



Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik



Hochschule Magdeburg-Stendal (FH)

Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit

**Experimentelle Untersuchung und Optimierung der
Dekontamination von Verletzten bei einer
C(B)RN-Gefahrenlage durch Organisationen der
nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr**

Bachelorarbeit

vorgelegt von: Patrick Sudhoff

Matrikelnummer: 20122499

Erstgutachter: M. Sc. Tim-Michael Romahn

Zweitgutachter: Dipl.-Ing. Torge Malchau

Magdeburg, den 29.07.2016

I. Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit zeigt durch eine gezielte experimentelle Untersuchung Verbesserungsmöglichkeiten zur Dekontamination Verletzter bei chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahrenlagen am Beispiel des Abrollbehälters-Verletztendekontamination (AB-V Dekon) der Feuerwehr Braunschweig auf. Zusätzlich zur Analyse der aktuellen Gefährdungslage in Deutschland und einem internationalen Vergleich der Dekontaminationsmethoden werden ausgewählte Konzepte vorgestellt und hinsichtlich ihrer praktische Anwendbarkeit bewertet. Auf Basis des Rahmenkonzeptes zur Dekontamination Verletzter wurde ein Versuchsaufbau zur Verletztendekontamination entwickelt, in dem 24 Probanden mit einer fluoreszierenden Simulationssubstanz vorbereitet und anschließend durch Einsatzkräfte dekontaminiert wurden. Die Bestimmung der Kontaminationen erfolgte dabei digital mittels eines bildgebenden Verfahrens. Im Fokus des Experimentes liegt insbesondere die Untersuchung und Optimierung der Effektivität des Prozesses sowie eine kritische Auseinandersetzung mit der derzeit empfohlenen Wassertemperatur von 28°C. Hierzu wurde das persönliche Empfinden der Probanden mittels eines Fragebogens hinsichtlich einer Erhöhung auf 35°C analysiert und eine Aufzeichnung der Körpertemperatur vorgenommen. Aus den gewonnenen Ergebnissen werden Handlungsempfehlungen entwickelt, die für die Aus- und Fortbildung der Hilfsorganisationen verwendet werden können und zu einer ganzheitlichen Verbesserung der Verletztendekontamination beitragen sollen.

II. Abstract

The following bachelor's thesis is about a systematic experimental research project to improve the mass casualty decontamination at chemical, biological, radiological and nuclear incidents. The purpose of this study is to investigate the effectiveness of mass casualty decontamination by using a 'roll-off container' and to make a comparison between a water temperature of 28 °C and 35 °C. Additionally, the situation in Germany is presented through an analysis of the threat situation and an evaluation of selected concepts including an international overview. During the experiment 24 subjects were contaminated with a fluorescent substance following a decontamination by the fire brigade Braunschweig. The contamination and body temperature were measured digitally before and after decontamination. The subjects were also asked for their own impressions using a Likert-scaled survey. As a result of the experiment a recommendation for action in fire & rescue services is given.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Bachelorarbeit stehen.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form als Bachelorarbeit eingereicht und ist als Ganzes auch noch nicht veröffentlicht.

Magdeburg, den 29.07.2016

Patrick Sudhoff

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Zunächst gebührt mein Dank Herrn Romahn und Herrn Malchau, die meine Bachelorarbeit begutachtet und stets zuverlässig betreut haben. Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Kosemund für seine exzellente fachliche Unterstützung, besonders während der Vorbereitung und Durchführung der praktischen Versuche, bedanken.

Ein großer Dank gilt ebenfalls der Feuerwehr der Stadt Braunschweig und insbesondere den Kameradinnen und Kameraden der Ortsfeuerwehr Innenstadt für die zeitintensive Mitarbeit und das Einbringen ihrer Expertise in den Versuch. Gleichzeitig möchte ich mich bei allen Proband/-innen und Helfer/-innen für ihre Teilnahme bedanken, ohne die diese Versuchsdurchführung ebenfalls nicht möglich gewesen wäre. Ein besonderer Dank gilt hier vor allem den Feuerwehren Clausthal-Zellerfeld und Wildemann sowie der Johanniter-Unfallhilfe e.V. aus Magdeburg.

Ich bedanke mich bei meinen großartigen Freunden und Kommilitonen, welche mich bei der Versuchsdurchführung ebenfalls unterstützt haben und die während des gesamten Studiums immer für mich da waren.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und insbesondere bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung überhaupt erst ermöglicht haben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
1 Einführung in die Thematik	1
1.1 Motivation und Zielstellung	2
1.2 Analyse der Gefährdungslage in Deutschland	3
1.3 Methodik und Eingrenzung des Themas	7
2 Grundlagen der Verletztendekontamination	9
2.1 Rechtsvorschriften	9
2.2 Dekon-V Konzepte	11
2.3 Exkurs: Andere Länder [EU/USA]	22
2.4 Stand der Forschung	25
3 Dekontamination mittels AB V-Dekon	30
3.1 Aufbau und Ablauf der Dekontamination	31
3.2 Rahmenbedingungen und Vorbereitung	34
3.3 Versuchsdurchführung	37
4 Ergebnisse	41
4.1 Effektivität der Dekontamination nach Rahmenkonzept	44
4.1.1 Entkleiden	49
4.1.2 Spot-Dekontamination	49
4.1.3 Ganzkörper-Dekontamination	50
4.2 Veränderung der Wassertemperatur	51
5 Diskussion	53
5.1 Bewertung der Anwendertauglichkeit von Dekon-V Konzepten	53
5.2 Auswertung der Versuchsergebnisse	56
5.3 Fehlerbetrachtung	62
6 Handlungsempfehlungen	65
7 Fazit und Ausblick	73

Literaturverzeichnis	74
A Anhang	i
A.1 Gefährdungsbeurteilungen	i
A.2 Versuchsprotokolle	xv
A.3 Fragebogen	xix

Abbildungsverzeichnis

2.1	Taktisches Ablaufschema der Verletztendekontamination	11
2.2	Dekon-Stufen des ABC-Schutz-Konzept Niedersachsens	15
2.3	Erweiterung der Dekon-Stufe II	16
2.4	Notdekontamination mit zwei Löschfahrzeugen	17
2.5	Beispielhafte Raumordnung an einem Krankenhaus	20
2.6	Reinigungskreis nach Sinner	26
3.1	Platzbedarf des Abrollbehälter V-Dekon	31
3.2	Ablaufdiagramm zur Durchführung der Dekontamination von Ver- letzten bei einem CBRN-Ereignis	33
3.3	Skizzierter Versuchsablauf	34
3.4	Ausbringschema der Kontaminations-Simulationssubstanz	35
3.5	Vorbereiteter Proband im AB-Personal	36
3.6	Spot-Dekontamination mit Aufsetzen der Schutzmaske	39
3.7	Ganzkörperdekontamination im Abrollbehälter	39
3.8	Auswertung der nachbearbeiteten Aufnahmen	40
4.1	Histogramm zur Altersverteilung der Probanden	41
4.2	Fragebogen-Auswertung: Vorerfahrung und Einschätzung der Pro- banden	43
4.3	Fragebogen-Auswertung: Informationsfluss und Kommunikation . . .	43
4.4	Box-Plot-Diagramm mit Gesamtreduktion der Kontamination aus bei- den Versuchstagen	44
4.5	Histogramm und Q-Q-Plot der Messergebnisse des 1. Versuchstages .	46
4.6	Histogramm und Q-Q-Plot der Messergebnisse des 2. Versuchstages .	46
4.7	Fragebogen-Auswertung: Empfinden der Wassertemperatur	52
4.8	Fragebogen-Auswertung: Allgemeines Temperaturempfinden	52
5.1	Regionale Körpertemperaturen in Abhängigkeit der Umgebungstem- peratur	59
5.2	Verteilung der Körpertemperatur	60
5.3	Natürliche Schwankungen der Körperkerntemperatur	63
5.4	Schalldämpfer des Gebläsefilteranzuges mit Verbindungselement . . .	64

6.1	Anwendung von Piktogrammen zur visuellen Kommunikation	69
6.2	Schnittlinien zur Entkleidung des Patienten	70
6.3	Beispielhaftes Hygieneboard eines Löschfahrzeuges	71

Tabellenverzeichnis

2.1	Vorsichtung und Einteilung nach Verletztenspektren	12
2.2	Zusammenstellung der SEG-VerKON	19
2.3	Europäischer Vergleich zur Durchführung und Zuständigkeit der Ver- letztendekontamination	23
3.1	Personalübersicht des Verletzten-Dekontaminations-Zuges 25 NRW .	32
4.1	Verteilungsanalyse der in Abbildung 4.4 dargestellten Gesamtreduk- tionen	45
4.2	Ergebnisse des Signifikanztests nach Shapiro-Wilk	46
4.3	Absolute Anfangskontamination (AK) und relative Kontamination der Bekleidung (rel. K.) beider Versuchstage	48
4.4	Teilreduktion nach Entkleiden und Spot-Dekontamination mit ge- trennter Betrachtung nach Körperseite(n) und Angabe der relativen Kontamination	50
4.5	Teilreduktion nach Ganzkörperdekontamination mit getrennter Be- trachtung nach Körperseite(n) und Angabe der relativen Restkonta- mination	51
4.6	Änderung der Körpertemperatur in Abhängigkeit der Wassertempe- ratur	52

