten sich mit infektiösen Erkrankungen wie Gastroenteritis, Pneumonie oder urogenitalen Infektionen vor. Auch chronisch kranke Patienten mit COPD, KHK und Diabetes mellitus stellten sich ab der zweiten Woche wieder vermehrt vor. Hinzu kommt in dieser Gruppe der nicht unerhebliche Anteil an Patienten mit psychischen Problemen bis hin zum Suizid (Giri et al. 2018).

Das chinesische rote Kreuz betrieb in der zweiten Woche nach dem Erdbeben ein Feldhospital. Die Daten der 108 pädiatrischen Patienten aus der einwöchigen Behandlungszeit

wurden näher betrachtet. Chirurgisch standen Wundversorgungen (n = 7) im Vordergrund. Insgesamt führend waren allerdings Infektionen des Respirationstrakts (n = 45), des Gastrointestinaltrakts (n = 20) und der Haut (n = 18) (Wang et al. 2016).

## **5 Diskussion**

### **5.1 Überblick über die dargestellten Katastrophen und Großschadenslagen**

#### **5.1.1 Allgemeine Daten zur Anzahl und Art der Schadenslagen**

In der vorliegenden Arbeit wurden 26 Katastrophen und Großschadenslagen im Zeitraum zwischen 1998 und 2018 hinsichtlich der Anzahl und Art der Verletzungen und Erkrankungen analysiert. Es wurden 12 Naturkatastrophen, 9 technisch bedingte und 5 durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg verursachte Katastrophen und Großschadenslagen untersucht. Unter den 12 Naturkatastrophen sind 7 Erdbeben, ein Tsunami und 4 Stürme oder Orkane zu finden. Unter den 5 durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg verursachten Katastrophen und Großschadenslagen finden sich drei „konventionelle Anschläge“, ein Anschlag mit Flugzeugen und eine Massenpanik. Unter den technisch bedingten Katastrophen finden sich eine Explosion von Chemikalien, ein Zugunfall, ein eingestürztes Gebäude, ein Großbrand in einem Gebäude, ein Flugzeugabsturz, ein Chemieunfall und 3 Schienengefahrgutunfälle. Es wurden 39 Fallberichte aus den verschiedenen Schadenslagen gesichtet und analysiert.

#### **5.1.2 Anzahl und demographische Angaben zu den Patienten**

In den näher betrachteten Katastrophen und Großschadenslagen wurden etwa 1.164.000 Menschen verletzt, und 582.000 Patienten verstarben. Zu 109.826 Patienten liegen für die vorliegende Arbeit relevante medizinische Daten vor.

In 23 Arbeiten wurde die Geschlechterverteilung der Betroffenen und Patienten angeführt. Beide Geschlechter waren nahezu gleich häufig vertreten.

In 14 Fallberichten wurden Angaben zur Anzahl an verletzten Kindern und Jugendlichen gemacht. In diesen Arbeiten finden sich Daten zu 3455 Kindern. In den meisten anderen Untersuchungen gibt es Angaben zum mittleren Alter der Patienten, und eine Spanne zwischen jüngstem und ältestem Patienten wird angegeben. Wang und Mitarbeiter beschrieben im Zusammenhang mit dem Erdbeben in Nepal, dass die führenden medizinischen Probleme von Kindern vor allem Infektionen der Atemwege, des Gastrointestinaltrakts und der Haut betrafen.

Hier wurde bei 95 Kindern auch nach dem Alter differenziert. Jünger als sechs Jahre waren 40 von 95 Kindern (Wang et al. 2016).

In 14 Publikationen werden 792 polytraumatisierte Patienten mit einem ISS > 15 oder einem AIS > 4 beschrieben. Diese verteilen sich wie folgt auf die drei Kategorien von Katastrophen: 160 Polytraumatisierte nach technisch bedingten Katastrophen, 168 Patienten nach Katastrophen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg und 464 Personen nach Naturkatastrophen. Setzt man diese Zahlen in Zusammenhang zu der dokumentierten Gesamtzahl an Verletzten und Erkrankten, zeigt sich, dass in der Kategorie der technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen mit 8,4 % am häufigsten polytraumatisierte Patienten behandelt und dokumentiert wurden. In der Kategorie der Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg sind 4,8 % der Verletzten und Erkrankten als polytraumatisiert dokumentiert. Abschließend sind in der Kategorie der Naturkatastrophen nur 0,4 % der Patienten als polytraumatisiert dokumentiert worden.

Es fehlen strukturierten Darstellungen zu Verletzungen und Erkrankungen speziell von Kindern. Eine genauere Analyse der pädiatrischen Patienten wird nur möglich, wenn die angegebenen demographischen Daten detaillierter dargestellt werden bzw. wenn der Studienschwerpunkt auf der Erfassung der medizinischen Probleme der Kinder liegt.

### 5.1.3 Anzahl, Ort und Zeitpunkt des Todes, sowie die Todesursache

In 28 Publikationen gibt es Aussagen zu verstorbenen Patienten. Zu beachten ist allerdings, dass hier meistens nicht die Gesamtzahl, der im Rahmen des Katastrophenereignisses Verstorbenen angegeben wurde, sondern nur die Anzahl an Verstorbenen der jeweils betrachteten Subgruppe (z.B. alle verstorbenen Patienten, die in einem bestimmten Krankenhaus behandelt wurden). Hier wurden 714 Verstorbene dokumentiert. Zusätzlich dokumentierten Brunkard und Mitarbeiter 986 Tote und deren Todesursache nach Hurrikan Katrina (Brunkard et al. 2008), Tröger und Kleemann 98 Tote nach dem ICE Zugunglück in Eschede (Tröger und Kleemann 1999) und Papadopoulos und Kollegen 111 Tote nach dem Erdbeben bei Athen (Papadopoulos et al. 2004).

In der vorliegenden Arbeit liegen also Daten zu 1909 Verstorbenen nach Katastrophen und Großschadenslagen vor. Auf 85.515 Verletzte und Erkrankte aus den 28 Publikationen kommen - wie oben angeführt - 714 Tote. Die Gesamtsterblichkeit beträgt damit 0,83 %. Die Toten aus den 3 rein pathologisch/rechtsmedizinischen Reporten sind hierbei nicht berücksichtigt.

In 14 Arbeiten werden Zeitpunkt und Ort des Todes näher spezifiziert. Von 1485 insgesamt Verstorbenen verstarben 1127 bereits vor Erreichen eines Krankenhauses. 76 % waren somit bereits beim Eintreffen der Rettungskräfte tot aufgefunden worden oder verstarben auf dem Weg ins Krankenhaus. Die übrigen 358 Personen verstarben während der Behandlung im Krankenhaus. Der reale Wert, der vor Eintreffen im Krankenhaus Verstorbenen könnte sogar noch höher liegen, da allein in der Studie von Brunkard und Mitarbeitern 986 der in der vorliegenden Arbeit erfassten 1485 Verstorbenen beschrieben wurden (Brunkard et al. 2008). Dies könnte den Wert methodisch im Sinne eines Selektionsbias verzerren. Rechnet man ohne Brunkards et al. Daten, so liegt der Anteil der präklinisch Verstorbenen bei 89 %.

In einigen Arbeiten wurden auch die Todesursachen analysiert. Insgesamt sind für 827 Fälle Todesursachen dokumentiert. Führende Todesursachen in den beobachteten Katastrophen und Großschadenslagen waren: Ertrinken, Polytrauma, kardiale Ursachen, SHT, Asphyxie und hämorrhagischer Schock. Weitere Todesursachen waren: respiratorische Insuffizienz, akutes Nierenversagen nach Crush-Syndrom, Multiorganversagen, Suizid. Auch Todesfälle durch chronische Vorerkrankungen wie Malignome, COPD oder Diabetes mellitus sind beschrieben.

#### 5.1.4 Ambulant/stationär und Injury/Non injury condition

In 15 Publikationen sind Angaben dazu vorhanden, wie viele Patienten stationär behandelt werden mussten und wie viele ambulant behandelt werden konnten. 14.070 Patienten konnten nach der Erstversorgung aus dem Krankenhaus entlassen werden. 8401 Patienten mussten stationär behandelt werden. Kang et al., Gao et al. und Qiu et al. betrachteten in ihren Untersuchungen allerdings nur stationäre Patienten (Kang et al. 2012, Gao et al. 2012, Qiu et al. 2010). Betrachtet man nun nur die Arbeiten, in denen sowohl ambulante als auch stationär behandelte Patienten gelistet wurden, so ergibt sich dabei ein Verhältnis von ambulant zu stationär von 8,4:1.

Der Grund für das Aufsuchen einer Behandlungseinrichtung nach einer Katastrophe wurde unter verschiedenen Aspekten untersucht. Grob unterteilt stellten sich die Menschen wegen einer direkt in Bezug zur Katastrophe stehenden Erkrankung/Verletzung vor oder wegen einer nicht in direktem Bezug zur Katastrophe stehenden Erkrankung. Zur ersten Kategorie zählen vor allem Traumata durch die Katastrophe (z.B. Sturz durch Erdbeben, Ertrinken nach Sturmflut, etc.). Zur zweiten Kategorie zählen alle anderen Verletzungen und Erkrankungen, zum Beispiel auch der Verlust der Dauermedikation, Blutdruckmessungen bei bekannter arterieller Hypertonie oder Schwangerschaftsvorsorgen. 45.431 Vorstellungen in Krankenhäusern oder Notlazaretten zählten in den ausgewerteten Publikationen zur ersten Kategorie. 72.146 Personen stellten sich dort wegen Problemen der zweiten Kategorie vor.

Für die Planungen von Katastrophenschutzbehörden und Hilfsorganisationen ist es somit wichtig zu berücksichtigen, dass nach Großschadenslagen nicht nur mit Traumapatienten zu rechnen ist, sondern auch mit einer großen Anzahl von Patienten ohne Verletzungen.

## 5.2 Vorstellungsründe in medizinischen Behandlungseinrichtungen in Katastrophen und Großschadenslagen

Die 10 häufigsten Vorstellungsründe für Patienten, sich bei einer Katastrophe oder Großschadenslage in einer medizinischen Behandlungseinrichtung vorzustellen, sind in der folgenden Abbildung dargestellt:



Abbildung 6: Die 10 häufigsten Vorstellungsründe in medizinischen Behandlungseinrichtungen in Katastrophen und Großschadenslagen

Die Kategorien beinhalten folgendes:

- **Weichteilschaden:** Wunden, Prellungen, Verstauchungen, Kompartmentsyndrome, Crush-Syndrome, etc.
- **Haut/Wundinfekte:** hauptsächlich infektiöse Hautveränderungen, Wundinfekte, etc.
- **Herz-Kreislauf:** ACS, hypertensive Entgleisungen, Endokarditiden, etc.

- **Nachuntersuchungen:** Wiedervorstellung zum Verbandswechsel, Vorstellung wegen fehlender oder verlorener Medikation, fehlende Hilfsmittel wie Rollstuhl oder Heimsauerstoff, Kontrolle von Blutdruck und Blutzucker
- **Fraktur allgemein:** Frakturen ohne Angabe einer anatomischen Lokalisation
- **Respirationstrakt:** Infektionen der oberen und unteren Atemwege, Exazerbationen chronischer Lungenerkrankungen, etc.
- **Magen-Darm:** hauptsächlich infektiöse Magen-Darm-Erkrankungen
- **Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzung allgemein:** Alle Verletzungen in der benannten anatomischen Region, keine weitere Differenzierung in z.B. Wunden, Frakturen, Organverletzungen
- **Extremitätenverletzungen allgemein:** Alle Verletzungen in der benannten anatomischen Region, keine weitere Differenzierung in z.B. Wunden, Frakturen, Organverletzungen

Somit sind die führenden medizinischen Probleme nach Katastrophen Weichteilschäden, Frakturen, kardiale Probleme, Nachuntersuchungen und infektiöse Erkrankungen der Atemwege und des Magen-Darm-Traktes.

Hinsichtlich der Methodik ist die uneinheitliche Dokumentation unterschiedlicher Autoren anzumerken. Es ist anzunehmen, dass die Kategorien Weichteilschaden, Haut/Wunden und Extremitätenverletzung allgemein mehr oder weniger zusammenfassbar sind zu einer übergeordneten Kategorie Weichteilschaden. Fraktur allgemein und Extremitätenfraktur sind prinzipiell ebenfalls zusammenfassbar. In den Kategorien Extremitätenverletzung allgemein und in Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzung allgemein werden weitere, nicht näher differenzierte Frakturen zu vermuten sein.

### 5.2.1 Anatomische Lokalisation der Verletzungen

Betrachtet man die anatomische Lokalisation der beschriebenen Verletzungen in den ausgewerteten Arbeiten, so zeigt sich folgende Verteilung:

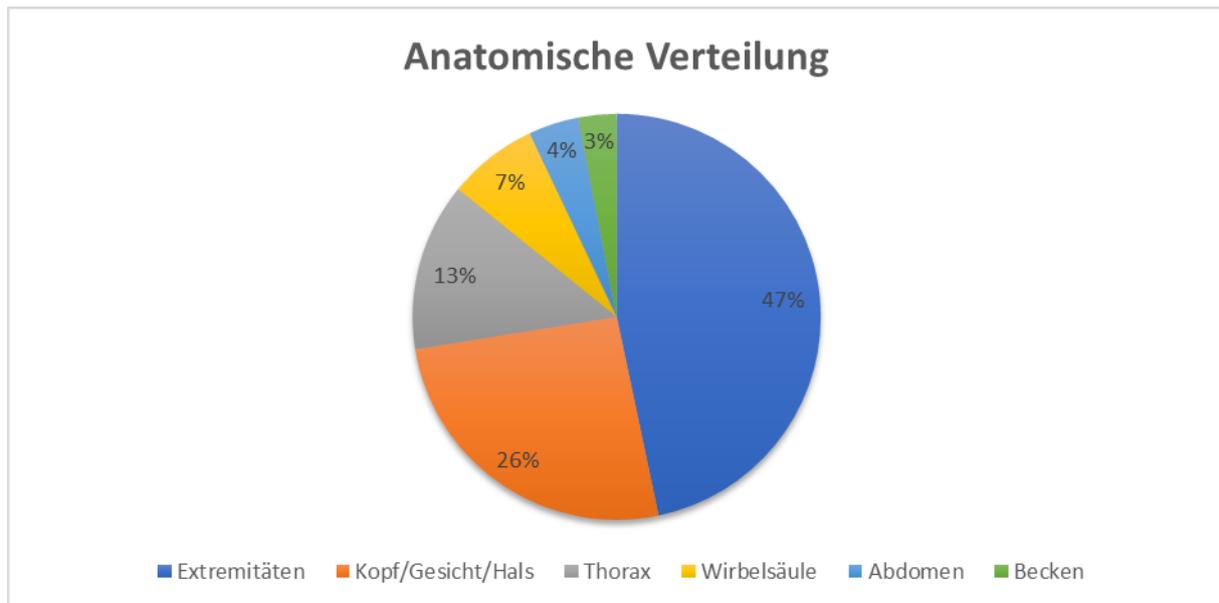


Abbildung 7: Anatomische Lokalisation von Verletzungen nach Katastrophen /Großschadensereignissen

Tabelle 7: Verteilung der Verletzungslokalisierung

n	Prozent	Verletzungslokalisierung
7860	47	Extremitäten
4329	26	Kopf/Gesicht/Hals
2254	13	Thorax
1203	7	Wirbelsäule
668	4	Abdomen
512	3	Becken

In einigen Artikeln werden die Verletzungen der Extremitäten noch in obere und untere Extremitäten unterteilt. Mulvey et al. fanden mehr Verletzungen (60 %) an den unteren als an den oberen (40 %) Extremitäten (Mulvey et al. 2008). Kang und Kollegen fanden 36 % aller Verletzungen an den unteren Extremitäten und im Vergleich dazu nur 12 % aller Verletzungen an den oberen Extremitäten (Kang et al. 2012).