Abkürzungsverzeichnis

AB	Abrollbehälter
ABC	Atomar, biologisch, chemisch
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
CWA	Chemical Warfare Agents (Kampfstoffe)
CBRN	Chemisch, biologisch, radioaktiv, nuklear
Dekon-V	Dekontamination von Verletzten und ungeschützten Personen
Dekon-LKW-P	Dekontaminationslastkraftwagen Personen
FwDV	Feuerwehrdienstvorschrift
GFA	Gebläsefilteranzug
MANV	Massenanfall von Verletzten
MTF	Medical Task Force
ORCHIDS	Optimisation through Research of Chemical Incident Decontamination Systems
PEG	Polyethylenglycol
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PSNV	Psychosoziale Notfallversorgung
RSDL	Reactive Skin Decontamination Lotion
SEG	Schnelleinsatz-Gruppe
SKK	Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Bevölkerungsschutz
TIC	Toxische Industriechemikalien
vfdb	Verein zur Förderung des deutschen Brandschutzes
WLF	Wechselladerfahrzeug

1 Einführung in die Thematik

Der Umgang mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahrstoffen (Abkz. CBRN) ist in unserer heutigen industrialisierten Gesellschaft allgegenwärtig. Hierzu zählen der Transport von gefährlichen Gütern auf den Verkehrswegen, die Verwendung von Chemikalien im Haushalt und in der Industrie aber auch der Umgang mit radioaktivem Material in Forschungseinrichtungen, Kernkraftwerken und Krankenhäusern oder die Bedrohung durch gefährliche Krankheitserreger. Dabei besteht die Möglichkeit, dass es zu einer ungewollten oder teilweise sogar beabsichtigten Freisetzung von Substanzen kommt, welche Menschen, Tiere, Sachwerte und die Umwelt gefährden können. Kommt es zu Einwirkungen auf den menschlichen Körper (ggf. im Zusammenhang mit dem Eintreten einer Explosion¹), kann dies zu schweren Verletzungen oder sogar zum Tod der Betroffenen führen. Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) wie beispielsweise Feuerwehr und Rettungsdienst übernehmen dabei in ihrer Kernfunktion die Rettung von Menschenleben [1].

Die Überlebenschancen kontaminierter Verletzter hängt maßgeblich von der Einwirkzeit des Gefahrstoffes ab, sodass das Ziel in einer frühzeitigen und effektiven Dekontamination der Betroffenen liegt. Bevor Patienten in einem Krankenhaus versorgt werden können, müssen diese zwingend von Gefahrstoffen befreit werden, um eine Kontaminationsverschleppung und damit eine Sekundärkontamination der kritischen Infrastrukturen auszuschließen [2]. Grundsätzlich ist bei einer größeren Freisetzung von CBRN-Gefahrstoffen von einer Flächenlage auszugehen, die Gebiets- und sogar Landesgrenzen überschreiten kann. Sofern es zu einer räumlichen Ausdehnung der Stoffe kommt, können sich auch die Zuständigkeiten für die Hilfeleistung ändern. Neben einer komplizierten und aufwändigen Identifikation der Gefahrstoffe entwickeln solche Lagen oftmals eine hohe Eigendynamik, die ohne spezielle Fachkenntnis und Ausbildung nur schwer handhabbar ist [1]. Alles in allem kann ein Einsatz dieser Dimension daher nur durch eine solide Vorbereitung, regelmäßige Übungen und eine gute Zusammenarbeit zwischen den Hilfsorganisationen beherrscht werden [3]. Die folgende Arbeit setzt sich mit dem aktuellen Forschungsstand zum Thema Verletztendekontamination auseinander und zeigt mittels Realisierung einer umfangreichen Versuchsdurchführung Optimierungsmöglichkeiten und

¹Hierfür wurde die Abkürzung CBRN(E) eingeführt.

Handlungsempfehlungen auf, die für die Aus- und Fortbildung berücksichtigt werden sollten.

1.1 Motivation und Zielstellung

Die Problematik der Verletztendekontamination ist ein immer noch stark unterschätztes Thema: Erst diverse Unglücke und Katastrophen zeigten das Gefahrenpotenzial von CBRN-Gefahrstoffen auf. So war die Dekontamination lange Zeit auf die Personendekontamination im Rahmen des Zivilschutzes beschränkt. Während viele Feuerwehren die medizinische Versorgung nicht als ihre eigentliche Aufgabe betrachteten, sah sich der Rettungsdienst ohne entsprechende Schutzausrüstung erst nach einer Dekontamination für die Versorgung verantwortlich [4, S. 17]. Durch die jahrzehntelange Vernachlässigung dieses Themas und der rasanten Weiterentwicklung der Industrie gibt es in diesem Bereich einen massiven Nachholbedarf.

Erst Anfang 2001 fanden sich in Deutschland erste wissenschaftliche Projekte wie zum Beispiel der Zivilschutzforschungsbericht Nr. 44, der sich mit einem *Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung* beschäftigte [4]. Im Jahre 2006 legte der Bund zur Fußballweltmeisterschaft mit dem *Rahmenkonzept zur Dekontamination verletzter Personen* der Bund-Länder-Arbeitsgruppe erstmals ein einheitliches Konzept zur Verletztendekontamination vor [5]. Dieses bis heute noch gültige, aber überarbeitungsbedürftige Konzept war damit das Erste, das überhaupt einen einheitlichen Handlungsablauf ermöglichte [6, S. 17].

Da es sich bei der Verletztendekontamination um ein sehr komplexes Thema handelt, die Ausrüstung zum Teil hohe Kosten verursacht und verschiedenste Fachrichtungen, Interessenverbände und Hilfsorganisationen zusammenarbeiten müssen, besteht immer noch ein enorm hoher Forschungs- und Handlungsbedarf [7]. Viele Gemeinden und Kommunen scheuen sich davor, sich mit dem Thema auseinanderzusetzen, da es auf den ersten Blick einen hohen zeitlichen, finanziellen und materiellen Aufwand erfordert, ein entsprechendes Konzept aufzustellen. Oftmals wird vernachlässigt, dass die entsprechende Grundaustattung zur Dekontamination schon bei den örtlichen ABC-Einheiten vorhanden ist und durch entsprechende Ausbildung eingesetzt werden könnte. Selbst kleinere Feuerwehren können mit wasserführenden Fahrzeugen und einfachen Hilfsmitteln eine Not-Dekontamination Verletzter durchführen [8]. Die Verantwortlichkeit liegt hierbei bei der örtlich zuständigen Gefahrenabwehrbehörde [5].

„Nicht jeder braucht alles zu können bzw. (nicht) alle müssen alles vorhalten. Eine sinnvolle Gefahrenabwehrplanung, auch interkommunal, ist vorzunehmen [9, S. 5].“

Als langjähriges aktives Mitglied in einer freiwilligen Feuerwehr und im Katastrophenschutz ist dem Verfasser sowohl die Dekontamination als auch die Versorgung von Verletzten bei einem Großschadensereignis (Massenanfall von Verletzten) bekannt. Ziel ist es, beide Themengebiete im Rahmen der Verletztendekontamination zusammenzuführen und zu optimieren. CBRN-Einsätze stellen schon für sich allein aufgrund der erhöhten Eigengefährdung für die Einsatzkräfte und der teilweise nur unzureichenden Möglichkeit, die Gefahren zu erkennen, eine enorme Herausforderung dar [10].

„Wenn in einem Ereignisfall die Einsatzkräfte falsch ausgerüstet und ungenügend ausgebildet sind, dann können die Fehler nicht mehr korrigiert werden. Sie würden im Ereignisfall die Einsatzkräfte in Lebensgefahr bringen [1, S. 7].“

Da der Schutz der Einsatzkräfte die höchste Priorität darstellt, sollte dies bei der Planung der Einsatzkonzepte berücksichtigt werden.

1.2 Analyse der Gefährdungslage in Deutschland

Der Bericht der Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern (2011) kommt zu dem Ergebnis,

„dass jede, und damit auch die bundesdeutsche Gesellschaft, trotz vielfältiger Bemühungen um die Gefahrenabwehr und ihre -bewältigung ein ernst zu nehmendes Maß an Verletzlichkeit ('Vulnerabilität') besitzt, und dass man von der Unvermeidlichkeit dessen ausgehen muss, dass Schwerstes ('Katastrophen') in der Tat eintreten kann [11, S. 23].“

In der Wissenschaft wird das Risiko dabei durch das Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß ($R = H \times S$) quantifizierbar. Die Berechnung dieser basiert häufig auf Überlegungen und Erfahrungswerten vergangener Ereignisse. So können Ereignisse mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit, aber einer großen Schadensschwere ein schwer absehbares Risiko darstellen, wie beispielsweise die Zerstörung des Kernkraftwerkes in Fukushima beweist [11, S. 19]. Daher sei die „Anwendung der üblichen Risikoformel [...] keine hinreichende Grundlage für die Ausgestaltung des CBRN-Schutzes im Bevölkerungsschutz [12, S. 24].“

Die subjektive Bewertung der Risiken hängt maßgeblich von der individuellen beziehungsweise gesellschaftlichen Akzeptanz und deren Bewältigungsfähigkeit ab. Nicht jede Bevölkerungsschicht reagiert bei einer Gefahrenlage identisch. Es gibt daher neue Ansätze die Gefährdungslage sowohl aus naturwissenschaftlicher als auch aus sozialwissenschaftlicher Sicht zu betrachten. Neben der probabilistischen Gefahrenanalyse fließen hierbei die Vulnerabilität und Resilienz (Bewältigungsfähigkeit) als wichtige Faktoren in die sogenannte Verwundbarkeitsbewertung von CBRN-Ereignissen ein. Dieser in der DIN CEN/TS 16595 (vor-)genormte Begriff beinhaltet eine quantitative Analyse durch Verwundbarkeitsindikatoren, wie beispielsweise die Zugänglichkeit zu kritischen Infrastrukturen, die Selbsthilfefähigkeiten der Bevölkerung, aber auch die Bewusstseinsbildung zur Verwundbarkeit [13].

Für die Bemessung und den Eintritt eines CBRN-Zwischenfalls solle daher grundsätzlich von folgenden Annahmen ausgegangen werden [13, S. 12]:

- Stoffinformationen werden möglicherweise nicht sofort zur Verfügung stehen
- Einsatzkräfte können durch Flächenlagen selbst betroffen sein
- Opfer werden an Behandlungsstellen nur mit geringer oder keiner Vorwarnzeit eintreffen
- Bis zu 80 % der Betroffenen reagieren selbstbezogen und unvorhersehbar
- Betroffene werden selbstständig und ohne Dekontamination die nächstgelegenen Behandlungsstellen (z.B. Krankenhäuser) aufsuchen

Vergangene Ereignisse zeigen, dass auch kleinere Stofffreisetzungen in Beteiligung großer Menschenmengen weitreichende Folgen haben können: So kam es 2015 in Berlin zu einem Chlorgasaustritt in einem Schwimmbad, bei dem 24 Personen verletzt wurden [14]. Im Juli 2016 mussten auf dem Wiesenfest im oberfränkischen Naila über 50 Personen nach einen Reizgas-Angriff dekontaminiert und medizinisch versorgt werden [15].

Auch in chemischen Anlagen kommt es immer wieder zu Zwischen- und Störfällen: Das tragische Unglück von Seveso im Jahre 1976 und die Katastrophe von Bhopal im Jahre 1984 zählen mit tausenden Toten zu den größten Chemieunfällen der Geschichte und zeigen auf, welches Gefahrenpotenzial in vielen chemischen Anlagen besteht [16]. Auf Basis dieser Ereignisse wurde die EU-Seveso-Richtlinie erstellt, welche in Deutschland hauptsächlich durch das Bundesimmissionsschutzgesetz umgesetzt wurde und Anforderungen an die Anlagensicherheit stellt [17]. Laut Datenbank des Chemical Abstracts Service gibt es weltweit derzeit über 100 Millionen registrierte chemische Verbindungen [18]. Die Gesamtproduktion von Chemikalien

lag im Jahr 2013 in der Europäischen Union bei circa 322 Millionen Tonnen. Davon wurden über 200 Millionen Tonnen als giftig eingestuft und somit als *Toxische Industriechemikalien* klassifiziert [19]. Deutschland bildet dabei den größten Chemie-Standort Europas und erwirtschaftet mit rund 2000 Chemiebetrieben ein Viertel der europäischen Gesamtproduktion [20].

Die Transportwege stellen ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Gefahrenquelle dar. So wurden nach Schätzungen des statistischen Bundesamtes im Jahr 2013 insgesamt über 294 Millionen Tonnen Gefahrgüter transportiert, von denen rund 35 Millionen Tonnen als giftig oder ätzend eingestuft wurden. Bemerkenswert ist, dass circa 55% der Gefahrguttransporte über den Straßenverkehr erfolgten [21]. Der potenziell mögliche Unfall eines mit hochtoxischen Chemikalien beladenen Gefahrguttransportes könnte in einem großen Ballungszentrum somit zu tausenden Betroffenen führen [3]. So definiert die Schutzkommission für die Aufstellung von Spezialkräften oberhalb des Grundschutzes (Versorgungsstufe 3 und 4) ein Bemessungsszenario mit einer Kontamination einer "Vielzahl von Menschen" mit Acetylcholinesterasehemmern, zu welchen zum Beispiel das Insektizid E 605 sowie die Nervenkampfstoffe Sarin und Tabun zählen. Diese stellen aufgrund ihrer hohen Toxizität die größte Gefahr für den Individualpatienten dar [3].

Neben der Gefahr eines Unfalls im Transportwesen oder in einer industriellen Anlage, belegen zahlreiche Ereignisse der vergangenen Jahre, dass Naturkatastrophen und Terrorismus ebenfalls zu einem Großschadensereignis mit Beteiligung von CBRN-Gefahrstoffen führen können. So kam es im Jahre 2011 durch ein schweres Erdbeben und nachfolgendem Tsunami zu einer Beschädigung des Kernkraftwerkes in Fukushima-Daichi. Infolgedessen kam es zu einer großen Freisetzung radioaktiven Materials in die Umwelt [7]. Unfälle in Nuklearanlagen stellen somit trotz hoher Sicherheitsmaßnahmen eine nicht auszuschließende Gefahr dar [22].

Spätestens seit den Terroranschlägen im Jahre 2001 in den USA und den in den vergangenen Jahren zunehmenden Anschlägen in Westeuropa rückt die Bedrohung durch Terrorismus immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit [23, S. 23]. Während im vergangenen Jahrhundert vermehrt die Auseinandersetzungen zwischen verschiedenen Ländern, wie zum Beispiel im Kalten Krieg, die größte Gefahr darstellten, wird diese heutzutage vermehrt von der sogenannten *asymmetrischen Bedrohung* verdrängt. Damit werden Konflikte bezeichnet, bei denen sich die Parteien in diversen Eigenschaften² fundamental unterscheiden [11]. Vergangene Anschläge, wie zum Beispiel der Sarin-Anschlag der AUM-Sekte im Jahre 1995 in Tokyo zeigen, dass von

²Anzahl, Kampfkraft, Kampfmethoden, Kriegsziel, völkerrechtlicher Status der Akteure sowie rechtlicher Status der Kombattanten

chemischen Kampfstoffen (*Chemical Warfare Agents*) eine immer noch ernstzunehmende Bedrohung für die Bevölkerung ausgeht. Als besonders problematisch stellte sich hierbei die massive Kontaminationsverschleppung heraus, da sich über 70% der Betroffenen selbstständig und ohne Dekontamination in die Kliniken begaben [24]. Infolgedessen zeigten sich bei rund 110 Mitarbeiter/innen des Krankenhauses akute Intoxikationssymptome. 135 Rettungskräfte waren so weit betroffen, dass sie ihre Tätigkeit einstellen und sich in medizinische Behandlung begeben mussten [2, S. 369]. Auch wenn dieser Anschlag einige Jahre zurückliegt, schließen Experten heutzutage eine Verwendung von CBRN-Kampfstoffen nicht aus, da Al Qaida und andere terroristische Gruppierungen diese bereits mehrfach in Erwägung zogen [25, S. 437].

Neben einem potenziellen Erstschlag und der nachfolgenden Schädigung der Infrastruktur³ stellen Terroranschläge gegenüber herkömmlichen Unfällen ein enormes Risiko für die öffentliche Sicherheit und Ordnung dar, da ihr Kernziel in der Verängstigung der Bevölkerung liegt und dies zu einem Misstrauen in die freiheitlich-demokratische Grundordnung führen kann. Ein wichtiges Ziel liegt daher in einer effektiven Risiko- und Krisenkommunikation staatlicher Akteure [12]. Laut einem Bericht des Europäischen Parlamentes setzte der selbsternannte “Islamische Staat“ in Syrien und Irak bereits kleinere Mengen Chlor- und Senfgas ein. Es ist davon auszugehen, dass die Organisation Zugang zu Rohmaterial zur Synthese von weiteren chemischen und biologischen Waffen hat - mit dem Ziel diese auch in Europa einzusetzen [26].