Hinzu kommen 792 polytraumatisierte Patienten mit mehreren Verletzungen in unterschiedlichen anatomischen Regionen. Diese sind nicht Teil der angeführten Lokalisation, da es in der Regel keine detaillierte Beschreibung der Verletzungsmuster Polytraumatisierter gab. 30.901 weitere Verletzungen konnten aufgrund fehlender entsprechender Angabe keiner der Lokalisation zugeordnet werden.

Die Zuordnung der anatomischen Lage ist durch die sehr unterschiedliche Zuordnung einzelner Verletzungen erschwert. Auch die Detailtiefe der Aufschlüsselung erscheint nur wenig einheitlich. Manche Autoren führt die Verletzung nur nach anatomischer Verteilung auf.

Andere gehen mehr ins Detail und differenzieren die anatomische Verteilung weiter zum Beispiel in Fraktur, Weichteil- und Organverletzungen. Ob zum Beispiel Verletzungen der Scapula zur oberen Extremität oder zur Thoraxregion gehören wird nicht einheitlich beurteilt. Auch Beckenverletzungen werden einmal extra aufgeführt, ein anderes Mal zu Verletzungen der unteren Extremität gezählt. Dies bedeutet, dass die Anzahl an Beckenverletzungen höher wie hier angegeben sein wird.

### 5.2.2 Verletzungsbedingte Gründe, sich in einer medizinischen Behandlungseinrichtung vorzustellen

Betrachtet man die Häufigkeit des Auftretens der verschiedenen Verletzungsarten, so zeigt sich das folgende Bild:

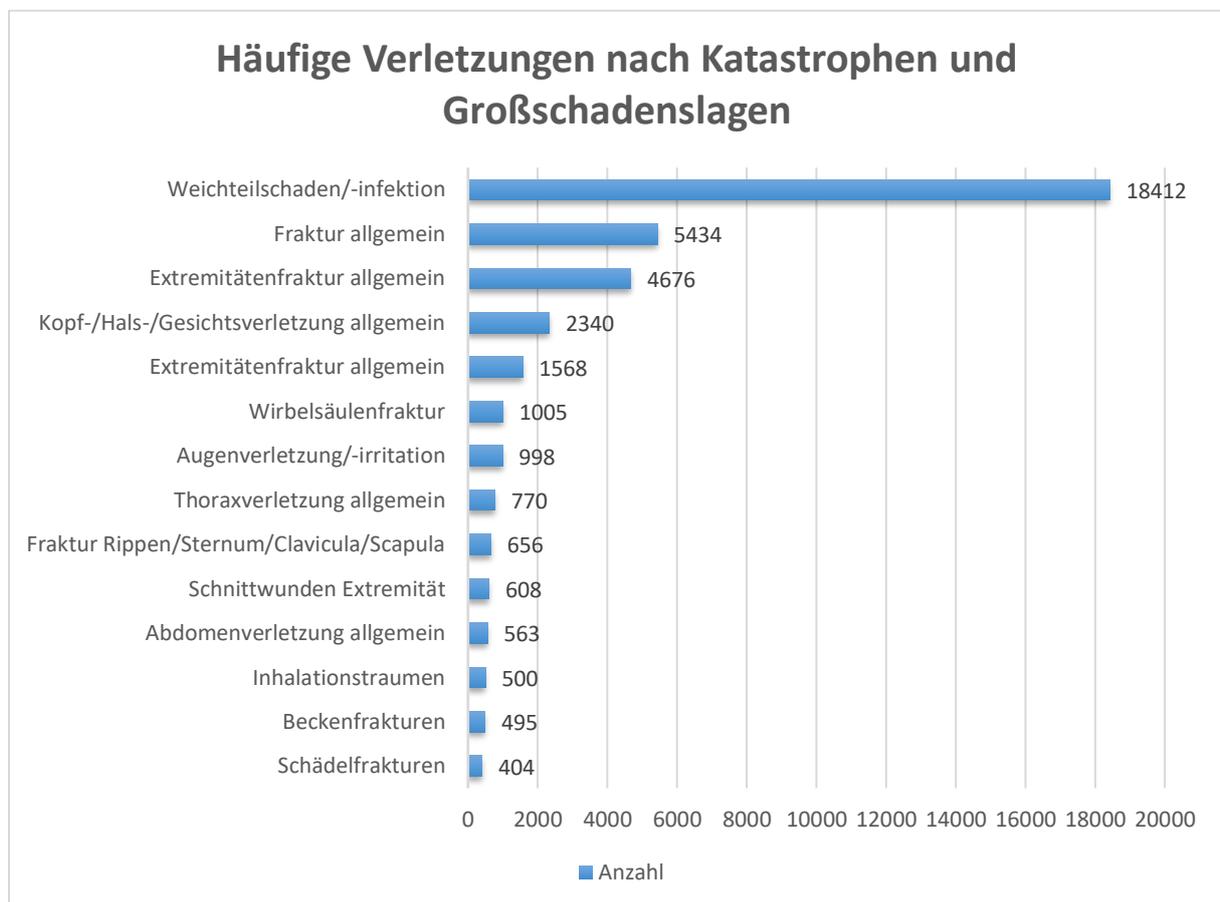


Abbildung 8: Häufige Verletzungen nach Katastrophen/Großschadenslagen

Führende Verletzungen bei Katastrophen und Großschadenslagen betreffen somit Weichteilverletzungen und Frakturen, beides vor allem an den Extremitäten.

### 5.2.3 Nicht verletzungsbedingte Gründe, sich in einer medizinischen Behandlungseinrichtung vorzustellen

Gerade in großflächigen, langandauernden und mit zerstörter Infrastruktur verbundenen Katastrophensituationen zeigt sich, dass sich die Gründe für die Vorstellung in einer medizinischen Behandlungseinrichtung zunehmend von akuten Verletzungen zu anderen Erkrankungen verändern. Giri und Mitarbeiter zeigten für das Erdbeben in Nepal, dass in dem untersuchten Krankenhaus nicht verletzungsbedingte Erkrankungen ab der zweiten Woche nach der Katastrophe führend vor verletzungsbedingten Besuchen zunahm (Giri et al. 2018).

Im Folgenden sind die 12 häufigsten Erkrankungen aufgelistet:

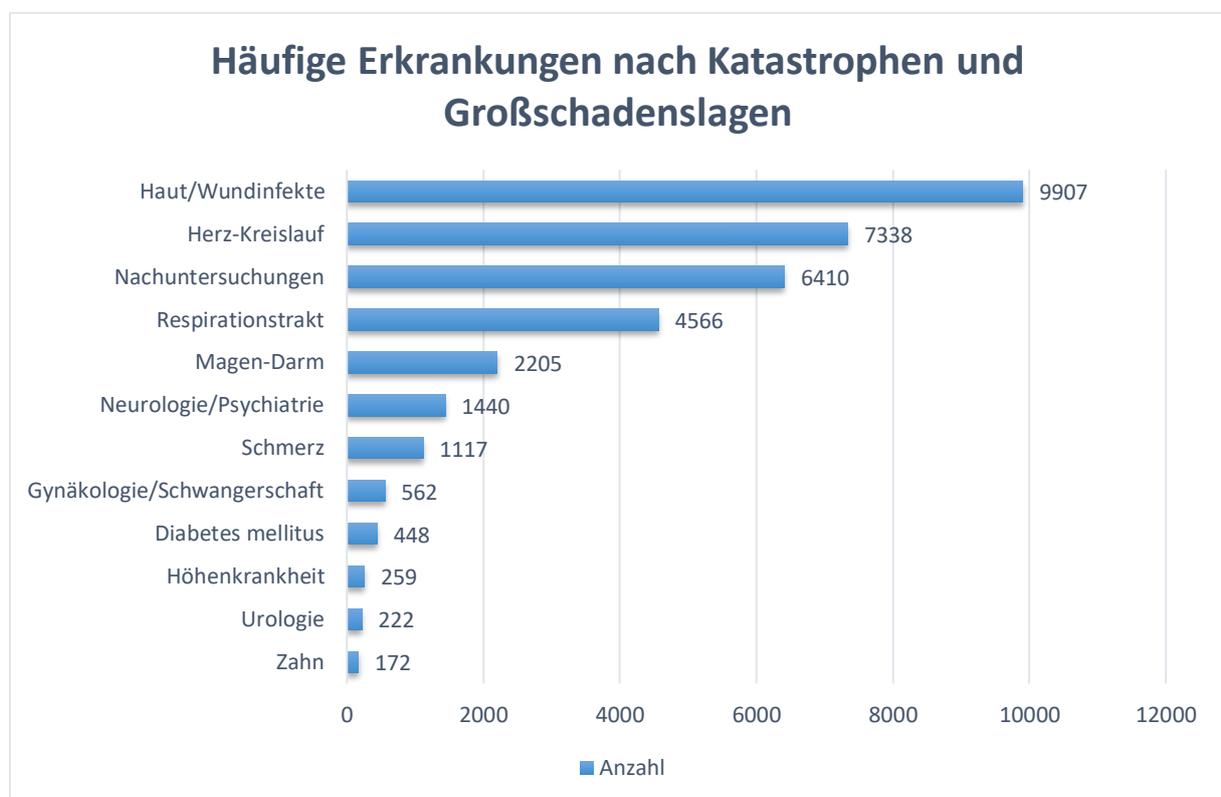


Abbildung 9: Die 12 häufigsten nicht direkt schadensereignis-verursachten Gründe für das Aufsuchen einer medizinischen Behandlungseinrichtung nach Katastrophen/Großschadenslagen

Die Kategorien enthalten folgendes:

- **Herz-Kreislauf:** ACS, hypertensive Entgleisungen, Endokarditiden, etc.
- **Respirationstrakt:** Infektionen der oberen und unteren Atemwege, Exazerbationen chronischer Lungenerkrankungen, etc.
- **Nachuntersuchungen:** Wiedervorstellung zum Verbandswechsel, Vorstellung wegen fehlender oder verlorener Medikation, fehlende Hilfsmittel wie Rollstuhl oder Heimsauerstoff, Kontrolle von Blutdruck und Blutzucker

- **Haut/Wundinfekte:** hauptsächlich infektiöse Hautveränderungen, Wundinfekte, etc.
- **Magen-Darm:** hauptsächlich infektiöse Magen-Darm- Erkrankungen
- **Neurologie/Psychiatrie:** hauptsächlich psychische Reaktionen auf das Katastrophengeschehen wie depressive Stimmung, Unruhe, Agitation, etc., aber auch Krampfanfälle, Schlaganfälle u.ä.

Es gab 5000 nicht-traumatische Erkrankungen, die wegen fehlender präziser Angaben nicht in die Tabelle eingeflossen sind. Hier erfolgte nur eine Differenzierung in „infektiös“ und „nicht infektiös“. Das Verhältnis zwischen „infektiös“ zu „nicht infektiös“ lag hier bei 1:18,7.

Die große Anzahl an Patienten mit Höhenkrankheit stammt vorwiegend aus den chinesischen Publikationen zu den Erdbebenereignissen in hoch gelegenen Gebieten. Durch die notwendige, dringliche Rettung aus den Hochlagen in entfernte Krankenhäuser in tieferen Regionen musste das Risiko zahlreicher Patienten mit Höhenkrankheit einkalkuliert werden.

Beim Thema „Haut“ zeigt sich die Schwierigkeit der klaren Trennung zwischen Erkrankungen und Verletzungen. Es ist anzunehmen, dass sich in dieser Gruppe viele Wundinfekte „verstecken“.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass führende - nicht traumatische - medizinische Probleme nach Katastrophen oder Großschadensereignissen infektiöse Erkrankungen, Herz-Kreislaufkrankungen und der Wunsch nach Nachuntersuchungen bei chronischen Krankheiten sind.

### **5.3 Überblick über Verletzungen und Erkrankungen bei technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen**

Wie im Punkt 5.1.1 beschrieben, findet sich hier ein differenziertes Bild möglicher Katastrophen und Großschadenslagen. Wichtig zu erwähnen ist hier der hohe Anteil an CBRN-Lagen mit den jeweiligen sehr speziellen Herausforderungen und Sonderkonditionen (z.B. Dekontamination). Die neun Lagen sind hier im Zeitstrahl nochmal aufgeführt:

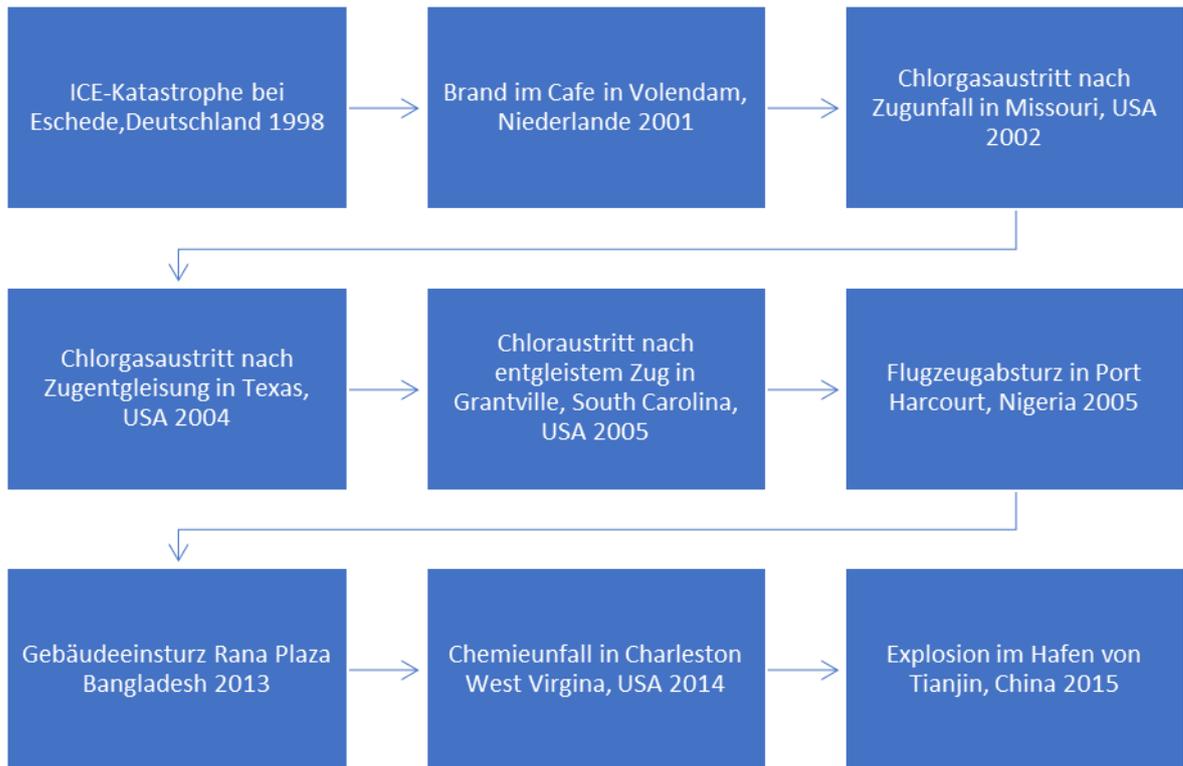


Abbildung 10: Zeitstrahl der technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen

### 5.3.1 Verletzungsmuster nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen

Folgende 10 Verletzungen wurden in den vorliegenden Lagen am häufigsten dokumentiert:

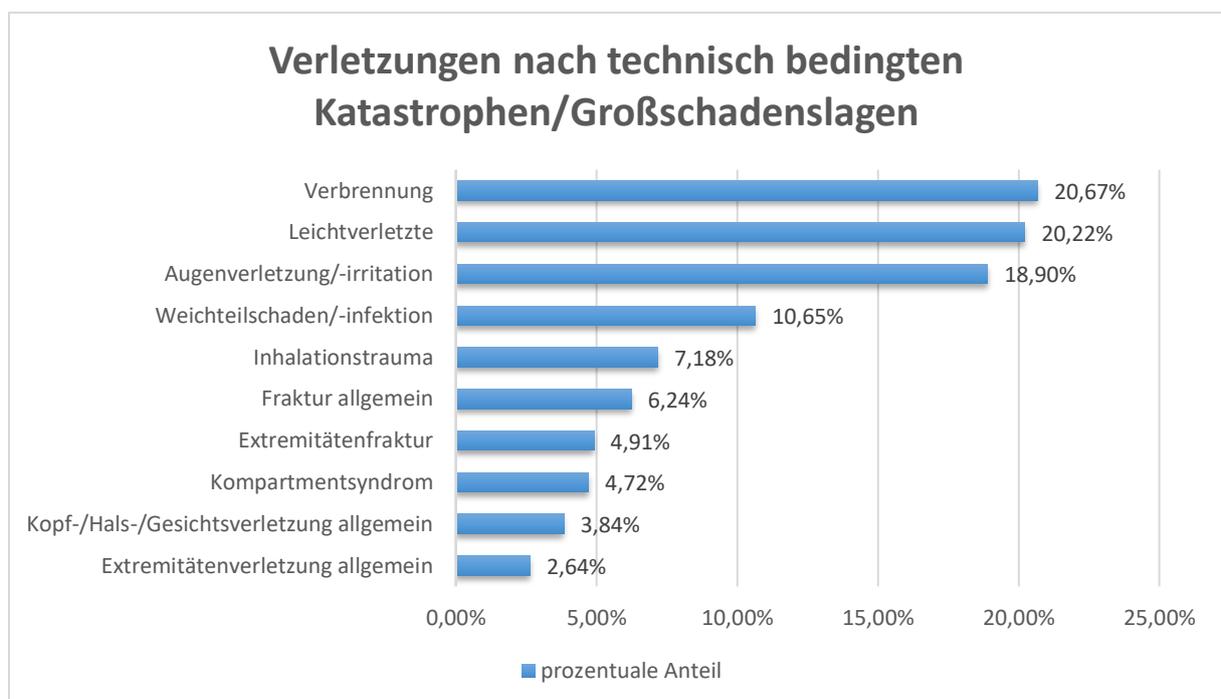


Abbildung 11: Die 10 häufigsten Verletzungen nach technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen

Die Bezeichnung „Leichtverletzte“ stellt im eigentlichen Sinne keine Verletzungsart dar. Der hervorstechendste Unterschied zur allgemeinen Übersicht stellt hier die sehr hohe Anzahl an Verbrennungen dar. Interessant ist im Vergleich auch die hohe Anzahl an Kompartmentsyndromen. Hinsichtlich der Augenverletzungen werden hier vor allem Augenverletzungen aufgrund Kontaktes mit chemischen Reagenzien beschrieben. Wie oben beschrieben ist die Anzahl dokumentierter polytraumatisierter Patienten in dieser Kategorie am höchsten verglichen zu Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg und Naturkatastrophen.

### 5.3.2 Erkrankungen nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen

Hier ist eine genaue Differenzierung zwischen Verletzungen und Erkrankungen schwierig, da viele der beschriebenen Fälle nach Kontakt zu chemischen Reagenzien passiert sind. Nachstehend folgt die prozentuale Darstellung der fünf gefundenen Kategorien:

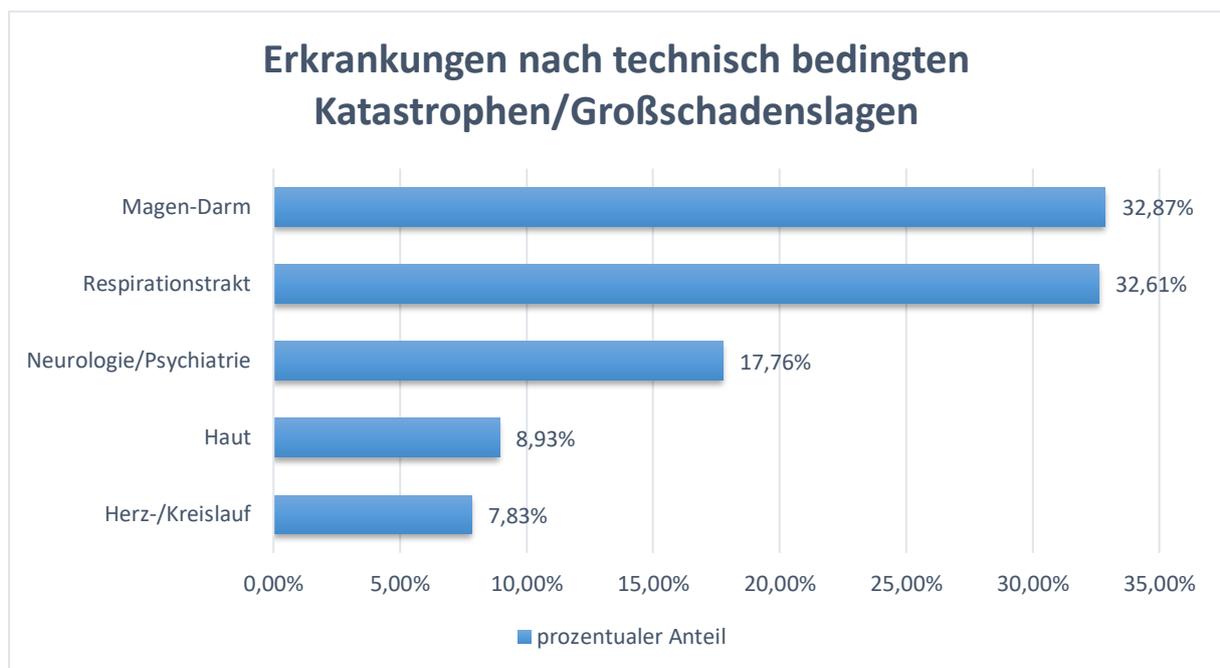


Abbildung 12: Die 5 häufigsten Erkrankungen nach technisch bedingten Katastrophen/Großschadenslagen

Die Kategorien Magen-Darm, Respirationstrakt und Haut sind hier als Verletzungen/Erkrankungen nach Chemieunfällen zu werten. Unter Neurologie/Psychiatrie werden nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen meist psychische Reaktionen auf die Katastrophe wie depressive Stimmung, Unruhe, Agitation, etc. beschrieben. Zu Herz-/Kreislauf zählen wie oben beschrieben alle Arten von akuten kardialen Ereignissen.

## 5.4 Überblick über Verletzungen und Erkrankungen bei Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg

In der Kategorie der Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg finden sich vor allem terroristische Anschläge durch Bomben und Flugzeuge. Zudem auch eine Lage durch Massenpanik. Die analysierten Lagen sind hier in der Abbildung noch einmal aufgeführt:

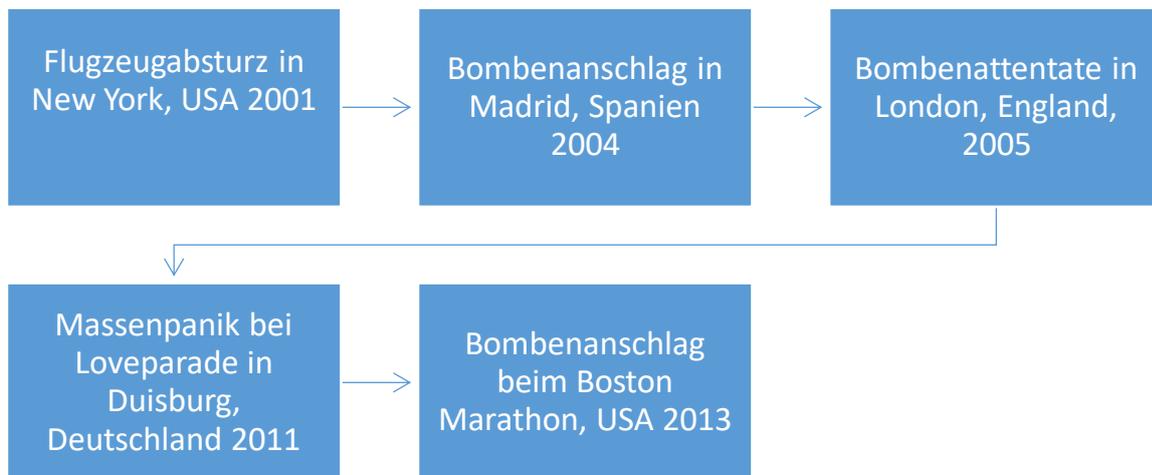


Abbildung 13: Zeitstrahl der Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg

### 5.4.1 Verletzungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg

12 Verletzungsmuster nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg sind in der Tabelle nach Häufigkeit aufgelistet:



Abbildung 14: Die 12 häufigsten Verletzungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität, Krieg

Hinsichtlich Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg liegen hauptsächlich Publikationen zu terroristischen Anschlägen vor. Entsprechend zeigen sich hier viele explosionsbedingte Verletzungen. Der anatomische Fokus von Verletzungen in diesen Lagen ist die Kopf-/Hals-/Gesichtsregion, gefolgt von Thorax- und Lungenverletzungen. Unter dem Begriff „Inhalationstrauma“ wurden hier auch die i.d.R. schwerverletzten Patienten mit Explosionstraumata der Lunge subsumiert. In dieser Kategorie gibt es auffällig wenige Frakturen verglichen mit den anderen Katastrophen und Großschadenslagen. Vergleichbar mit den technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen zeigt sich auch hier ein großer Anteil Leichtverletzter. Die Häufigkeit polytraumatisierter Patienten ist in dieser Kategorie ebenfalls niedriger als nach technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen.

### 5.4.2 Erkrankungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg

Nachfolgend die Verteilung der vier Erkrankungskategorien:

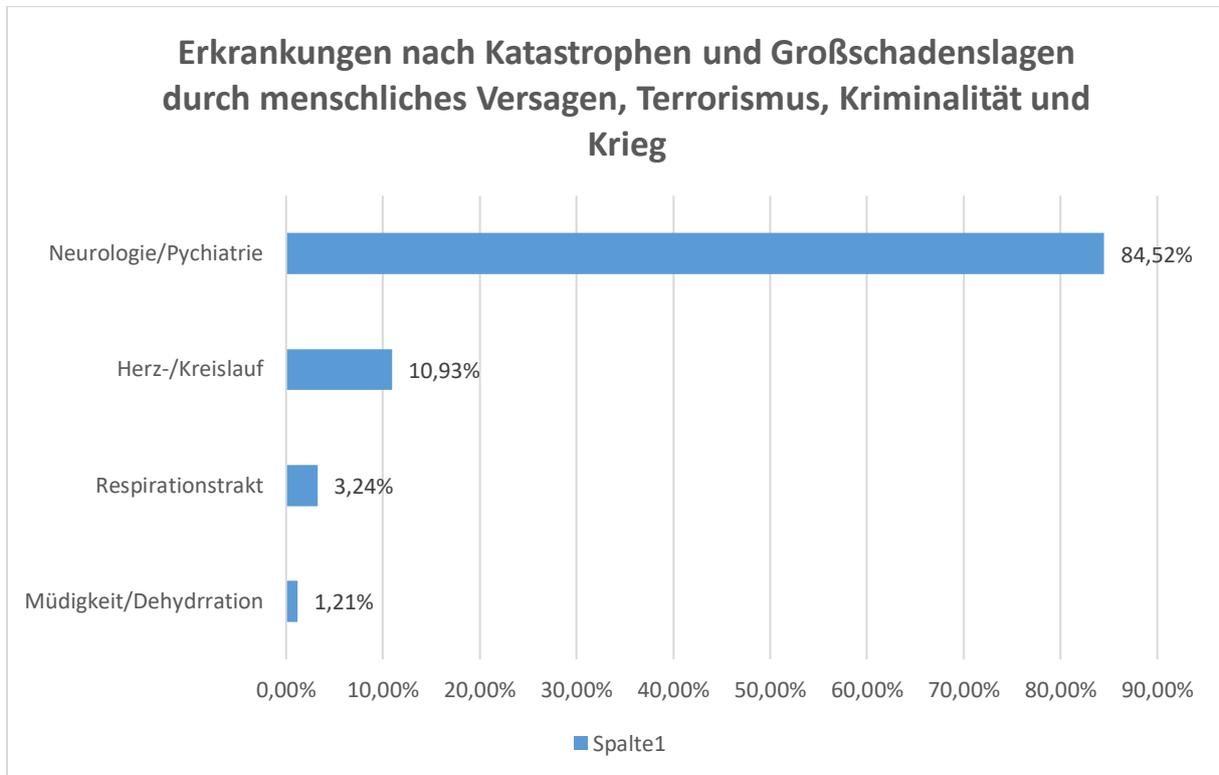


Abbildung 15: Die 4 häufigsten Erkrankungen nach Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg

Hier zeigen sich hauptsächlich psychische Reaktionen auf das Katastrophengeschehen wie depressive Stimmung, Unruhe, Agitation, etc.