Nach Aussagen der Internationalen Atomenergieaufsichtsbehörde und des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe muss ebenfalls mit der Herstellung einer *radiologischen Dispersionsvorrichtung*⁴ gerechnet werden, mit dem Ziel schwach- bis mittelradioaktives Material über einem urbanen Gebiet zu verteilen. Inwieweit dieses Material nach Deutschland gelangen und ein derartiger Anschlag mit CBRN-Mitteln geplant und durchgeführt werden könnte, ist jedoch nur bedingt abschätzbar [27].

Für die Risikoanalyse auf Bundesebene gemäß Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz werden derzeit mehrere Teilszenarien zum Thema “Freisetzung chemischer Stoffe“ erstellt, welche sowohl außerplanmäßige Störfälle als auch kriminelle Intentionen beinhaltet.

³Zu denen auch Rettungskräfte zählen können.

⁴Die Verteilung von CBRN-Stoffen mittels konventionellem Sprengstoff wird umgangssprachlich auch als “schmutzige Bombe“ bezeichnet.

Hierzu zählen nach aktuellen Planungsstand u.a. die:

- gezielte Ausbringung einer toxischen Substanz in einem Gebäude mit hohem Publikumsverkehr;
- gezielte Beschädigung eines Lagertanks einer industriell umfangreich genutzten gasförmigen Chemikalie;
- gezielte Freisetzung toxischer Substanzen aus Gefahrguttransportern;
- Sprengung eines Flüssiggastankwagens [20].

Eine vorläufige Ausbreitungssimulation für eine gezielte Freisetzung aus einem Gefahrgut LKW zeigte, dass es mit einfachen Mitteln möglich ist, ein Areal von ca. 180.000 m² mit einer hochtoxischen Substanz so zu kontaminieren, dass für ungeschützte Menschen mit einer fluchtbehindernden bis hin zu einer letalen Dosis zu rechnen sei. Unter Betrachtung medizinischer Gesichtspunkte ist davon auszugehen, dass diese Szenarien mit teilweise über eintausend kontaminierten Verletzten einhergehen können [20, S. 13ff.]

1.3 Methodik und Eingrenzung des Themas

Zunächst wurde eine Literaturrecherche mit den Stichworten “Verletztendekontamination; Dekontamination von Verletzten; Dekon-V; mass casualty decontamination; CBRN und ABC-Gefahren“ durchgeführt. Als Suchmöglichkeit wurde unter anderem der Bibliotheken-Katalog der Hochschule Magdeburg-Stendal und der Otto-von-Guericke Universität, die Fachinformationsstelle des Bundes und des Instituts für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge sowie die internationale medizinische Datenbank PubMed und Google Scholar genutzt.

Aus der Literaturrecherche resultierte eine zwingend notwendige Eingrenzung des Themas. So beschränkt sich diese Arbeit auf die Maßnahmen zur Dekontamination von Verletzten durch Organisationen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr. Um die Vielzahl der potenziellen Substanzen zu reduzieren und eine einheitliche Handlungsempfehlung zu gestalten, wird auf den Umgang mit biologischen Erregern/Stoffen nur eingeschränkt eingegangen und auf die Richtlinien der offiziellen Stellen wie dem Robert-Koch-Institut verwiesen, da es sich hierbei in der Regel um eine Desinfektion handelt. Eine Dekontamination infizierter Personen wird nur in wenigen Ausnahmefällen, zum Beispiel bei Antraxsporen, empfohlen [23]. Weiterhin stellt diese Arbeit kein selbstständiges Konzept zur Verletztendekontamination auf, wie unter anderem in den Arbeiten von Tim Rynio und Michael Thines [28, 29]. Sie dient

der Ermittlung von Optimierungsmöglichkeiten bestehender Konzepte und beinhaltet hierfür eine eigens entwickelte Versuchsdurchführung, aus der Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Weitere wissenschaftliche Untersuchungen sollten sich gegebenenfalls mit der Einbeziehung der medizinischen Versorgung in den Prozess, dem Umgang mit vulnerablen Bevölkerungsschichten (Kinder, Ältere, Schwangere etc.) und Möglichkeiten zum Kontaminationsnachweis von B- und C-Gefahrstoffen auseinandersetzen.

Durch die Beteiligung von Probanden an dem Experiment und der Messung der Körpertemperatur musste zunächst die Frage geklärt werden, ob es sich hierbei um medizinische Forschung nach der *Deklaration von Helsinki* handelt. Die Ethikkommission der medizinischen Fakultät in Magdeburg bestätigte jedoch, dass es sich hierbei um kein medizinisches Experiment handelt und somit keine weiteren Maßnahmen hinsichtlich einer medizinischen beziehungsweise ärztlichen Aufsicht getroffen werden mussten. Die Ärztliche Leitung des Rettungsdienstes der Stadt Braunschweig bestätigte dies ebenfalls und distanzierte sich ausdrücklich von einer medizinischen Forschung.

Die praktischen Untersuchungen wurden unter Leitung des Verfassers an zwei Tagen durchgeführt. Der potenzielle Teilnehmerkreis bestand im Wesentlichen aus Mitgliedern der Feuerwehren Clausthal-Zellerfeld und Wildemann sowie der Johanniter-Unfallhilfe e.V. aus Magdeburg, zuzüglich einigen externen Teilnehmern. Des Weiteren erhielt das Personal der für den AB- V-Dekon zuständigen Ortsfeuerwehr Innenstadt vor der Versuchsdurchführung eine erste Einweisung zum Thema Verletztendekontamination mit den Schwerpunkten Entkleiden, Spot-Dekontamination und Ganzkörperdekontamination. Der Erfolg der Dekontamination wurde anhand einer fluoreszierenden Substanz gemessen und aufgezeichnet. Für die Auswertung des persönlichen Empfindens der Probanden wurde ein Fragebogen mit Likert-Skala entwickelt, der im Anschluss an den Versuch ausgeteilt wurde (siehe Anhang [A.3](#)).

Für die Versuchsdurchführung wurden explizit nur das Entkleiden, die Spot-Dekontamination und die Durchführung der Ganzkörperdekontamination der nicht-gehfähigen Verletzten untersucht. Als Grundlage wurde das Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe und das Braunschweiger Konzept, welches an das NRW-Konzept angelehnt ist, verwendet. Die Untersuchung etwaiger medizinischer Maßnahmen findet im Rahmen dieser Arbeit nicht statt. Im Fokus der Untersuchung standen die Effektivität und Effizienz der Dekontamination sowie der persönliche Eindruck der Betroffenen, insbesondere im Hinblick auf das Temperaturempfinden und die Kommunikation mit den Helfern.

2 Grundlagen der Verletztendekontamination

Zunächst soll ein kurzer Überblick über die derzeitige Rechtsgrundlage geschaffen werden, um anschließend auf einige relevante Dekontaminationskonzepte für Verletzte einzugehen. Hierzu zählt insbesondere das Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe, welches die Grundlage für die länderspezifischen Konzepte, wie beispielsweise in Nordrhein-Westfalen, beziehungsweise für die örtlichen Konzepte bildet. Darüber hinaus werden einige ausgewählte Besonderheiten und Vorschläge aus anderen Konzepten aus dem Inland präsentiert. Den Abschluss der Literaturlauswertungen bildet ein internationaler Vergleich und der Blick auf den aktuellen Stand der Forschung.

2.1 Rechtsvorschriften

Nach Artikel 2 Grundgesetz (GG) besitzt in Deutschland jeder Mensch das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit. Dem Staat obliegt hierbei die Aufgabe, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen. Nach Art. 30 GG ist die Ausübung der staatlichen Befugnisse und die Erfüllung der staatlichen Aufgaben grundsätzlich Sache der Länder [30]. Diese erlassen durch ihre Gesetzgebungszuständigkeit weitere Gesetze wie zum Beispiel Katastrophenschutz- oder Brandschutzgesetze. Im Folgenden werden die gesetzlichen Bedingungen im Bundesland Niedersachsen wiedergegeben; diese sind jedoch in den 16 Bundesländern mit einigen wenigen Abweichungen als strukturell und inhaltlich vergleichbar zu betrachten [31].

Die Aufgabe der Gefahrenabwehr liegt nach § 1 des Niedersächsischen Gesetzes über die öffentliche Sicherheit und Ordnung (Nds.SOG) bei den Verwaltungsbehörden und der Polizei und bildet somit die Ermächtigungsgrundlage für die Gefahrenabwehr [32]. Das Niedersächsische Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistung der Feuerwehr (Niedersächsisches Brandschutzgesetz - NBrandSchG) definiert in § 1:

- (1) Die Abwehr von Gefahren durch Brände (abwehrender und vorbeugender Brandschutz) sowie die Hilfeleistung bei Unglücksfällen und bei Notständen (Hilfeleistung) sind Aufgaben der Gemeinden und Landkreise sowie des Landes.

(2) Brandschutz und Hilfeleistung obliegen den Gemeinden und Landkreisen als Aufgaben des eigenen Wirkungskreises [31].

Zur Erfüllung der Aufgaben nach § 1 Absatz 2 NBrandSchG haben die Gemeinden nach § 2 Absatz 1 NBrandSchG eine den örtlichen Verhältnissen entsprechende leistungsfähige Feuerwehr aufzustellen, auszurüsten, zu unterhalten und einzusetzen. Hierzu ist/sind

1. die erforderlichen Anlagen, Mittel, einschließlich Sonderlöschmittel, und Geräte bereitzuhalten,
2. für eine Grundversorgung mit Löschwasser zu sorgen,
3. für die Aus- und Fortbildung der Angehörigen ihrer Feuerwehr zu sorgen und
4. Alarm- und Einsatzpläne aufzustellen und fortzuschreiben sowie Alarmübungen durchzuführen [31].

So fällt die Abwehr von CBRN-Gefahren ebenfalls unter diese Aufgabenbereiche.

Nach § 3 Absatz 1 des Niedersächsischen Rettungsdienstgesetzes werden die Landkreise und kreisfreien Städte als Träger des Rettungsdienstes bestimmt. Diese haben in Zusammenarbeit mit den Krankenhäusern geeignete Maßnahmen zur Bewältigung von Ereignissen unterhalb der Katastrophenschwelle, zu welchen auch Großschadensereignisse zählen, vorzubereiten [33]. Des Weiteren nehmen die Länder mit ihren kommunalen Trägern den Katastrophenschutz als Aufgabe ihres übertragenen Wirkungskreises wahr. Diese haben nach § 5 des Niedersächsischen Katastrophenschutzgesetzes (NKatSG) die für die Katastrophenbekämpfung in ihrem Bezirk erforderlichen Vorbereitungsmaßnahmen zu treffen. Hierzu zählt insbesondere die Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen. So sind in Regionen mit erhöhter Gefährdung (z.B. mit Betrieben nach Störfallverordnung) nach NKatSG §10a zusätzlich externe Notfallpläne aufzustellen [9]. Die Gemeinden, Kreise und kreisfreien Städte sind somit aufgrund ihrer Zuständigkeit gesetzlich in der Pflicht, sich mit dem Thema Verletzten-Dekontamination auseinanderzusetzen. Wie bereits in Kapitel 1.2 erwähnt, ist ein solches Szenario theoretisch in nahezu jedem Ort in Deutschland möglich.

Der Bund leistet den Behörden nach Artikel 35 des Grundgesetzes Amtshilfe und unterstützt die Länder und Gemeinden durch Bereitstellung von finanziellen Mitteln und Ausstattungen im Rahmen des Zivilschutzes, welche auch in der alltäglichen Gefahrenabwehr verwendet werden können [12].

2.2 Dekon-V Konzepte

Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Das Rahmenkonzept zur Dekontamination verletzter Personen ist die bundesweit erste und immer noch gültige Handlungsempfehlung für die Verletztendekontamination. Die Basis des Konzeptes besteht einerseits aus der Annahme, dass alle Personen, die sich ungeschützt im Gefahrenbereich aufgehalten haben, als kontaminiert gelten. Andererseits aus dem Ziel einer zügigen Dekontamination der Verletzten nach Schema 2.1, möglichst im direkten Umfeld des Ereignisortes, um die Sekundärkontamination in Krankenhäusern zu vermeiden [5, S. 4].

Da die ersten Rettungskräfte einer gewissen Ausrück- beziehungsweise Rüstzeit unterliegen, besteht die effektivste Möglichkeit, die betroffene Person von Schadstoffen zu befreien in der sogenannten Eigendekontamination. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Schädigung der Kontaminierten mit jeder weiteren zeitlichen Einwirkung der Agenzien zunimmt. Das Rahmenkonzept empfiehlt daher der Bevölkerung, die eigenständige Entfernung kontaminierter Kleidung und eine erste mechanische Reinigung, zum Beispiel mit Wasser, durchzuführen [5, S. 7]. Entsprechende Schulungen sollen im Rahmen der Selbstschutzausbildung im Bevölkerungsschutz erfolgen.

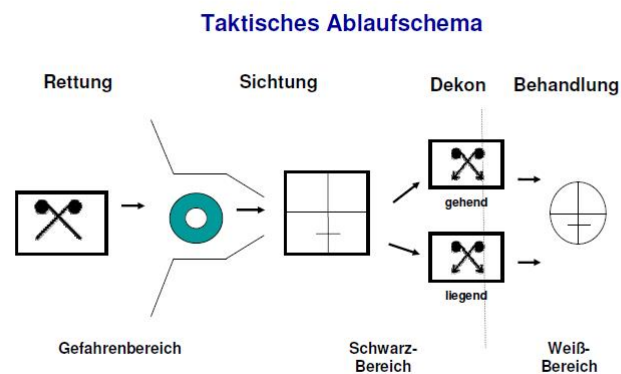


Abbildung 2.1: Taktisches Ablaufschema der Verletztendekontamination [5, S. 27]

Neben einer Unterscheidung in Dekontaminationsarten wird zwischen der Dekontamination einer kleinen Anzahl von Verletzten (bis 5) und der Dekontamination Verletzter beim Massenansturm Verletzter (MANV) unterschieden. Ziel ist eine rasche medizinische Erstversorgung und die Befreiung der Betroffenen von etwaigen Gefahrstoffen.

	Verletztenspektren	erforderliche Maßnahmen
1.	gehfähig, kontaminiert und augenscheinlich unverletzt	Dekon-P, Panikprävention
2.	gehfähig, kontaminiert und verletzt	ggf. Spotdekon und BLS, Dekon-V
3.	liegend, kontaminiert und verletzt	Rettung, ggf. Spotdekon und BLS, Dekon-V

Tabelle 2.1: Vorsichtung und Einteilung nach Verletztenspektren nach [5, S. 6]

Das Konzept zur Dekontamination kleinerer Anzahlen soll es ermöglichen, eine Anbehandlung auch mit geringem Kräfte- und Mittelansatz durchzuführen, bis weitere Kräfte eingetroffen sind [5]. Dabei sollten die Gefahrstoffe möglichst schnell durch Messen, Spüren oder Analysieren identifiziert werden, um eine geeignete Behandlung einzuleiten. Beim Eintreffen der ersten Kräfte erfolgt zunächst eine Raumordnung mit Unterteilung in Gefahren- und Absperrbereiche. Eine weitere Definition der Bereiche erfolgt anhand der kontaminierten Bereiche mit Trennung in Schwarz- und Weißbereiche. Der Schwarzbereich kennzeichnet hierbei den kontaminierten Bereich an der Grenze zum Gefahrenbereich und mündet nach einem Einbahnstraßenprinzip in der Übergangszone, in welcher die eigentliche Dekontamination stattfindet. Im Anschluss daran befindet sich der kontaminationsarme Weiß- beziehungsweise Absperrbereich, in der die weitere Behandlung und der Abtransport der Patienten vorgenommen werden können. Für den Bereich der Verletztendekontamination ist ein eigener Einsatzabschnitt “Dekon-Platz-V“ zu bilden, der von einem Abschnittsleiter der Feuerwehr geführt wird [5, S. 12].

Die Rettungskräfte tragen im Schwarzbereich mindestens umluftabhängigen Atemschutz (wie zum Beispiel eine Vollmaske mit Kombinationsfilter) und flüssigkeitsdichte Chemikalienschutzbeleidung Typ 3 nach EN 466. Diese Voraussetzungen können auch von einem Gebläsefilteranzug erfüllt werden. Nach der Rettung aus dem Gefahrenbereich durch die Feuerwehr sowie einer Erstversorgung (Basic-Life-Support) werden die Verletzten zunächst einer (Vor-)Sichtung⁵ durch Rettungsfachpersonal unterzogen und in die Kategorien nach Tabelle 2.1 eingeteilt [5].

Besonders wichtig für den weiteren Ablauf sei hierbei die Unterscheidung zwischen gehfähigen und nicht-gehfähigen Patienten. Während die gehfähigen Betroffenen und die Einsatzkräfte mittels eines standardmäßig beladenem Dekon-Personal-LKWs des Bundes dekontaminiert werden können⁶, ist für die Dekontamination Verletzter eine erweiterte Ausstattung erforderlich [5, S. 22].

⁵Die endgültige Sichtung obliegt immer ärztlichem Personal.

⁶Sofern dieser nicht für die Dekontamination der Einsatzkräfte benötigt wird.