## 5.5 Überblick über Verletzungen und Erkrankungen nach Naturkatastrophen

Führende große Naturkatastrophen waren vor allem schwere Erdbeben, Sturmfluten oder Windereignisse wie Hurrikans. Einer der großen Unterschiede zu den vorherigen Katastrophenarten ist, dass schwere Naturkatastrophen öfter mit zerstörter Infrastruktur und überregionalen Schadensgebieten einhergehen und damit eine besondere Herausforderung darstellen. Die in dieser Arbeit untersuchten Naturkatastrophen sind hier zusammenfassend noch einmal dargestellt:

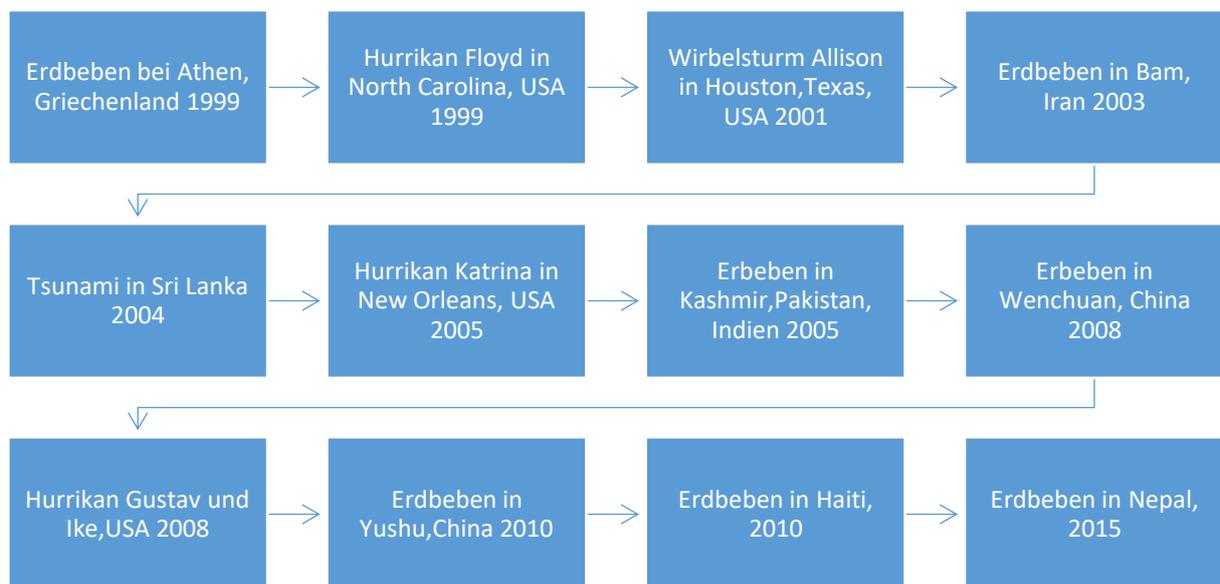


Abbildung 16: Zeitstrahl der Naturkatastrophen

### 5.5.1 Verletzungsmuster nach Naturkatastrophen

Hier zeigen sich folgende Verletzungsmuster:

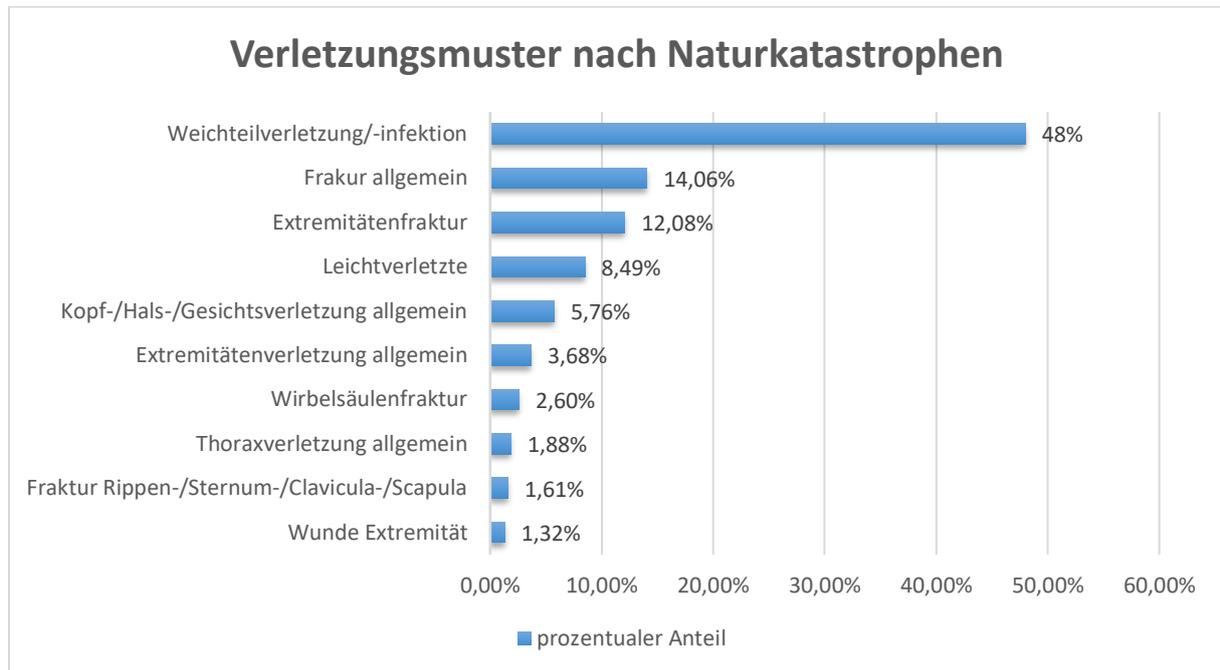


Abbildung 17: Die 10 häufigsten Verletzungen nach Naturkatastrophen

Die dargestellten Verletzungen lassen sich zum größten Teil unter den Stichworten Weichteilverletzung und Frakturen zusammenfassen. Häufigste betroffene anatomische Regionen sind die Extremitäten, gefolgt von Kopf-/Hals-/Gesichtsverletzungen. Vergleichbar zu den technisch bedingten und Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg zeigt sich auch hier ein großer Anteil an Leichtverletzten. Die Anzahl dokumentierter polytraumatisierter Patienten erscheint in dieser Gruppe deutlich zu niedrig im Vergleich zur Gruppe der technischen oder gesellschaftlichen Katastrophen. Ob die in den Publikationen dokumentierten polytraumatisierten Patienten wegen methodischer Mängel nicht angeführt sind oder weil sie verstorben sind, bevor adäquate medizinische Hilfe verfügbar war, ist nur schwer zu bewerten. Ein methodisches Problem könnte der fehlende Fokus auf die Polytraumatisierten sein. Es könnte auch sein, dass die Polytraumatisierten in den vorliegenden Lagen dokumentiert sind, aber nicht als solche benannt sind. Eine einheitliche leicht anwendbare Definition würde den Prozess wahrscheinlich vereinfachen und die Datenqualität verbessern.

## 5.5.2 Erkrankungen nach Naturkatastrophen

Die häufigsten 10 Erkrankungen in den beschriebenen Naturkatastrophen sind:

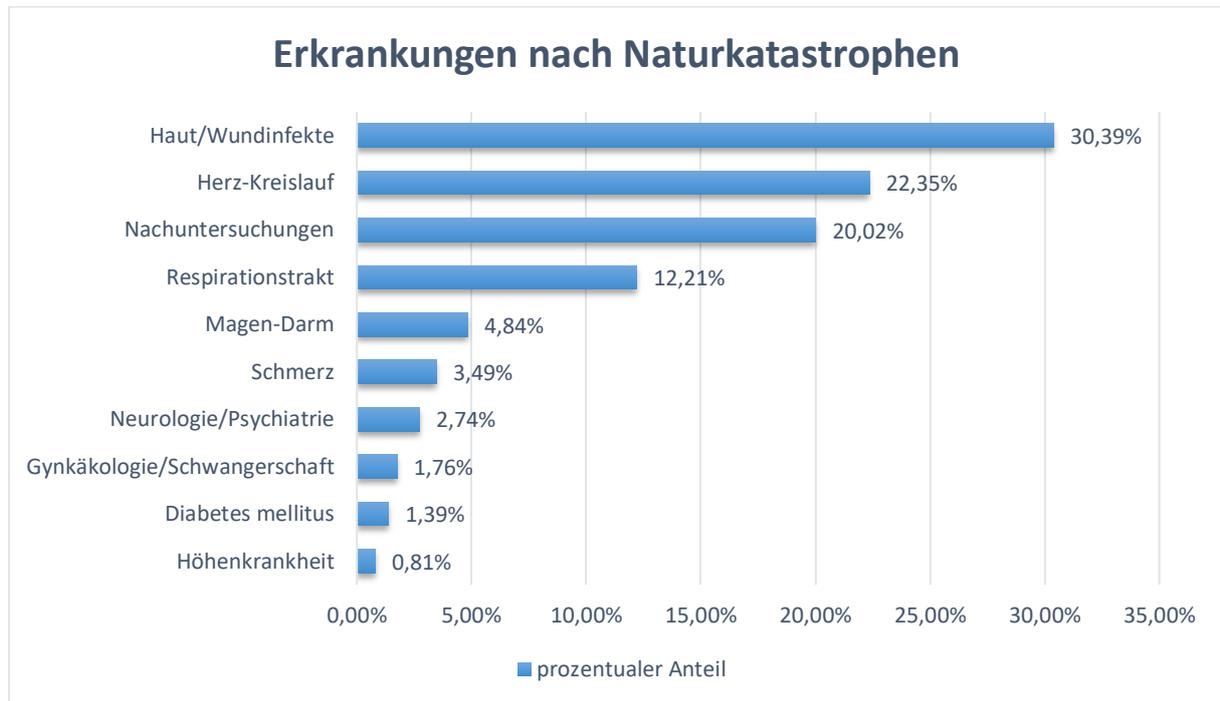


Abbildung 18: Die 10 häufigsten Erkrankungen nach Naturkatastrophen

In den angeführten Kategorien finden sich sowohl akute, oft infektiöse aber auch viele chronische, exazerbierte Erkrankungen. Letzteres sieht man u.a. an der hohen Zahl dokumentierter Fälle von Diabetes mellitus. Auffällig ist auch der sehr hohe Anteil an Vorstellungen in medizinischen Behandlungseinrichtungen zum Verbandswechsel, wegen fehlender oder verlorener Medikation, wegen fehlender Hilfsmittel wie Rollstuhl oder Heimsauerstoff und zur Kontrolle von Blutdruck und Blutzucker.

Häufigkeit und Charakteristika der Erkrankungen unterscheiden sich in der Kategorie der Naturkatastrophen von den Erkrankungen in den anderen beiden Kategorien. Entscheidend hier (und für die vielen Nachuntersuchungen) sind die meist erheblich zerstörte Infrastruktur und der umfangreichere Beobachtungszeitraum der Untersuchungen. Das Problem der zerstörten Infrastruktur liegt einmal im Public Health Bereich, wie z.B. fehlendes sauberes Trinkwasser, Aufenthalt in Massenunterkünften, etc. sowie in nicht mehr vorhandener medizinischer Versorgungsstruktur wie Arztpraxen oder Krankenhäusern. Hier muss die häufig aus dem Ausland kommende Katastrophenhilfe fehlende Strukturen teilweise über Wochen ersetzen. Während bei Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg und bei technisch bedingten Katastrophen und Großschadenslagen meist nur die Versorgung der Betroffenen für wenige Tage nach dem Ereignis in den Publikationen näher betrachtet wird, so werden nach Naturkatastrophen oft

mehrere Wochen nachbeobachtet. Wie oben beschrieben, ändert sich der Zustrom von Patienten in die medizinischen Versorgungseinrichtungen etwa nach der ersten Woche nach der Katastrophe. Während die Zahl verletzungsbedingter Vorstellungen in Krankenhäusern und Notlazaretten nach etwa einer Woche abnimmt, so steigen die Vorstellungen wegen nicht-traumatischer Erkrankungen.

## **5.6 Vergleich der Daten zur Erfassung von Buggenhagen et al.**

Weiter oben sind die Ergebnisse von Buggenhagen et al. aus dem Jahr 2014 beschrieben. Für die verletzungsbedingten Vorstellungsgründe in medizinischen Einrichtungen zeigt sich ein ähnliches Bild wie in den in der vorliegenden Arbeit näher untersuchten Publikationen. Weichteilverletzungen und Frakturen sind die führenden Probleme in Katastrophen und Großschadenslagen. Die unterschiedliche Häufigkeitsverteilung der Verletzungsarten scheint durch die Art der ausgewählten Katastrophen und Großschadenslagen bedingt zu sein. Vergleicht man Abbildung 8 mit Abbildung 4, so fällt in Abbildung 4 die höhere Zahl an Inhalationstraumata, Verbrennungen, Knalltraumata und Blast Lung Injuries auf. Dies sind Verletzungen, die nach Naturkatastrophen seltener vorkommen als in Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg oder in technischen Lagen (Stichwort: Explosionsverletzungen).

Zum Thema nicht-traumatische Erkrankungen sind nur wenige strukturierte Daten aus Katastrophen und Großschadenslagen durch Buggenhagen et al. erfasst worden. Man hat sich auf Großveranstaltungen und auf Daten aus dem Regelrettungsdienst einer mitteleuropäischen Region konzentriert. Die in der vorliegenden Arbeit aufgelisteten Erkrankungen belegen, dass Erkrankungen nach Katastrophen und Großschadenslagen erheblich differieren von denen der vom Regelrettungsdienst versorgten Patienten. Auffälligster Unterschied ist hier die große Anzahl an Haut- und Wundinfekten, die große Anzahl gastroenterologischer Erkrankungen und die sehr hohe Anzahl an Patienten, die sich zu Verlaufsuntersuchungen vorbestehender chronischer Erkrankungen vorstellen. Diese Aspekte müssen für die Planung von Behandlungsleitlinien und die künftige Evaluation der Medikamentenbestände der MTF bedacht werden, insbesondere für länger andauernde Lagen.

## 5.7 Implikationen für den Katastrophenschutz in Deutschland

Im Jahr 2011 wurde ein Lenkungsausschuss zur Risikoanalyse unter Führung des BMI und des BBK eingesetzt. „Der Lenkungsausschuss nimmt unter anderem die Auswahl der als bundesrelevant erachteten Gefahren/Ereignisse vor“ (Deutscher Bundestag 2020). Dieser Ausschuss vergibt dann die Aufgabe, Risikoanalysen zu den relevanten Ereignissen vorzunehmen, an fachspezifische Arbeitsgruppen. Seither wurden Risikoanalysen zu den Themen „Extremes Schmelzwasser aus den Mittelgebirgen“, „Pandemie durch Virus Modi SARS“, „Wintersturm“, „Sturmflut“, „Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Kernkraftwerk“, „Freisetzung chemischer Stoffe“, „Dürre“ und „Erdbeben“ erarbeitet (Deutscher Bundestag 2020).

Dies verdeutlicht, dass Naturkatastrophen auch in Deutschland eine ernstzunehmende Gefahr zur Entstehung von Katastrophen und Großschadenslagen darstellen, deren man sich seitens der politisch Verantwortlichen durchaus bewusst ist. Die vorliegenden Erhebungen zu Sturmgesehen und Erdbeben ergibt daher ein gutes Bild auf potenzielle Lagen für den Bevölkerungsschutz in Deutschland. Auch wenn ein Erdbeben in Deutschland nicht die wahrscheinlichste Katastrophenlage ist, so ermöglichen die Daten doch einen Ausblick auf zu erwartende Verletzungen und Erkrankungen bei beeinträchtigter medizinischer Infrastruktur. Es kann angenommen werden, dass sich viele Patienten bei medizinischen Einrichtungen des Bevölkerungsschutzes mit nur leichten Verletzungen oder überhaupt nicht als Notfall zu Routine-Kontrollen vorstellen. Ob diese Patienten nach einer Naturkatastrophe alle von einem Arzt gesehen werden können und sollen, bleibt offen. Ausbildungen von Einheiten der MTF müssen Rettungskräfte auf solche Hilfeleistungen vorbereiten. Der Bevölkerungsschutz muss auch allgemeinmedizinische Aufgaben in solchen Situationen übernehmen können.

Die dargestellten Lagen vor allem nach den Hurrikans aus den USA belegen, dass nach Stürmen und Überflutungen mit einer hohen Anzahl von Erkrankten ohne Verletzungen zu rechnen ist. Der Ausfall von Strom, Trinkwasser und Heizung, Überflutungen in Wohnungen und Häusern bis hin zur Evakuierung in Sammelunterkünften verursachen zusätzliche Probleme. Suffiziente Public Health-Maßnahmen sind von Nöten, um weitere Erkrankungsfälle z.B. Infektionen durch verunreinigtes Trinkwasser zu vermeiden. Beaman und Mitarbeiter fanden, dass in den sechs Wochen nach Hurrikan Floyd etwa zwei Drittel der Patienten in Notaufnahmen „nur“ erkrankt, aber nicht verletzt waren. Vor allem Infektionen der Atemwege und des Magen-Darm-Trakts waren hier führende Probleme (Beaman et al. 2000). Sharma et al. zeigten, dass von den über 80-jährigen 40 % der Vorstellungen in medizinischen Behandlungseinrichtungen nach dem Hurrikan Katrina wegen einer chronischen Erkrankung stattfanden (Sharma et al. 2008).

Unter diesen Voraussetzungen scheint ein starres Fokussieren der Katastrophen- und Bevölkerungsschutzeinheiten hinsichtlich Ausstattung und Ausbildung auf Verletzungen nicht zielführend zu sein und muss kritisch hinterfragt werden.

Zur Häufigkeit Schwerverletzter in Katastrophen und Großschadenslagen ist die Datenlage spärlich. Es gab aber zu zwei Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg Triagierungen, aus denen Rückschlüsse zur Inzidenz von schweren Verletzungen gezogen werden können. Marx und Kollegen dokumentierten nach der Massenpanik in Duisburg 35 Patienten der Kategorien S1/S4 (rot/blau), 100 Patienten der Kategorie S2 (gelb) und 440 Patienten der Kategorie S3 (grün) (Marx et al. 2013). 55 von 772 Patienten wurden nach dem Anschlag in London als schwer verletzt triagiert. Hinzu kommen zwei blau triagierte Patienten (Aylwin et al. 2006). In den beiden Lagen sind also 6,1 % und 7,4 % der Patienten als schwer verletzt eingestuft worden. Hinzu kommen 51 und 21 Tote, die zumindest zum Teil beim Eintreffen der Rettungskräfte noch lebend vorgefunden wurden. Unter der Annahme, dass alle Toten beim Eintreffen der Rettungskräfte noch lebten, ergeben sich somit 9,7 % und 13,7 % als blau/rot triagierte Patienten.

Patienten mit hoher Transportpriorität scheinen nach den vorliegenden Daten Patienten mit Polytrauma, kardialen Ereignissen, SHT, Asphyxie und hämorrhagischem Schock zu sein. Um die Mortalität nach Katastrophenereignissen zu senken, sollte, wann immer die personellen und apparativen Ressourcen es zulassen, solchen Patienten ein besonderes Augenmerk gewidmet werden. Zur Verhinderung späterer Todesfälle durch Nierenversagen oder respiratorische Insuffizienz sollten auch Patienten mit Crush-Verletzungen und hohen Querschnittsverletzungen eine besondere Therapieintensität erfahren.

## **5.8 Wissenschaftliche Implikationen für die Katastrophenmedizin**

Auf Grundlage der Daten aus der Literatur ist es notwendig mehrere Aspekte der medizinischen Forschung in der Katastrophenmedizin zu optimieren.

### **5.8.1 Wissenschaftliche Aufarbeitung von Großschadenslagen und Katastrophen**

Katastrophen und Großschadenslagen müssen verstärkt wissenschaftlich nacharbeitet und analysiert werden. Es gibt zu wenige Berichte über Verletzungen und Erkrankungen nach unterschiedlichen Katastrophensituationen. Die Daten zeigen ein gutes Bild beispielsweise zu Erdbeben, allerdings gibt es kaum Berichte und Daten zu Krankheitsbildern nach Dürren, Großbränden, Hochwassern, Lawinen etc. zu finden. Hier sollten zum Beispiel unter Leitung

und Finanzierung des BBK systematisch mehr wissenschaftlich relevante Daten gesammelt werden. Dies würde ein differenzierteres Bild ermöglichen. Das Center for Disease Control in den USA ist offenbar in der Lage solche Erhebungen zu ermöglichen und durchzuführen. Dies muss dringend auch im europäischen Raum intensiviert werden, um Daten zu Stürmen und Flutereignissen aus anderen Kontinenten zu erheben.

### 5.8.2 Risikoanalysen

Die begonnenen Risikoanalysen zur Gefährdung der Bundesrepublik Deutschland sind gut und richtig. Nur wenn wir wissen, welche Katastrophen und Großschadenslagen realistisch auf uns zukommen können, ist eine sinnvolle Planung und Vorbereitung möglich. Die Dringlichkeit dieser Risikoanalysen und die Relevanz dieser Empfehlungen zeigt die Analyse aus dem Jahr 2012, in der eine Pandemie durch SARS-Viren beschrieben ist und deren Auswirkungen auf die Bundesrepublik Deutschland. Die Prognose durch das Robert-Koch-Institut, das BBK und weitere Behörden ist im Rahmen der Covid-19 Epidemie erschreckend genau eingetroffen. Eine Bewertung, inwieweit die Behörden diese Analysen vor der aktuellen SARS-Cov-2 Pandemie umgesetzt haben, ist schwierig. Exemplarisch wäre aber beispielsweise eine Bevorratung von Schutzmasken und persönlicher Schutzausrüstung durch den Staat sinnvoll und richtig gewesen. Dies soll verdeutlichen, wie wichtig gute Risikoanalysen für den Bevölkerungsschutz sind und dass die Behörden und die Zivilgesellschaft diese Empfehlungen aufmerksam umsetzen sollten (Deutscher Bundestag 2013).

### 5.8.3 Einheitliches Muster der Erfassung der Verletzungen und Erkrankungen

Die Publikationen zeigen ein uneinheitliches Bild hinsichtlich der erfassten Verletzungen und Erkrankungen. Jede Arbeitsgruppe beschreibt nach eigenem Ermessen die gefundenen Verletzungen und Erkrankungen. Hier wäre eine Art Erfassungsmatrix für Daten zu Verletzungen und Erkrankungen in Katastrophen notwendig - beispielsweise analog zum „Utstein style“ zur Dokumentation präklinischer Herz-Kreislaufstillstände (Chamberlain et al. 1991). So wäre gewährleistet, dass alle Arbeitsgruppen zumindest den Grundstock an Daten nach den gleichen Prinzipien erfassen und auswerten. Speziellere Fragstellungen wären dann trotzdem noch möglich.

Eine Datenbank nach dem Vorbild des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) wäre empfehlenswert. Eine solche Datenbank mit einer standardisierten Abfrage von Verletzungen und Erkrankungen würde die Qualität der Forschung und infolgedessen mutmaßlich auch der Versorgung verbessern. Eine sinnvolle Kategorisierung

der Datenbank sollte vom BBK im Konsens mit Experten aus dem Bereich Katastrophenmedizin gefunden werden.

Eine einheitliche Definition polytraumatisierter Patienten würde die weltweite Vergleichbarkeit von Studien zu Polytraumata nach Katastrophen und Großschadenslagen ermöglichen und so die Aussagekraft steigern. Eine klar beschriebene anatomische Zuordnung der gefundenen Verletzungen muss wissenschaftlicher Standard in der Katastrophenmedizin werden. Verallgemeinernde Begriffe, wie zum Beispiel „Weichteilverletzung“ müssen vermieden werden.

#### 5.8.4 Fehlende Subgruppenanalysen

Weiterhin fehlen Daten zu speziellen Subgruppen, wie zum Beispiel Kindern, Senioren oder polytraumatisierten Patienten in solchen Schadenslagen. Unklar bleibt auch die Situation von Pflegebedürftigen (insbesondere Bettlägerigen), Menschen mit besonderen Bedürfnissen oder chronisch Kranken, wie z.B. Dialysepatienten. Auch diese Personengruppen werden nach Katastrophen und Großschadenslagen bei Einheiten des Bevölkerungsschutzes Hilfe suchen. Hier bedarf es weiterer Forschung, guter Konzepte, aber vor allem optimierter materieller und personeller Vorbereitung der Einheiten.

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, anhand einer Literaturrecherche Erkrankungen und Verletzungen aus Großschadenslagen und Katastrophen der letzten zwanzig Jahre zu finden und zu analysieren. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen entwickelt das Kompetenzzentrum für medizinischen Bevölkerungsschutz der Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Mainz Behandlungsleitlinien<sup>2</sup> für die Katastrophenmedizin. In einer systematischen Literaturrecherche wurden in medizinischen Datenbanken Studien und Übersichtsarbeiten gesucht, aus welchen sich epidemiologische und medizinische Daten zu Erkrankungen und Verletzungen in Katastrophen herauslesen ließen. Einschlusskriterium war u.a. das Vorhandensein von mehr als 100 Verletzten und/oder Toten.

So wurden 26 Publikationen zu weltweit aufgetretenen Großschadenslagen und Katastrophen aus dem Zeitraum 1998 - 2018 hinsichtlich Anzahl und Art der Verletzungen und Erkrankungen analysiert. Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristika der verschiedenen Schadenslagen wurden auch Verletzungen und Erkrankungen in technisch bedingten, Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg und Naturkatastrophen getrennt betrachtet.

Es konnte gezeigt werden, dass Weichteilverletzungen und Frakturen die führenden Verletzungen in Katastrophen und Großschadenslagen sind. Diese Verletzungen finden sich zu knapp 50 % an den Extremitäten. Zu den häufigen ereignisunabhängigen bzw. nicht direkt durch das Schadensereignis verursachten Erkrankungen zählen kardiale Erkrankungen sowie Infektionen im Bereich der Atemwege, der Haut und des Magen-Darm-Trakts. Zusätzlich muss, gerade bei zerstörter Infrastruktur oder lang andauernden Lagen, mit einem großen Andrang an Patienten in medizinischen Versorgungszentren gerechnet werden, die ohne akutes medizinisches Problem kommen, sondern z.B. lediglich ihre Dauermedikation benötigen oder Verlaufskontrollen bei verschiedenen, nicht akuten Krankheitsbildern einfordern.

Führende Probleme in technisch bedingten Katastrophen sind Verbrennungen, Augenirritationen und Weichteilverletzungen. Auftretende Erkrankungen in diesen Lagen stehen häufig in Zusammenhang mit dem Kontakt zu reizenden, chemischen Reagenzien.

Bei den analysierten Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg fanden sich vor allem Explosionsverletzungen wie Augen- und Ohrverletzungen, Inhalationstraumata und Schrapnellverletzungen. Die meisten Verletzungen fanden sich in der Kopf-/Hals-/Gesichtsregion, gefolgt von Thoraxverletzungen.

---

<sup>2</sup> <https://www.unimedizin-mainz.de/mtf/uebersicht.html> abgerufen 14.03.2021

Führende Erkrankungen in Katastrophen und Großschadenslagen durch menschliches Versagen, Terrorismus, Kriminalität und Krieg sind meist psychischer Natur.

Vor allem nach Naturkatastrophen ist mit großflächigen, langandauernden Einsatzlagen zu rechnen. Führende Verletzungen sind hier Weichteilverletzungen und Frakturen, vor allem an den Extremitäten. Unter den Erkrankungen finden sich sowohl akute, oft infektiöse, aber auch viele chronische, exazerbierte Erkrankungen.

Um die katastrophenmedizinische Forschung zu verbessern und die Qualität publizierter Daten zu vereinheitlichen, scheint es notwendig sich auf eine standardisierte Kategorisierung zu einigen. Als Beispiel hierfür könnte das Traumaregister der DGU oder der im „Utstein style“ in der Reanimatologie dienen. Eine solche Datenbank mit einer standardisierten Abfrage von Verletzungen und Erkrankungen würde die Qualität der Forschung und infolgedessen auch der Versorgung verbessern. Außerdem sind detailliertere Untersuchungen zu Erkrankungen und Verletzungen von polytraumatisierten Patienten, Kindern und Senioren notwendig, da hier kaum belastbare Daten vorliegen.

Das häufige Auftreten chronisch Kranker und nicht akut medizinisch Betroffener macht es erforderlich, manche Paradigmen des Bevölkerungsschutz zu überdenken. Insbesondere ist hier eine Schulung des Sanitätspersonals für diese Belange von erheblicher Bedeutung. Ebenso muss die Ausstattung der Einheiten für diese Einsatzzwecke angepasst und optimiert werden (z. B. Insulinspritzen, Tablettendispenser und mehr Sauerstoffvorrat). Diese Anpassungen an die Realität müssen überregional von Behörden umgesetzt werden. Ein landesweites Katastrophendepot nach dem Vorbild bereits existierender Medikamentendepots könnte hierfür eine sinnvolle Lösung darzustellen.

## 7 Literaturverzeichnis

- Ackermann O, Lahm A, Pfohl M, Köther B, Lian TK, Kutzer A, Weber M, Marx, F, Vogel T, Hax PM (2011): *Patientenversorgung bei der Loveparade 2010 in Duisburg*. Dtsch Arztebl International, 108, S. 483 - 489.
- Alam S, Alam R, Islam, Salek A (2017): *Pattern of injuries and treatment given to victims of Rana Plaza tragedy in a level II armed forces medical facility in Bangladesh*. Disaster Med Public Health Prep, 11, S. 21 - 24.
- Aylwin CJ, König TC, Brennan N., Shirley PJ, Davies G, Walsh MS, Brohi K (2006): *Reduction in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the London bombings on July 7, 2005*. Lancet, 368, S. 2219 - 2225.
- Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB (1974): *The Injury Severity Score. A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care*. J Trauma, 14, S. 187 - 196.
- Bar-On E, Blumberg N, Joshi A, Gam A, Peyser A, Lee E, Kashichawa SK, Morose A, Schein O, Lehavi A, Kreiss Y, Bader T (2016): *Orthopedic activity in field hospitals following earthquakes in Nepal and Haiti*. World J Surg, 40, S. 2117 - 2122.
- Bar-On E, Lebel E, Kreiss Y, Merin O, Benedict S, Gill A, Lee E, Pirotsky A, Shirov T, Blumberg N (2011): *Orthopaedic management in a mega mass casualty situation. The Israel defence forces field hospital in Haiti following the January 2010 earthquake*. Injury, 42, S. 1053 - 1059.
- Beaman S, Boone C, Bowman S, Brown K, Burke J, Davis C, Eason L, Fulcher L, Jones H, McDaniel A, Monday A, Ohl C, Hayes D, Weist W, Dolzinger J, Peah C, Shay C, Smith S, Thomas A, Warren C, Wheton L, Butts CJ, Cline S, Enright D, Howell D, McBride E, Reddington J, Wilson J, Zerningue E, MacCormack N (2000): *Morbidity and mortality associated with hurricane Floyd - North Carolina, September-October 1999*. MMWR 49, S. 369 - 72.
- Below R, McClean D, van Loenhout J (2019): *Human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)*. In: UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) und Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (Hrsg.), Genf: UN Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) S. 3 – 28.
- Binsfeld M, Franke T, Marx F (2013): *Medizinischer Einsatz bei der Loveparade 2010 in Duisburg*. Anaesthesist, 62, S. 1010 - 1019.
- Boodram B, Torian T, Thomas P, Wilt S, Pollock D, Bell M, Budnitz D (2002): *Rapid assessment of injuries among survivors of the terrorist attack on the World Trade Center--New York City, September 2001* [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5101a1.htm> [Abfragedatum: 06.01.2019].
- Bozkurt M, Ocguder A, Turktas U, Erdem M (2007): *The evaluation of trauma patients in Turkish Red Crescent Field Hospital following the Pakistan earthquake in 2005*. Injury, 38, S. 290-297.
- Brüne F (2015): *6. Sichtungskonsensus-Konferenz; Arbeitsgruppe „Planungsverteilung“*. Ahrweiler: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. S. 1 – 10.