Sofern noch nicht erfolgt werden die Betroffenen zunächst entkleidet, anschließend wird die Spot-Dekontamination mit folgenden Reinigungsschritten durchgeführt:

1. Augen (anschließend Aufsetzen einer Schwimmbrille)
2. Nasen-Rachenraum (Aufsetzen eines Nasen-Mundschutzes)
3. Punktionsstellen und wasserdichte Abdeckung mittels Klebefolienverband
4. Wunden und wasserdichte Wundabdeckung mittels Klebefolienverband
5. sichtbar kontaminierte Körperpartien

Die Spot-Dekontamination findet ebenfalls wie die (Vor-)Sichtung und Erstversorgung in enger Zusammenarbeit mit dem Rettungsdienst statt [5, S. 18]. Offene Wunden werden dabei für die Nassdekontamination mit einem selbstklebenden Folienverband abgedichtet. Nach erfolgter Erstbehandlung dekontaminieren sich die gefährlichen Patienten unter Aufsicht und Unterstützung der Einsatzkräfte selbst. Die nicht-gefährlichen Patienten werden einer Liegend-Dekontamination unterzogen. Besonders hervorgehoben ist in beiden Fällen ein standardisierter Ablauf zur Ganzkörperdekontamination, der insgesamt 6 Minuten dauert und sich wie folgt darstellt:

- 1- Minütiges Abspülen von Kopf bis Fuß mit einer Wassertemperatur von 28°C inklusive seitlichem Anheben
- 3-Minütiges intensives Einseifen mit einer milden Waschlotion und Schwämmen
- 2-Minütiges Abspülen von allen Seiten mit Wasser

Für die Ganzkörper-Dekontamination eines nicht-gefährlichen Patienten ist ein Personalansatz von drei Helfern unter Schutzanzug vorgesehen, welche sich aus zwei Feuerwehrkräften und einem Mitarbeiter des Rettungsfachpersonals zusammensetzt. Des Weiteren werden vier Feuerwehrkräfte für die Ein- und Ausschleusung vor beziehungsweise nach der Dekontaminationsstrecke benötigt. Nach dem Nachweis der Kontaminationsfreiheit werden die Betroffenen an den sich anschließenden Behandlungsplatz übergeben, an dem die Transportfähigkeit hergestellt werden soll. Das Konzept sei für eine Versorgung von 10-50 kontaminierten Verletzten in einem "medizinisch vertretbarem Zeitraum" ausgelegt und könne bei Bedarf erweitert werden. Als besonders wichtig wird hierbei die effektive Zusammenarbeit von Feuerwehr, Rettungsdienst und Katastrophenschutz angesehen [5, S. 14].

FwDV 500/SKK DV 500 Die Feuerwehrdienstvorschrift 500 definiert die grundlegende Einsatztaktik der Feuerwehr im ABC-Einsatz beziehungsweise im Umgang mit Gefahrstoffen und gibt diverse Verhaltensregeln an, die für die Gefahrenabwehr und für den Bereich Dekontamination anzuwenden sind: So gelte für alle Einsatzkräfte der Grundsatz, dass eine Kontamination zu vermeiden und eine Kontaminationsverschleppung zu verhindern ist. Die Inkorporation von Gefahrstoffen sei in jedem Falle durch geeignete Schutzmaßnahmen auszuschließen [34, S. 7f].

Zur Unterscheidung wurde eine von der Einsatzart (radioaktive, biologische oder chemische Gefahrstoffe) und den Einsatzmitteln abhängige Dekontaminationsmatrix aufgestellt, welche zum Teil auch auf die Verletztendekontamination angewendet werden kann und die Kategorien Not-, Standard- und erweiterte Dekontamination enthält.

Sofern es sich hierbei jedoch um Verletzte handelt, gilt ein weiterer wichtiger medizinischer Grundsatz:

“Lebensrettende Sofortmaßnahmen gehen vor (Grob-)Dekontamination.
Dabei ist der Eigenschutz zu beachten.“ [34, S. 33]

Hieraus folgt, dass die beste Dekontamination nutzlos ist, sofern der Patient durch verzögerte Erstmaßnahmen an der Folge seiner Verletzung/Vergiftung stirbt und somit den Dekontaminationsprozess nicht überlebt. Des Weiteren könne eine Dekontamination nur wirksam funktionieren, wenn die Einsatzkräfte selbst ausreichend vor den Gefahren geschützt sind (Eigenschutz!). Eine Missachtung dieser Prinzipien stellt eine Gefahr für alle am Einsatz Beteiligten dar.

Der Nachweis der Kontaminationsfreiheit erfolgt bei radioaktiven Stoffen anhand der dreifachen Nullrate. Die Nullrate wird als die Anzahl der registrierten Impulse pro Zeiteinheit definiert, die auch ohne Vorhandensein einer Strahlungsquelle durch kosmische und natürliche Einflüsse erzeugt wird. Die Beurteilung der Gesundheitsgefahr erfolgt bei atomaren Gefahrstoffen anhand der Dosisleistung und bei chemischen Gefahrstoffen durch Einsatztoleranzwerte beziehungsweise Acute Exposure Guideline Levels (AEGL) [34, S. 24f].

Da die Verletztendekontamination unter Zusammenarbeit von Feuerwehr und Hilfsorganisationen erfolgt, wurde 2008 durch die Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Bevölkerungsschutz (SKK) eine Richtlinie für Rettungs-, Sanitäts- und Betreuungsaufgaben im CBRN-Einsatz erstellt. Diese orientiert sich sowohl an der FwDV 500, als auch am Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe und definiert die möglichen Tätigkeiten der Hilfsorganisationen im Dekontaminationsbereich [35].

Hierzu zählen unter anderem die:

- Einrichtung einer Patientenablage bzw. Kontaminiertenablage
- Medizinische und psychosoziale Unterstützung von Verletzten bzw. Betroffenen z.B. Basic-Life-Support
- Durchführung einer Notdekontamination

Um diese Aufgaben zu erfüllen, müssen die Kräfte der Hilfsorganisationen zwingend mit entsprechend geeigneter persönlicher Schutzausrüstung ausgestattet sein, die entsprechende Ausbildung absolvieren und im Besitz der notwendigen Vorsorgeuntersuchungen sein.

ABC-Konzept Niedersachsen Die *Handlungsempfehlung zur Vorbereitung, Abwehr und Nachbereitung von Einsätzen mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahrstoffen (CBRN-Gefahren)* stellt eine Ergänzung der für den CBRN-Einsatz maßgeblichen Feuerwehrdienstvorschrift 500 dar und nennt nähere Details zum Umgang mit kontaminierten Verletzten. Hierzu bedient sie sich der bereits vorhandenen Dekontaminationswege nach FwDV 500 und erweitert diese für die Verletzendekontamination um die Kategorien II V und III V.

	Not-Dekon	Standard-Dekon ABC klein / groß (Führungsstufe A) II V	erweiterte Dekon ABC groß (Führungsstufe B) III III V	
Ziel	sofort einrichten! Einleitung bei: - Gefahr für Leib und Leben - Verletzung - Atemluftmangel - Beschädigung PSA usw.	Dekon für Einsatzkräfte und Verletzte Dekon-Platz einspurig, modular erweiterbar: A - Kontaminationsnachweis oder B - Desinfektion oder C - Reinigung zusätzlich: medizinische Versorgung	Dekon für Einsatzkräfte (Spur 1, autark) Dekon-Platz wie Stufe II V, jedoch mit Sonderausstattung	Dekon für Verletzte (Spur 2, kombiniert mit Spur 1) Dekon-Platz wie Stufe III zusätzlich: angepasste medizinische Versorgung
Stärke der Einsatzkräfte	0/1/1/2	mindestens Dekonstaffel 0/1/5/6 und medizinisches Personal 1/1/2	Dekon-Gruppe 0/1/8/9	Dekon-Gruppe 0/1/8/9 und medizinisches Personal mindestens 1/1/2
Leistungsfähigkeit Personen-Dekon	alle eingesetzten Einsatzkräfte, 1 Verletzter	bis 4 Einsatzkräfte pro h und bis 2 Verletzte pro h	bis 12 Einsatzkräfte pro h	bis 6 Verletzte pro h

Abbildung 2.2: Dekon-Stufen des ABC-Schutz-Konzept Niedersachsens [9, S. 19]

Die in Abbildung 2.2 dargestellte Not-Dekontamination muss bereits durch die erstetretenden Einsatzkräfte sichergestellt werden [34, S. 86].

Hierzu wird ein Trupp unter Atemschutz an der Grenze zum Gefahrenbereich bereitgestellt, der mit einem C-(Hohl-)Strahlrohr, Verbandsmaterial, Krankentrage und Augenspüllösungen ausgestattet ist [9]. Dies ist jedoch nur übergangsweise und für maximal einen Verletzten durchführbar, da alle Dekontaminationsplätze in diesem Konzept ebenfalls für die eingesetzten Einsatzkräfte genutzt werden und für einen Notfall im Gefahrenbereich freigehalten werden müssen. Die Dekontaminationsstufe II V wird durch eine Dekon-Staffel mit Ergänzung durch medizinisches Personal durchgeführt und kann neben vier Einsatzkräften auch zwei Verletzte pro Stunde versorgen. Neben dem für die Standard-Dekontamination bereits vorhandenem Ein-Personen-Duschzelt⁷ stehen medizinisches Material, Reinigungsmittel, Auffangbehältnisse und Ersatzkleidung bereit [9, S. 46].