- Brunkard J, Namulanda G, Ratard R (2008): *Hurricane Katrina deaths, Louisiana, 2005*. Disaster Med Public Health Prep, 2, S. 215 - 223.
- Buggenhagen H, Gervais H, Haessler R, Kühn S, Mansion B, Matthews S, Meierhofer J, Merk P, Rohde A, Süs H. (2014): *Evaluierung des Medikamentenmanagements des MTF-Konzeptes im Rahmen simulierter katastrophenmedizinischer Schadenslagen*. Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Klinik für Anästhesiologie Kompetenzzentrum für medizinischen Bevölkerungsschutz. S. 1 – 126.
- Bund der Auslands-Erwerbstätigen (BDAE). (2016): *Zahl der Terroranschläge und Kriegsoffer weltweit massiv gestiegen* [Online]. Available: <https://www.bdae.com/journalbeitraege/november-2016-leben-und-arbeiten-im-ausland/410-zahl-der-terroranschlaege-und-kriegsoffer-weltweit-massiv-gestiegen> [Abfragedatum: 28.02.2021].
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) (2019): *Katalog der Gefährdungen.Katastrophen und Notlagen Schweiz*. 2. Auflage ed, Bern: BABS. S. 5 – 42.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2010): *Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland*. In: Notfallvorsorge Referat II.1 – Grundsatzangelegenheiten des Bevölkerungsschutzes Risikomanagement (Hrsg.): 2. Auflage ed, Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. S. 11 – 86.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2015): *Medizinische Task Force - Einsatz- und Führungsszenarien*. In: Wissenschaft und Technik- Sanitätsdienst (Hrsg.), Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. S. 1 – 13.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. (2020): *Die Medizinische Task Force des Bundes* [Online]. Available: [https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Schutz\\_der\\_Gesundheit/MTF/MTF\\_node.html](https://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/Schutz_der_Gesundheit/MTF/MTF_node.html) [Abfragedatum: 09.04 2020].
- Bundesministerium des Innern (2009): *Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*. Referat KM 4 (Hrsg.), Berlin: Bundesministerium des Innern. S. 2 – 16.
- Butcher N, Balogh ZJ (2009): *The definition of polytrauma: the need for international consensus*. Injury, 40 Suppl 4, S. 12 - 22.
- Chamberlain D, Cummins RO for the Task Force of Representatives from the European Resuscitation Council, American Heart Association, Heart and Stroke Foundation of Canada, Australian Resuscitation Council (1991): *Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: the "Utstein style"*. Resuscitation, 22, S. 1 – 26.
- Committee on Medical Aspects of Automotive Safety (1971): *Rating the severity of tissue damage*. I. The abbreviated scale. Jama, 215, S. 277 - 280.
- Cushman JG, Pachter HL, Beaton HL (2003): *Two New York City hospitals' surgical response to the September 11, 2001, terrorist attack in New York City*. J Trauma, 54, S. 147 - 154; discussion 154 - 155.
- D'Andrea SM, Goralnick E, Kayden SR (2013): *2013 Boston Marathon Bombings: Overview of an Emergency Department Response to a Mass Casualty Incident*. Disaster Medicine and Public Health Preparedness, 7, No 2, S. 118 - 121

- Deutscher Bundestag. (2013): Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2012 [Online]. BBK. Available: [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/Krisenmanagement/BT-Bericht\\_Risikoanalyse\\_im\\_BevSch\\_2012.html;jsessionid=C11F411AB07842DD0E397DEF0F88D7C6.2\\_cid345](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Downloads/Krisenmanagement/BT-Bericht_Risikoanalyse_im_BevSch_2012.html;jsessionid=C11F411AB07842DD0E397DEF0F88D7C6.2_cid345) [Abfragedatum: 04.03 2021].
- Deutscher Bundestag. (2020): Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2019 [Online]. Drucksache 19/23825. Available: <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/238/1923825.pdf> [Abfragedatum: 04.03 2021].
- DIN Deutsches Institut für Normung e. V (2015) *Begriffe im Rettungswesen, DIN 13050:2015-04*, S. 1 – 14.
- Emami MJ, Tavakoli AR, Alemzadeh H, Abdinejad F, Shahcheraghi G, Erfani MA, Mozafarian K, Solooki S, Rezazadeh S, Ensafadaran A, Nouraie H, Jaberi FM, Sharifian M (2012): *Strategies in evaluation and management of Bam earthquake victims*. Prehosp Disaster Med, 20, S. 327 - 330.
- Engst R, Fenski R, Pätzold C, Stecher J, Tshisuaka BI, Witzel, S. (2002): *Psyhyrembel Klinisches Wörterbuch*. 259. neu bearbeitete Auflage ed, Berlin: De Gruyter.
- FAZ.NET. (2005): *Zahl der Todesopfer nach Flugzeugabsturz steigt* [Online]. Available: <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/nigeria-zahl-der-todesopfer-nach-flugzeugabsturz-steigt-1293952.html> [Abfragedatum: 10.01. 2021].
- Gao R, Yang L, Yuan W, Li T, Fu Q (2012): *Overview of polytrauma patients in the first 10 days after the Sichuan earthquake: a report from the No. 903 military hospital, Jiangyou*. Eur J Trauma Emerg Surg, 38, S. 85 - 88.
- Gates JD, Arabian S, Biddinger P, Blansfield J, Burke P, Chung S, Fischer J, Friedman F, Gervasini A, Goralnick E, Gupta A, Larentzakis A, McMahon M, Mella J, Michaud Y, Mooney D, Rabinovici R, Sweet D, Ulrich A, Velmahos G, Weber C, Yaffe, M. B. (2014): *The initial response to the Boston marathon bombing: lessons learned to prepare for the next disaster*. Ann Surg, 260, S. 960 - 6.
- Giri S, Risnes K, Uleberg O, Rogne T, Shrestha SK, Nygaard OP, Koju R, Solligard E (2018): *Impact of 2015 earthquakes on a local hospital in Nepal: A prospective hospital-based study*. PLoS One, 13 (2), S. e0192076
- Greenough PG, Lappi MD, Hsu EB, Fink S, Hsieh YH, Vu A, Heaton C, Kirsch TD (2008): *Burden of disease and health status among Hurricane Katrina-displaced persons in shelters: a population-based cluster sample*. Ann Emerg Med, 51, S. 426 - 432.
- Ho ML, Lim JZ, Tan MZ, Kok WL, Zhang JR, Tan MY, Tan AC (2016): *Humanitarian assistance and disaster relief mission by a tripartite medical team led by the Singapore armed forces after the 2015 Nepal earthquake*. Singapore Med J, 57, S. 426 - 431.
- Hotz G, Ginzburg E, Wurm G, DeGennaro V, Andrews D, Basavaraju S, Coronado V, Xu L, Dulski T, Moffett D, Tappero J, Selent M (2011): *Post-earthquake injuries treated at a field hospital - Haiti, 2010* [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5951a1.htm> [Abfragedatum: 18.01 2019].

- Hüls, E (2000): *ICE-Katastrophe von Eschede*. Trauma Berufskrankh, 2, Suppl 2, S. 286 - 290.
- Kang P, Zhang L, Liang W, Zhu Z, Liu Y, Liu, X, Yang H (2012): *Medical evacuation management and clinical characteristics of 3,255 inpatients after the 2010 Yushu earthquake in China*. J Trauma Acute Care Surg, 72, S. 1626 - 1633.
- Kern BR (2013): *Rechtsgrundlagen für die Einsätze im Katastrophenfall und die Triage*, In: J. W. Weidringer (Hrsg.): *Katastrophenmedizin Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall*, 6. Auflage ed. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. S. 43 – 66.
- King DR, Larentzakis A, Ramly EP (2014): *Tourniquet use at the Boston Marathon bombing: lost in translation*. J Trauma acute Care surg, 78, 3, S. 594 – 599.
- Kirschenbaum L, Keene A, O'Neill P, Westfal R, Astiz ME (2005): *The experience at St. Vincent's Hospital, Manhattan, on September 11, 2001: Preparedness, response, and lessons learned*. Crit Care Med, 33, Suppl 1, S. 48 - 52.
- Kowalzik B, Brüne F, Heller A (2019): *8. Sichtungskonsensus-Konferenz 2019*. In: AKNZ (Hrsg.), Ahrweiler: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. S. 1 – 32.
- Li GQ, Hou SK, Yu X, Meng XT, Liu LL, Yan PB, Tian MN, Chen SL, Han HJ (2015): *A descriptive analysis of injury triage, surge of medical demand, and resource use in an university hospital after 8.12 Tianjin Port explosion, China*. Chin J Traumatol, 18, S. 314 - 319.
- Lim JH, Yoon, D, Jung G, Joo Kim, W, Lee HC (2005): *Medical needs of tsunami disaster refugee camps*. Fam Med, 37, S. 422 - 428.
- Lu-Ping Z, Rodriguez-Llanes JM, Qi W, van den Oever B, Westman L, Albela M, Liang P, Gao C, De-Sheng Z, Hughes M, von Schreeb J, Guha-Sapir D (2012): *Multiple injuries after earthquakes: a retrospective analysis on 1,871 injured patients from the 2008 Wenchuan earthquake*. Crit Care, 16, S. R87.
- McNeil KM, Byers P, Kittle T, Parham J, Blackmore C, Rowan A, Kintz JM, George D, Moolenaar RL, Shults R, Montgomery J, Shepard C, Wright C, Kuehnert M, Newman L, Doyle T, Mootry G, Burger R, Bertulfo J, Koops G, Stern E, Breiding M, Burwell L, Cain K, Chang D, Cohn A, Finkbeiner T, Jain S, Jordan H, Liang J, Melius E, Rao C, Soud F, Uhde K, Van Sickle D (2006): *Surveillance for illness and injury after hurricane Katrina - three counties, Mississippi, September 5-October 11, 2005*. MMWR 55, S. 231 - 234.
- Mittlmeier T, Rotter R (2013): *Wunden und Weichteilschäden/-verletzungen*, In: Wirth CJ, Mutschler W, Kohn D, Pohlemann T (Hrsg.): *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie*. Stuttgart, u.a.: Georg Thieme Verlag KG. S. 373 – 388.
- Mohebbi HA, Mehrvarz S, Saghafinia M, Rezaei Y, Kashani SMT, Naeeni SMM, Motamedi M HK, Hoseini SH, Moharamzad Y (2012): *Earthquake related injuries: assessment of 854 victims of the 2003 Bam disaster transported to tertiary referral hospitals*. Prehosp Disaster Med, 23, S. 510 - 515.
- Mulvey JM, Awan SU, Qadri AA, Maqsood MA (2008): *Profile of injuries arising from the 2005 Kashmir earthquake: the first 72 h*. Injury, 39, S. 554 - 560.

- Noe RS, Schnall AH, Wolkin AF, Podgornik MN, Wood AD, Spears J, Stanley SA (2013): *Disaster-related injuries and illnesses treated by American Red Cross disaster health services during Hurricanes Gustav and Ike*. South Med J, 106, S. 102 - 108.
- Oestern HJ, Hüls E (1999): *Frühere Katastrophen im Vergleich zu Eschede*. Notfall & Rettungsmedizin, 2, S. 349 – 352.
- Oestern HJ, Hüls E, Quirini W, Pohlmann T (1998): *Fakten zur Katastrophe von Eschede*. Unfallchirurg, 101, S. 813 – 816.
- Papadopoulos IN, Kanakaris N, Triantafillidis A, Stefanakos J, Kainourgios A, Leukidis C (2004): *Autopsy findings from 111 deaths in the 1999 Athens earthquake as a basis for auditing the emergency response*. Br J Surg, 91, S. 1633 - 1640.
- Pape HC, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, Lichte P, Josten C, Bouillon B, Schmucker U, Stahel P, Giannoudis P, Balogh Z (2014): *The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'*. J Trauma Acute Care Surg, 77, S. 780 - 786.
- Qiu J, Liu GD, Wang SX, Zhang XZ, Zhang L, Li Y, Yuan DF, Yang ZH, Zhou JH (2010): *Analysis of injuries and treatment of 3,401 inpatients in 2008 Wenchuan earthquake - based on Chinese Trauma Databank*. Chin J Traumatol, 13, S. 297 - 303.
- Rebentisch E (1991): *Handbuch der medizinischen Katastrophenhilfe*. 2., neubearb. Aufl, München-Gräfelfing: Werk-Verlag Dr. Edmund Banaschewski. S. 1 – 979
- Savinsky G, Trümpler S (2019): *Massenanfall von Verletzten und Erkrankten (MANV/E)*, In: Scholz J, Gräsner JT, Bohn A (Hrsg.): *Referenz Notfallmedizin*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag S. 185 – 195.
- Schirmer T (1999): *Praktischer Ablauf des Katastrophenplans im Krankenhaus*, In: Oestern HJ, Hüls E (Hrsg.): *Die ICE-Katastrophe von Eschede : Erfahrungen und Lehren - Eine interdisziplinäre Analyse*. Berlin u.a.: Springer. S. 55 – 59.
- Schmidt H, Beissel F, Lensing S (2018): *Rahmenkonzept für die Medizinische Task Force (MTF) für die Aufstellung und den Einsatz der Medizinischen Task Force*. In: Wissenschaft und Technik - Sanitätsdienst (Hrsg.): 1 ed, Bonn: BBK S. 1 – 256.
- Seleye-Fubara D, Etebu EN, Amakiri C (2011): *Aero-disaster in Port Harcourt, Nigeria: a case study*. Ann African Med 10. S. 51 - 54.
- Sharma AJ, Weiss EC, Young SL, Stephens K, Ratard R, Straif-Bourgeois S, Sokol TM, Vranken P, Rubin CH (2008): *Chronic disease and related conditions at emergency treatment facilities in the New Orleans area after Hurricane Katrina*. Disaster Med Public Health Prep, 2, S. 27 - 32.
- Smith RM, Dyer GS, Antonangeli K, Arredondo N, Bedlion H, Dalal A, Deveny GM, Joseph G, Lauria D, Lockhart SH, Lucien S, Marsh S, Rogers SO, Salzarulo H, Shah S, Toussaint RJ, Wagoner J (2012): *Disaster triage after the Haitian earthquake*. Injury, 43, S. 1811 - 5.
- Thomasson ED, Scharman E, Fechter-Leggett E, Bixler D, Ibrahim S, Duncan MA, Hsu J, Scott M, Wilson S, Haddy L, Pizon A, Burrer SL, Wolkin A, Lewis L (2017): *Acute health effects after the Elk River chemical spill, West Virginia, January 2014*. Public Health Rep, 132, S. 196 - 202.

- Thompson P: *September 11: Minute by minute*. Center for cooperative Research. Available at: <http://www.cooperativeresearch.org/timeline/main/dayof911.html> [Abfragedatum: 11.06.2021]
- Tröger HD, Kleemann WJ (1999): *Pathologisch-Anatomische Ergebnisse*, In: Oestern HJ, Hüls E (Hrsg.): *Die ICE-Katastrophe von Eschede: Erfahrungen und Lehren - Eine interdisziplinäre Analyse*. Berlin u.a.: Springer.S. 60-62.
- Tscherne H, Oestern HJ (1982): *Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen*. Unfallheilk, 85, S. 111 - 115.
- Turégano-Fuentes F, Caba-Doussoux P, Jover-Navalón JM, Martín-Pérez E, Fernández-Luengas D, Díez-Valladares L, Pérez-Díaz D, Yuste-García P, Guadalajara Labajo H, Ríos-Blanco R, Hernando-Trancho F, García-Moreno Nisa F, Sanz-Sánchez M, García-Fuentes C, Martínez-Virto A, León-Baltasar JL, Vazquez-Estévez J (2008): *Injury patterns from major urban terrorist bombings in trains: the Madrid experience*. World J Surg, 32, S. 1168 - 1175.
- Wang J, Ding H, Lv Q, Chen JH, Sun YF, Fan HJ, Liu QL (2016): *2015 Nepal Earthquake: Analysis of child rescue and treatment by a field hospital*. Disaster Med Public Health Prep, 10, S. 716 - 719.
- Waring SC, des Vignes-Kendrick M, Arafat RR, Reynolds KM, D'Souza G, Cruz M, Batts-Osborne, D, Winterton BS (2002): *Tropical storm Allison rapid needs assessment - Houston, Texas, June 2001*. MMW 51, S. 365 - 9.
- Weixler B, Droesser RA, Oertli D (2017): *Polytrauma - Abdominelles Trauma*, In: Billmann F, Keck T (Hrsg.): *Facharztwissen Viszeral- und Allgemein Chirurgie*, 1st ed. 2017 Berlin, Heidelberg: Springer. S. 308 – 311.
- Welling L, van Harten SM, Patka P, Bierens JJ, Boers M, Luitse JS, Mackie DP, Trouwborst A, Gouma DJ, Kreis RW (2005): *The café fire on New Year's Eve in Volendam, the Netherlands: description of events*. Burns, 31, S. 548 - 54.
- Wenck MA, Van Sickle D, Drociuk D, Belflower A, Youngblood C, Whisnant MD, Taylor R, Rudnick V, Gibson JJ (2007): *Rapid assessment of exposure to chlorine released from a train derailment and resulting health impact*. Public Health Rep, 122, S. 784 - 792.
- Wenck MA, Wright S, Forrester T, Safay B, Orr M, Rossiter S, Horton DK, Harris R, Gibson JJ, Drociuk D, Belflower A, Henry C (2005): *Public health consequences from hazardous substances acutely released during rail transit - South Carolina, 2005; selected States, 1999-2004*. MMWR, 54, S. 64 - 67.
- Wolf SJ, Bebarta VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill SV (2009): *Blast injuries*. Lancet, 374, S. 405 - 415.
- World Health Organisation. (2015): *Nepal Earthquake Health Cluster Bulletin No. 5 (Nepal health situation reports, 28 May – 3 June 2015)* [Online]. Available: [http://www.searo.who.int/entity/emergencies/health-cluster-bulletin-no5\\_03-june-2015.pdf?ua=1&ua=1](http://www.searo.who.int/entity/emergencies/health-cluster-bulletin-no5_03-june-2015.pdf?ua=1&ua=1) [Abfragedatum: 11.01.2018]
- Yu M, Lv Q, Ding H, Zeng X, Cao J, Liu J, Fan H, Hou S (2016): *Evaluation of blast injury patients from the 2015 Tianjin explosions in China*. Burns, 42, S. 1133 - 1140.

## 8 Anhang

◀ Inhalt

# Übersicht über die Gefährdungen

## Bereich Natur



### Hydrologische/ meteorologische Naturgefahren

- 1 Unwetter
- 2 Hagelschlag
- 3 Starkregen mit Oberflächenabfluss
- 4 Starker Schneefall
- 5 Starke Eisbildung
- 6 Sturm/Orkan
- 7 Kältewelle
- 8 Hitzewelle
- 9 Trockenheit
- 10 Waldbrand

### Gravitative Naturgefahren

- 11 Hochwasser
- 12 Murgang
- 13 Lawinen
- 14 Gletscher-assoziierte Gefährdungen
- 15 Rutschung, Hangmure
- 16 Stein- und Blockschlag
- 17 Fels- und Bergsturz
- 18 Absenkung, Dolinen

### Seismische und vulkanologische Naturgefahren

- 19 Erdbeben
- 20 Vulkanausbruch im Ausland

### Massenverbreitung von Schadorganismen

- 21 Massenverbreitung invasiver Arten
- 22 Massenverbreitung land- und forstwirtschaftlicher Schädlinge

### Andere Naturgefahren

- 23 See-Tsunami
- 24 Meteoriteneinschlag
- 25 Sonnensturm

## Bereich Technik



### Unfälle Personenverkehr

- 26 Absturz Luftfahrtobjekt
- 27 Unfall Personenzug
- 28 Unfall Passagierschiff
- 29 Unfall Strassenverkehr
- 30 Unfall Seilbahn

### Unfälle Gefahrguttransport

- 31 Gefahrgutunfall Luftverkehr
- 32 Gefahrgutunfall Schiene
- 33 Gefahrgutunfall Wasser
- 34 Gefahrgutunfall Strasse
- 35 Unfall bei Transport hoch radioaktiver Stoffe

### Unfälle in Produktions-, Verteil- und Speicheranlagen

- 36 Unfall A-Betrieb
- 37 Unfall B-Betrieb
- 38 Unfall C-Betrieb
- 39 Unfall in Verteilinfrastruktur Erdgas-/ Erdölprodukte
- 40 Unfall konventioneller Betrieb
- 41 KKW-Unfall
- 42 KKW-Unfall im Ausland
- 43 Unfall Stauanlage

### Schadensereignisse bei Bauwerken

- 44 Brand/Explosion Gebäude
- 45 Versagen/Einsturz Gebäude
- 46 Brand/Einsturz Tunnel
- 47 Brand/Einsturz Brücke
- 48 Versagen/Einsturz Schutzinfrastruktur

### Andere technische Gefährdungen

- 49 Absturz Weltraumobjekt

14

Abbildung 19: Übersicht und Unterteilung von Katastrophen und Großschadenslagen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2019)

### Ausfälle und Einschränkungen von kritischen Infrastrukturen

- 50 Ausfall/Engpass Lebensmittelversorgung
- 51 Ausfall/Engpass Wasserversorgung
- 52 Ausfall/Engpass Heilmittelversorgung
- 53 Ausfall/Engpass medizinische Versorgung
- 54 Ausfall/Engpass Erdgasversorgung
- 55 Ausfall/Engpass Erdölversorgung
- 56 Ausfall/Engpass Fern- oder Prozesswärme
- 57 Ausfall/Engpass Stromversorgung
- 58 Ausfall/Einschränkung IT-Dienstleistungen
- 59 Ausfall/Einschränkung Medien
- 60 Ausfall/Einschränkung Post- und Logistikdienste
- 61 Ausfall/Einschränkung Telekommunikation
- 62 Ausfall/Einschränkung Ortungs- und Navigationssysteme
- 63 Ausfall/Einschränkung Luftverkehr
- 64 Ausfall/Einschränkung Schienenverkehr
- 65 Ausfall/Einschränkung Schiffsverkehr
- 66 Ausfall/Einschränkung Strassenverkehr
- 67 Ausfall/Engpass Abfallentsorgung
- 68 Ausfall/Engpass Abwasserentsorgung
- 69 Ausfall/Einschränkung Finanzdienstleistungen
- 70 Ausfall/Einschränkung Blaulichorganisationen
- 71 Ausfall/Einschränkung Parlament, Regierung, Justiz, Verwaltung

### Bereich Gesellschaft



#### Krankheiten von Mensch und Tier

- 72 Epidemie/Pandemie
- 73 Tierseuche
- 74 Verunreinigung von Lebensmitteln
- 75 Verunreinigung von Trinkwasser
- 76 Verunreinigung der Luft

#### Machtpolitische Gefährdungen

- 77 Politischer Druck/Erpressung aus dem Ausland
- 78 Bedrohung nationaler Interessen im Ausland
- 79 Desinformation und Propaganda
- 80 Politisches Attentat

#### Kriminalität

- 81 Organisierte und Wirtschaftskriminalität
- 82 Spionage
- 83 Sabotage
- 84 Amoklauf/Attentat
- 85 Entführung/Geiselnahme

#### Terrorismus

- 86 Konventioneller Anschlag
- 87 Anschlag mit Fahrzeug
- 88 A-Anschlag
- 89 B-Anschlag
- 90 C-Anschlag
- 91 Anschlag mit elektromagnetischer Waffe
- 92 Anschlag auf Transport gefährlicher Güter

#### Cyber-Gefährdungen

- 93 Cyber-Kriminalität
- 94 Cyber-Spionage
- 95 Cyber-Sabotage und -Terrorismus
- 96 Cyber-Operationen in Konflikten

#### Andere gesellschaftliche Gefährdungen

- 97 Andrang Schutzsuchender
- 98 Streik
- 99 Gewalttätige Unruhen
- 100 Massenpanik
- 101 Altlasten
- 102 Beschädigung/Zerstörung von Kulturgütern

#### Bewaffnete Konflikte

- 103 Militärischer Angriff
- 104 Hybrider Konflikt
- 105 Kriegshandlung in Grenzgebieten benachbarter Staaten

Abbildung 20: Übersicht und Unterteilung von Katastrophen und Großschadenslagen (Bundesamt für Bevölkerungsschutz 2019)

Total disaster events by type: 1980-1999 vs. 2000-2019

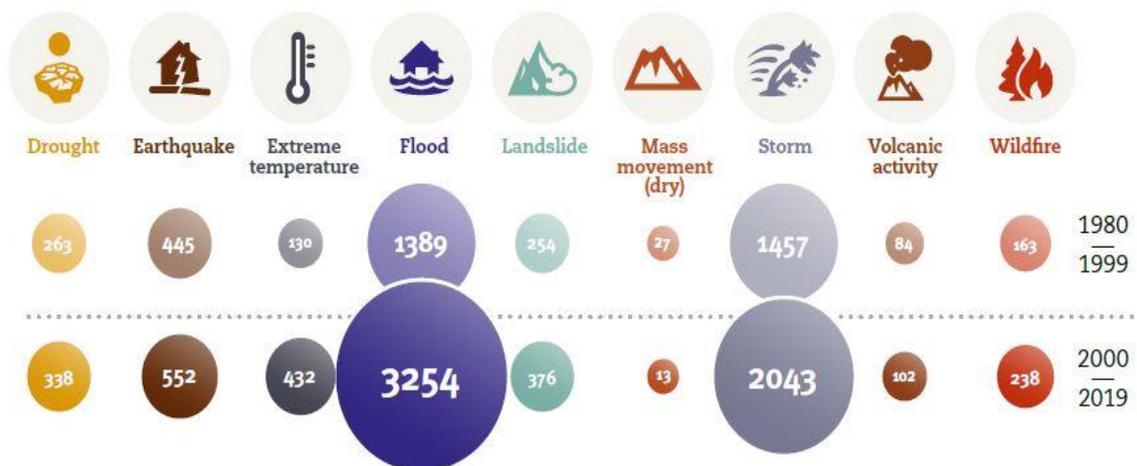


Abbildung 21: Übersicht über die Zunahme von Naturkatastrophen zwischen 1980 - 1999 und 2000 - 2019 (Below et al. 2019)

		Lu-Ping, Z., 2013. Multiple injuries after earthquakes: a retrospective analysis on 1,873 injured patients from the 2008 Wenchuan earthquake	Bar-On-2011 Orthopaedic management in a mega mass casualty situation - Haiti	Holtz, G., Post earthquake injuries treated at a Field Hospital - Haiti 2010	Bar-on-2016, Orthopedic Activity in Field Hospitals Following Earthquakes in Nepal and Haiti	Emami, Mohammad J., 2012-Strategies in Evaluation and Management of Bam Earthquake Victims	Mulvey, J. N., 2008-Profile of injuries arising from the 2005 Kashmir earthquake: the first 72 h	Smith, R. M., 2012- Disaster triage after the Haitian earthquake	Papadopoulos, I. N., 2004- Autopsy findings from 112 deaths in the 1999 Athens earthquake as a basis for auditing the emergency response	Mohebbi, H. 2012- Earthquake related injuries: Assessment of 854 Victims of the 2003 Bam Disaster transported to Tertiary Referral Hospital
Katastrophenart		Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe
Unterguppe		Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben
Studienart/Evidenz				medical record review		retrospektive Fallanalyse		report (IV)		
Gesamt	Anzahl Patienten Gesamt		1111	1369	1686		1502		143	
	Anzahl analysierte Patienten	1871	1041	581	1506	708	468	142	111	854
	Männer	934		333		392	261		58	457
	Frauen	936		236		316	207		53	387
	Kinder	204		169			150			
	Tote gesamt		17	17		1	2	17	111	14
	Tote so/ort (vor K+)								104	0
	Tote bis 48h						2	2	7	5
	Tote im Verlauf							8		11
	injury conditions	1871	684	581	388			142	105	
	non injury condition		427	0	1118			0	6	
	Fraktur Gesamt	1476	320	227	110		104	88		775
	Ambulant						1034			
	Stationär	1871					468			
	Weichteilschaden/ -infektion		207	169	61			17		471
	crush syndrom	111	8	50		8				
	Verbrennung	2						3		
	muskuloskeletal									
	AIS 1-2	265				180				
	minor wounded NOS									
Kopf/hals	Schädel-/Mandibulatraktur	109	7		5					183
	Gesamt NOS			104				4	192	
	Ohr									
	Auge									
	S+T	197								
	nicht spezifiziert	422					129			
thorax	Clavicula/Rippen/Scapula/Sternum		4		4	9		2		38
	Blut injury	228						1		43
	Hämato-/Pneumothorax	73								
	nicht spezifiziert	70					1		113	
	Kontusion	62								
	Inhalation injury									
	nicht spezifiziert	20					6	2	89	106
	Gyn									
	Organ- und Weichteilverletzung	105								
Becken	Fraktur	116	38		9	17				
	nicht spezifiziert	4						13		
Wirbelsäule	Fraktur	139	4		9	22				105
	nicht spezifiziert						42		27	
Extremitäten	Fraktur	884	218		92	136		44		419
	nicht spezifiziert		92			3			214	
	crush injury	41					266			
	Kompartiment	7				2		11		
	Amputation (Trauma&OP)	37	22	45	6	3	9	12		21
	Kontusion, Verstauchung, minor injury	82	98		118					
	walking wound, minor trauma, Laceration	233								
Polytrauma	Anzahl (ISS>15 oder AIS>4)								70	94
	Mortalität in %								100	
	critically mortality in %								100	
	Mortalität bis 48 h								4	
	Mortalität ab >8h									
	Versorgung individual									94
	Versorgung Katastrophe									
	keine Versorgung									
	2-3 Verletzungen	1025								226
	4-5 Verletzungen	36								37
	Durchtritt an Verletzung	1,7							5,7	
	infektiöse diseases									
	non communicable disease									
	Abwehrwege									
	Haut									
	Sepsis									
	Pneumonie									
	Uro									
	Kardio								6	
	GfN/Schwangerschaft									
	Gastroenterologie									
	Neugeborene									
	Höhenkrankheit									
Neuro/Psych	mental disorder/psych							6		
	nouro									
	Zahn									
	Diabetes									
	Müdigkeit/Dehydration									
	Fieber									
	Schmerz									
	Follow up/indications									
	refill/implung									
	shrapnell wounds									
Notizen						2 mal Kompartiment Beine, 2x Fettembolie, 8 mal ANV nach crush syndrom, 3 mal US Amputation wegen Inakt, Todesursache: 1 mal SHT	Todesursache: schweres SHT	Todesursache: 1x Tetanus, 2x Sepsis, 1x Sepsis nach OP, 2x Rhabdomyolyse und ANV nach Kompartiment, 2x nach massiver LE, 1x Ateminsuffizienz nach Querschnitt, 2x died on arrival, 2x perierativ	36 x ISS=75, Todesursache der ISS>15 immer Trauma, 31x Tod durch Asphyxie, 74 mal Tod durch Trauma, von den 7 Toten nach Erreichen der Notaufnahme	Todesursache 4 x Herzinfarkt, 3x Polytrauma, 19 Tote ohne Asphyxie waren potentiell verhinderbar, die Toten durch asphyxie waren potentiell auch verhinderbar, 293 lebensbedrohliche Verletzungen und 707 Verletzungen gesamt
Erdbeben										
inamide										
Hurricane										
Tsunami										
CRBN										