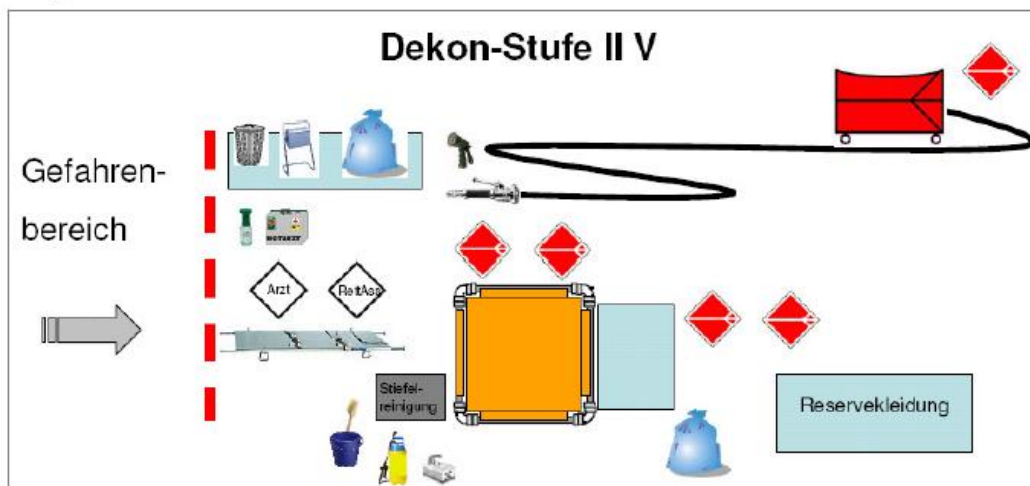


Abbildung 2.3: Erweiterung der Dekon-Stufe II [9, S. 47]

Wie in Abbildung 2.3 ersichtlich, enthält dieser Aufbau keinen Witterungsschutz. Daher wird das in Stufe II(V) bestehende System der Ein-Personen-Dusche in der Dekontaminationsstufe III(V) um ein Aufenthaltszelt erweitert, welches zum Beispiel auf einem Dekontaminationslastkraftwagen Personen (Dekon-LKW P) vorhanden ist. Für den Betrieb der Verletzendekontamination sollen zwei Systeme mit jeweils einer Dekon-Gruppe parallel betrieben werden, wovon eine Spur für Einsatzkräfte und eine für Verletzte vorgesehen ist. Nach der Tabelle wird eine maximale Leistungsfähigkeit von sechs Verletzten pro Stunde angegeben. Für größere Einsätze, die über die Tabellenwerte hinaus gehen, wird dem Einsatzleiter eine modulare Erweiterung oder die Anforderung von Einheiten mit weiterer Sonderausstattung⁸ empfohlen [9, S. 20].

⁷Ist bei jedem ABC-Einsatz unter persönlicher Sonderausrüstung(z. B. CSA) sicherzustellen.

⁸z.B. AB-V Dekon

ABC-Schutz-Konzept NRW Der Teil 3 des ABC-Schutz-Konzeptes Nordrhein-Westfalens beschäftigt sich eigenständig mit dem Verletzten-Dekontaminationsplatz NRW. Dieses Konzept wurde 2011 aus dem Rahmenkonzept der Bund-Länder Arbeitsgruppe und weiteren regionalen Konzepten in NRW unter Berücksichtigung moderner Dekontaminationssysteme entwickelt. Hierzu zählt der von einer Expertengruppe konstruierte Abroll-Behälter Verletzten-Dekontamination, der explizit in das Konzept eingebunden ist. Basis des Konzeptes bilden die zwei Alarmierungstichworte “V-Dekon 25 NRW“ und “V-Dekon 50 NRW“, welche die Mindestanzahl der pro Stunde zu dekontaminierenden Verletzten angibt. Als verletzt gelten hierbei prinzipiell alle Personen, die sich ungeschützt im kontaminierten Bereich aufgehalten haben [10]. Bis zum Eintreffen der Dekontaminationseinheiten obliegt die Erstversorgung der Verletzten den örtlichen Gefahrenabwehreinheiten. Da die Rüstzeit der Spezialkräfte länger als 60 Minuten dauern kann, müssen diese in der Lage sein, übergangsweise eine Notdekontamination durchzuführen. Hierzu werden die Patienten entkleidet und mit einer großen Menge Wasser abgespült. Als behelfsmäßige Dusche wird die Aufstellung zweier Löschfahrzeuge nach folgendem Schema empfohlen, durch welche die Patienten hindurchgehen sollen:

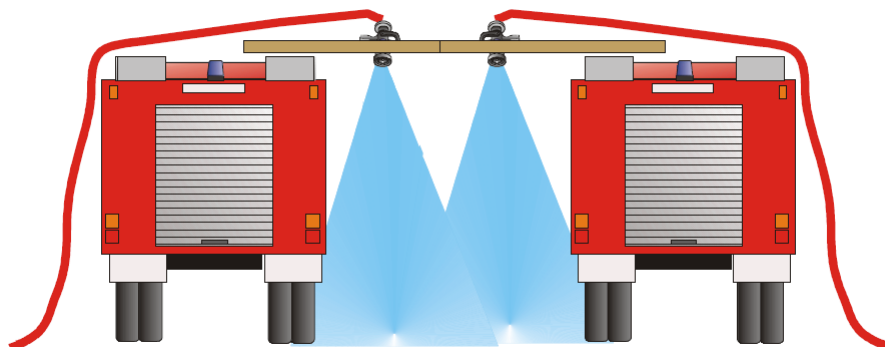


Abbildung 2.4: Notdekontamination mit zwei Löschfahrzeugen [10, S. 15]

So sollen sich auf diese Weise bis zu 150 Patienten pro Stunde übergangsweise notdekontaminieren lassen. Eine Untersuchung der Bundeswehr durch *Boos et. al.* zweifelt jedoch die Wirksamkeit dieser Lösung an [36].

Die Einbindung des AB-V-Dekon soll die Dekontamination von bis zu 50 Patienten pro Stunde für 2 Stunden autark sicherstellen. Hierfür sei eine Bereitschaft der taktischen Stärke 1/6/53/60 und den entsprechenden technischen Mitteln einzusetzen. Diese bestehen neben dem Container unter anderem aus einer Führungskomponente, einem Dekon-LKW-P und wasserführenden Fahrzeugen [10].

Die Bereitschaft wird in Komponenten zur Dekontamination liegender und gehfähiger Verletzter unterteilt: Der Dekon-LKW-P des Bundes sei hierbei ausdrücklich

nur für die Dekontamination gehfähiger Verletzter und nicht für eigene Einsatzkräfte vorgesehen. Ein Notarzteinsatzfahrzeug stellt die Sichtung und Erstbehandlung der Betroffenen sicher. Für kleinere Einsätze könne auf die Komponente zur Dekontamination Gehfähiger und die Mannschaftstransportfahrzeuge verzichtet werden. Somit reduziert sich der benötigte Kräfteansatz auf eine erweiterte Zugstärke mit 25 Personen [10].

Konzept der Feuerwehr Braunschweig Das Konzept der Feuerwehr Braunschweig zur Dekontamination Verletzter befindet sich derzeit in abschließender Bearbeitung. Dieses sieht nach aktuellem Sachstand eine Erweiterung der bereits in der Dienstvorschrift vorhandenen 'Standard-Einsatz-Regel Gefahrstoffzug' sowie der 'Dienstweisung MANV' vor. Die Berufsfeuerwehr übernimmt hierbei mit dem Gefahrstoffzug die Aufgaben der Menschenrettung, die Erstversorgung und Vorsichtung der Betroffenen und weitere Maßnahmen, wie das Entkleiden oder die Spot-Dekontamination. Zu diesem Zweck werden auf den Hilfeleistungslöschfahrzeugen der Berufsfeuerwehr derzeit in Beschaffung befindliche Erstdekontaminations-Sets verlastet, welche ebenfalls für die Dekontamination der eigenen Kräfte bei kleineren Ereignissen dienen können. Diese beinhalten unter anderem Augenspüllösungen, Waschutensilien und RSDL-Pads zur schnellen Entfernung von Gefahrstoffen. Für die weitere Behandlung der kontaminierten Verletzten soll eine taktische V-Dekon-Einheit gebildet werden, die aus der Ortsfeuerwehr Innenstadt (mit AB- V-Dekon), dem ABC-Zug und einem weiteren Hilfeleistungslöschfahrzeug der Berufsfeuerwehr zur medizinischen Versorgung bestehen soll. Des Weiteren werde die Einheit für überörtliche Einsätze mit einem zusätzlichen Führungsdienst der Berufsfeuerwehr ausgestattet [37].