Abbildung 22: Case Report S. 1

	Gao, R-2012-Overview of polytrauma Patients in the first 10 days after Sichuan earthquake	Qiu, J-2010-Analysis of injuries and treatment of 3,401 inpatients in 2008 Wenchuan earthquake	Kang, P-2012-Medical evacuation management and clinical characteristics of 3,255 inpatients after the 2010 Yalu earthquake in China	Bozkurt, M-2007- The evaluation of trauma patients in Turkish Red Crescent Field Hospital following the Pakistan earthquake in 2005	Giri, S-2018-Impact of 2015 earthquakes on a local hospital in Nepal: A prospective hospital-based study	Ho, M. I.-2016- Humanitarian Assistance and Disaster Relief* mission by a tripartite medical team led by the Singapore Armed Forces after the 2015 Nepal earthquake	Lim, J. H.-2005-Medical needs of tsunami disaster refugee camps	Sharma, A. J.-2008-Chronic disease and related conditions at emergency treatment facilities in the New Orleans area after Hurricane Katrina	Greenough, P. G.-2008-Burden of disease and health status among Hurricane Katrina displaced persons in shelters: a population-based cluster sample
Katastrophenart	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe
Unterguppe	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Erdbeben	Tsunami	Sturm	Sturm
Studienart/Livdonanz		epidemiologisch, retrospektiv, Trauma Datenbank	Epidemiological study, level I						
Gesamt	Anzahl Patienten Gesamt	2100	3601	3255	2892			26230	
	Anzahl analysierte Patienten	70	3601	3255	1075	2003	3014	4710	3054
	Männer	27	1684	1784	632	790	1786	2487	1435
	Frauen	43	1713	1471	563	1213	1728	2223	1619
	Kinder	7	392		363	326	613		208
	Tote gesamt	21		7		15			
	Tote sofort (vor KH)	0							
	Tote bis 48h	20		3					
	Tote im Verlauf	1		4					
	injury conditions	70	3247	2622		1395	574	1374	6308
	non injury condition	0	154	633		396	2440	3336	17567
	Fraktur Gesamt	103		1431		624		9	
	Ambulant	0	0	0					
	Stationär	70	3601	3255					2004
	Weichteilschaden/ -infektion		305		276	106			
	crush syndrom			23					
	Verbrennung		11	43		11			
	muskuloskeletal				1075		823		
	AIS 1-2		2748						
	minor wounded NOS								
Kopf/hals	Schädel-/Mandibulatraktur	20		396		15			
	Gesamt NOS								
	Ohr						151		
	Auge								
	SHT								31
	nicht spezifiziert	63	791			67			
Thorax	Clavicula/Rippen/Scapula/Stern um	16	253		10	34		6	
	Blut injury								
	Hämato-/Pneumothorax	25	136	3/9		14			
	nicht spezifiziert					2			
	Kontusion								
	Inhalation injury								
Abdomen	nicht spezifiziert	26	97	121		29			
	Gyn								
	Organ- und Weichteilverletzung								
Recken	Fraktur			220	45	44			
	nicht spezifiziert								
Wirbelsäule	Fraktur		323	249	41	86			
	nicht spezifiziert		53	55					
Extremitäten	Fraktur	56	1639	399	212	442		3	
	nicht spezifiziert		741			68			
	crush injury			101		36			
	Kompartment					18			
	Amputation (Trauma&OP)	13	62		3	5			
	Kontusion, Verstauchung, minor injury								21
	walking wound, minor trauma, laceration					28			
Polytrauma	Anzahl (ISS-15 oder AIS24)	70	119			111			
	Mortalität in %	30%							
	critically mortality in %								
	Mortalität bis 48 h	20							
	Mortalität ab 48h	1							
	Versorgung individual								
	Versorgung, Katastrophe	0							
	keine Versorgung			186					
	2-3 Verletzungen			9					
	4-5 Verletzungen								
	Durchschnitt an Verletzung	3,2							
	Infektious diseases					1,3			
	non communicable disease					170			175
	Atemwege			42	438	107		1580	3054 Gesamt
	Haut				265		461	1374	371
	Sepsis						278		5
	Pneumonie			101					
	Uro			15	207				
	Kardio			40	110				1001
	GYN/Schwangerschaft			56					294
	Gastroenterologie			52	328	212			201
	Neugeborene			14			419	39	77
	Höhenkrankheit			259					
Neuro/Psych	mental disorder/psych neuro			9					79
	Zahn			17			36		21
	Diabetes						198		65
	Müdigkeit/Dehydration								59
	Fieber								
	Schmerz								
	Follow-up/medications								
	refill/Impfung								
	sharpell wounds								2798
Notizen	*The causes of death were respiratory failure (47.6%), severe acute brain trauma (28.5%), hemorrhagic shock (14.3%), and multiple system organ failure (9.5%)*		Mortalität: 4x Trauma assoziiert (2x crush syndrom)ANW, 1xS IT, 1xMMQ), 1xPhocomonic, 2x Tumor		Mortalität 6 mal durch earthquake related injury, 9 mal durch non earthquake related injury				

Abbildung 23: Case Report S. 2

		McNeill, 2006 Surveillance for illness and injury after Hurricane Katrina	Noe, R. S. 2013-Disaster related injuries and illnesses treated by American Red Cross disaster health services during Hurricanes Gustav and Ike	Brunkard, J. -2008- Hurricane Katrina deaths, Louisiana, 2005	Beaman, S.-2000- Morbidity and mortality associated with Hurricane Floyd- North Carolina, September- October 1999	Waring, S.C.-2002- Tropical Storm Allison rapid needs assessment- Houston, Texas, June 2001	Gates, J. 2014 The initial responding to Boston Marathon Bombing	Turégano-Fuentes, F - 2008-Injury Patterns from Major Urban Terrorist Bombings in Trains: The Madrid Experience	Aylwin, C. J.-2005- Reduction in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the London bombings on July 7, 2005	Boodram, B. -2002-Rapid Assessment of injuries Among Survivors of the Terrorist Attack on the World Trade Center — New York City, September 2001 (MMWR)
Katastrophenart	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Naturkatastrophe	Gesellschaftlich	Gesellschaftlich	Gesellschaftlich	Gesellschaftlich	
Untergruppe	Sturm	Sturm	Sturm	Sturm	Sturm	konventioneller Anschlag	konventioneller Anschlag	konventioneller Anschlag	Anschlag mit Fahrzeug	
Studienart/Evidenz									medical record review	
Gesamt	Anzahl Patienten Gesamt	11474	3863	986	59398		281	775	775	1688
	Anzahl analysierte Patienten	10047	3863	800	59398	420	127	512	775	1103
	Männer	5385	1693	512						729
	Frauen	4664	1871	455						374
	Kinder		703	20			10			
	Tote gesamt	5		986	52		3	191	56	4
	Tote sofort (vor K+)			682 (69%)			3	177	53 (95%)	
	Tote bei +8h			27			0	9	2	
	Tote im Verlauf			168			0	5	1	
	Injury conditions	4301	769	246	19601	17				790
	non injury condition	6550	4528		39795	44				152
	Fraktur Gesamt		22							46
	Ambulant	9671					52			810
	Stationär	376					75			181
	Weichteilschaden/ -infektion				16631					
	crush syndrome							89		39
	Verbrennung									
	muskuloskelettal									
	AIS 1-2									
	minor wounded NOS									
Kopf/Hals	Schädel-/Mandibulfraktur							57		
	Gesamt NOS									
	Ohr						15	253		
	Auge							95		204
	SHT		2					38		
	nicht spezifiziert									
Thorax	Clavicula/Rippen/Scapula/Sternum							44		
	Blast injury						2	43		
	Hämato-/Pneumothorax							44		
	nicht spezifiziert									
	Kontusion							58		386
	Inhalation injury									
Abdomen	nicht spezifiziert							24		
	Gyn									
	Organ- und Weichteilverletzung									
Berken	Fraktur							1		
	nicht spezifiziert									
Wirbelsäule	Fraktur							25		
	nicht spezifiziert									
Extremitäten	Fraktur							54		
	nicht spezifiziert									
	crush injury									8
	Kompartiment									
	Amputation (Trauma&OP)						12	12		
	Kontusion, Verstauchung, minor injury									108
	walking wound, minor trauma, laceration		227							110
Polytrauma	Anzahl ISS-15 oder AIS4)						35	72	20	
	Mortalität in %							19,5	15	
	Mortalität bis 48 h									
	Mortalität ab 48h									
	Versorgung individual						35			
	Versorgung katastrophe									
	keine Versorgung									
	2-3 Verletzungen		1,45					1,75		
	4-5 Verletzungen									
	Durchschnitt an Verletzung									
	infektiöse diseases									
	non communicable disease					3				
	Atemwege		959			21				
	Haut		271		8910					
	Sepsis									
	Pneumonie									
	Uro									
	Kardi		220	110	5916	4				
	GYN/Schwangerschaft									
	Gastroenterologie		410			24				
	Neugeborene									
	Höhenerkrankheit									
Neuro/Psych	mental disorder/psych		305	4		5				
	neuro		34			14				
	Zahn									
	Diabetes		174							
	Müdigkeit/Dehydratation					2				
	Fieber		54							
	Schmerz		985							
	Follow up/medications									
	reiß/ opening	2718	894					211		
	strappnell wunden									
Kurztext	5x CO Intoxikation in der ersten Woche nach Hurrikan			Todesursache: 387 ertrunken, 246 Verletzte, 4x Selbstmord, andere bekannte Todesursachen: Diabetes, COPD, Sepsis, Krebs	19 Hypothermie Fälle Todesursache: 36 mal ertrinken, 7x VU, 4 x Myokardinfarkt, 2x Verbrennung und Trauma, 1x Hypothermie, 1x Strom 1x Sturz,		"Nine of these 14 subsequent fatalities occurred within minutes or hours of admission, from multiple-injuries that could not be fully assessed clinically in some cases; severe head trauma, respiratory insufficiency, and multiple-fractures were common among them." 1/3 hatte eine thorakale Aortenverletzung	Todesursache: 1x massive Blutung in den Thorax im OP, 1x Hirntod nach CPR im RTW bei hypovolärem Schock, 1x schweres SHT		
Erdbeben										
manmade										
Hurricane										
Tsunami										
CRSN										

Abbildung 24: Case Report S. 3

	Cushman (2003) Two New York City hospitals' surgical response to the September 11, 2001, terrorist attack in New York City	Kirschbaum (2005) The experience at St. Vincent's Hospital, Manhattan, on September 11, 2001: Preparedness, response, and lessons learned	Li, G. Q.-2015-A descriptive analysis of injury triage, surge of medical demand, and resource use in an university hospital after 8.12 Tianjin Port Explosion, China	Yu, M.-2016-Evaluation of fatal injury patients from the 2013 Tianjin explosions in China	Alam, S.-2017-Pattern of injuries and Treatment Given to Victims of Rana Plaza Tragedy in a Level II Armed Forces Medical Facility in Bangladesh	Sekoye-Fubara, D.-2011-Aero-dialysis in Port Harcourt, Nigeria: a case study	Ackermann, Ole-2011-Patientenversorgung bei der Loveparade 2010 in Duisburg	Willing, L.-2005-The café fire on New Year's Eve in Volendam, the Netherlands: description of events	Huls, E.-1999-Die ICE-Katastrophe von Eschede - Erfahrungen und Lehren - Eine Interdisziplinäre Analyse
Katastrophenart	Gesellschaftlich	Gesellschaftlich	Technisch	Technisch	Technisch	Technisch	Gesellschaftlich	Technisch	Technisch
Untergruppe	Anschlag mit Fahrzeug	Anschlag mit Fahrzeug	Unfall C-Betrieb	Unfall C-Betrieb	Einsturz Gebäude	Absturz Luftfahrtojekt	Massenpanik	Brand Gebäude	Unfall Personenzug
Studienart/Evidenz								Full Report	
Gesamt	Anzahl Patienten Gesamt			322	423	106		243	
	Anzahl analysierte Patienten	911	674	298	75	423	97	473	208
	Männer			58	135			279	162
	Frauen			17	289			193	83
	Kinder			0	90				
	Tote gesamt	10	4	3	1	25	106	21	14
	Tote sofort (vor KH)							4	29%
	Tote bei 48h			2	1			5	
	Tote im Verlauf			1	0			5	
	Injury conditions non injury condition								5
	Fraktur Gesamt			24	75				208
	Ambulant	776		237	231			276	0
	Stationär	135		59	90			197	
	Weichteilschaden/-infektion crush syndrom		17			169			
	Verbrennung muskuloskeletal AIS 1-2	8	17	33	31	1	48	215	
	minor wounded NOS	776			231	90		99	
Kopf/Hals	Schädel-/Mandibulfraktur Gesamt NOS			8		25		86	
	Ohr			9	18				
	Auge		248	31	11				
	SHT			4	9		11		
	nicht spezifiziert			44	17				
Thorax	Clavicula/Rippen/Scapula/Sternum			3		5			
	Blast injury Hämato-/Pneumothorax nicht spezifiziert			6	7	9		40	
	Kontusion inhalation injury			2	5			67	
Abdomen	nicht spezifiziert Gyn			0		10		39	
	Organ- und Weichteilverletzung								
Becken	Fraktur nicht spezifiziert			0		5			
Wirbelsäule	Fraktur nicht spezifiziert			7		7		14	
Extremitäten	Fraktur nicht spezifiziert crush injury Kompartment Amputation (Trauma&OP) Kontusion, Verstauchung, minor injury walking wound, minor trauma, Laceration			8 42 3		70 75 15		142	
Polytrauma	Anzahl (ISS>15 oder AIS24) Mortalität in % critically mortality in % Mortalität bis 48 h Mortalität ab 48h Versorgung individual Versorgung katastrophe keine Versorgung 2-3 Verletzungen 1-5 Verletzungen Durchschnitt an Verletzung	20 37,5	21 27,27 2	11 27,27 1 11		42 37 kein ISS		70 3 1 Tod 67	
	infektious diseases non communicable disease Atemwege Haut Sepsis Pneumonie Uro Cardio GYN/Schwangerschaft Gastroenterologie Neuroborone Höhenkrankheit mental disorder/psych neuro Zahn Diabetes Müdigkeit/Dehydration Fieber Schmerz Follow up/medications refill/Impfung Schrapnell wunden		9 10				8 18 3		
Notizen		10x schwere Inhalationstraumen	Todesursachen: 1x hämorrhagischer Schock und 2x CPR, 1x hämorrhagischer Schock, Hypothermie und metabolische Azidose, 1x drittdgradige Verbrennung und MOF->Tod nach 15d, 9x schwere Verbrennung, 1 Amputation, 1 Inhalation injury, 7x Schock, 5x CPR unter 11 Polytraumen	9 schwere und sehr schwere Verbrennungen	Todesursachen: akutes Nierenversagen nach crush syndrom, ARDS nach stumpfem Thoraxtrauma, Komplikationen nach Schwereem SHT und multiple Verletzungen, 1x "died due to sustenance of an accidental severe head injury during a	alle 48 Opfer mit schweren Verbrennungen, 21 mehrfach verletzte mit schweren Verbrennungen, 11x schweres SHT,	Todesursache bis 48h: 5x direkte Folge der schweren Verbrennung/Verletzung (TASA 90km Schritt), Todesursache nach 48h: 3 mal Verbrennungskomplikationen, 1mal Endokarditis, 1 mal schweres SHT	Todesursache: 1x zentrale Lähmung bei schwerem SHT, 20x offenes SHT mit Polytrauma, 23 mal geschlossenes SHT mit Polytrauma, 16x Polytrauma ohne SHT, 3 isoliertes Thoraxtrauma 8x Körperzerstörungen	

Abbildung 25: Case Report S. 4