Um vor Ort eine hohe Handlungsfähigkeit zu erhalten, würde bei dem Verdacht einer Verletztenkontamination grundsätzlich immer der Gefahrstoffzug und der Fachzug V-Dekon ausrücken. Diese werden durch rettungsdienstliches Personal unterstützt, deren Alarmierung sich auf die bereits vorhandenen MANV-Stichworte MANV 7 und MANV 25 stützt. Ansonsten orientiert sich das Konzept der Feuerwehr Braunschweig im Bereich der Verletztendekontamination einsatztaktisch an dem Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe sowie am nordrhein-westfälischen Konzept. Somit können mittels AB-V Dekon bis zu 25 kontaminierte Verletzte pro Stunde versorgt werden.

SEG-VerKON Ein weiterer Ansatzpunkt in der Zusammenarbeit von Feuerwehren und Hilfsorganisationen liegt in der Aufstellung sogenannter Schnelleinsatzgruppen (SEG'en), die durch ihre schnelle Einsatzbereitschaft bei der Dekontamination unterstützend tätig werden sollen.

Einheit	Taktische Stärke
Gruppenführer(GF)	1/0
Arzt	1/0
Gerätewagen Sanität (GW San)	0/5
Gerätewagen Sanität (GW San)	0/5
Rettungswagen/Krankentransportwagen	0/2
	Summe 2 / 12 / 14

Tabelle 2.2: Zusammenstellung der SEG-VerKON nach [38]

Jürgen Schreiber beschreibt in seinem Heft *MANV mit CBRN-kontaminierten Verletzten* die Voraussetzung zur Einführung einer Schnelleinsatzgruppe Verletztendekontamination (SEG-VerKON). Die Zielsetzung dieser Einheit entspricht hierbei in etwa den in der SKK-500 beschriebenen Aufgabenfeldern für Hilfsorganisationen. Zur Durchführung der dort beschriebenen Aufgaben schlägt der Autor für die SEG die in Tabelle 2.2 aufgeführte einsatztaktische Stärke vor. Die Einheiten sollen aus den bereits in Bestand befindlichen Fahrzeugen des Katastrophenschutzes gebildet und für die Dekontamination mit ergänzendem Material, wie beispielsweise persönlicher Schutzausrüstung, ausgestattet werden [38].

Dekontamination in/vor einem Krankenhaus Das Konzept sieht den Aufbau einer Verletzten-Dekontaminationsstelle vor beziehungsweise in einem Krankenhaus vor. Hauptziel sei die Dekontamination von potenziellen Selbsteinweisern, welche die Funktionsfähigkeit der Notaufnahme massiv beeinträchtigen und zu einer Sekundärkontamination im Krankenhaus führen können. Großstädte wie Berlin und New York setzten diese Konzepte bereits erfolgreich ein und richten bei einem CBRN-Ereignis zusätzliche Dekontaminationsplätze vor den nächstgelegenen Notaufnahmen ein. Als besonders wichtig wird hierbei die Vorbereitung des Krankenhauspersonals sowie der Einsatz von Abspermaßnahmen und Zugangskontrollen angesehen [39].

Nach der Information über ein CBRN-Großschadensereignis sollen die Krankenhäuser in der Umgebung informiert werden, um den Krankenhausnotfallplan Inkrafttreten zu lassen. Anschließend wird die Notaufnahme abgeriegelt, um ein unkontrolliertes Eindringen von Patienten zu verhindern. Zum Schutz des Krankenhauses sollte die Dekontaminationsstelle wie in Abbildung 2.5 immer vor der Notaufnahme ausgelagert werden und sich an einer nahegelegenen Zufahrtsmöglichkeit befinden. Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe gab 2009 eine Handlungsempfehlung zu diesem Thema heraus, welche einen Muster-Alarmplan enthält. Die Dekontamination selbst orientiert sich nach *MARTENS* am Rahmenkonzept und kann durch das Krankenhauspersonal und beziehungsweise oder durch Kräfte der Feuerwehr durchgeführt werden [23].

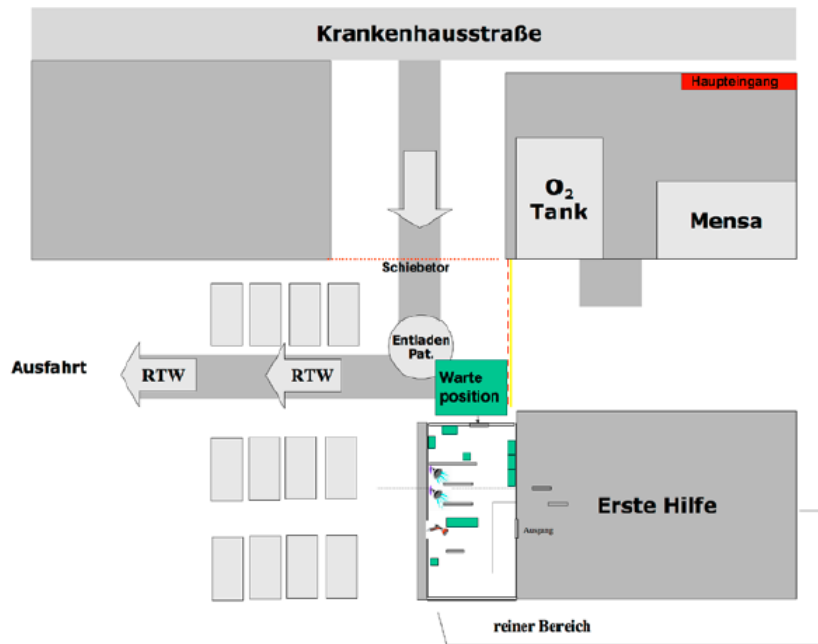


Abbildung 2.5: Beispielhafte Raumordnung an einem Krankenhaus [23, S. 214]

CBRN-Schutz im Bevölkerungsschutz Der Bevölkerungsschutz in Deutschland unterteilt sich in den Katastrophen- und den Zivilschutz. Die Länder übernehmen hierbei die Förderung zur Bewältigung von Katastrophen in Friedenszeiten, während der Bund originär die Aufgaben des Zivilschutzes übernimmt. Beide Komponenten bauen aufeinander auf und ergänzen sich gegenseitig. Seit 2002 verfolgen Bund und Länder unter Berücksichtigung der veränderten Gefahrenlage nach Abschnitt 1.2 eine *Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland*, welche die Aufstellung sogenannter 'Task Forces' beinhaltet. Ziel soll es sein, eine flächendeckende überörtliche Katastrophenhilfe in der Versorgung von Verletzten (Medical Taskforce) sowie in der Schnellanalytik von Gefahrstoffen (Analytische Taskforce) für die Versorgungsstufen oberhalb des Grundschutzes sicherzustellen.

Im Rahmen des neuen *Ausstattungskonzeptes zur Ergänzung des Katastrophenschutzes* werden seit 2007 insgesamt 61 Medical Task Forces (MTFs) über ganz Deutschland verteilt aufgestellt. Jede MTF besteht dabei aus fünf Teilmodulen mit unterschiedlichen Aufgabengebieten und besitzt einen Einsatzradius, der die Anfahrtszeit von circa 60-90 Minuten abdeckt [1].

Teilmodule der MTF:

- Führung
- Dekontamination Verletzter
- Behandlung
- Patiententransport
- Logistik

Das Teilmodul Dekontamination Verletzter befindet sich bis jetzt noch in der Konzeptentwicklung, sodass hier noch auf keinerlei Erfahrungswert zurückgegriffen werden kann. Laut Ausstattungskonzept soll dieses Modul je Taskforce aus einem Dekontaminationslastkraftwagen "Personen II+" (Dekon-LKW P II+) und einem Mannschaftstransportfahrzeug bestehen. Mit diesen soll eine Kontaminiertenablage oder eine Verletztendekontaminationsstrecke errichtet und betrieben werden können. Der Dekon-LKW P II+ enthält hierzu eine ergänzende Sonderausstattung zur Dekontamination Verletzter und unterscheidet sich somit zum Dekon-LKW P II, der primär zur Dekontamination von Einsatzkräften ausgelegt ist. Neben der Ausstattung der Task Forces sollen örtliche Einheiten eine standardisierte Ausstattung für ABC-Gefahrenlagen erhalten, welche zum Beispiel persönliche Schutz- und Sonderausrüstung beinhaltet [1].

Im Jahre 2016 veröffentlichten Bund und Länder erstmals eine gemeinsame *Rahmenkonzeption für den CBRN-Schutz (ABC-Schutz) im Bevölkerungsschutz*, welche die formulierten Strategien in konkrete Zielstellungen überführen und eine einheitliche Basis für alle am CBRN-Schutz beteiligten Akteure schaffen soll. Eine verbesserte Risiko- und Krisenkommunikation soll das Vertrauen der Bevölkerung in die zuständigen Behörden stärken, welche ihre Fähigkeiten durch länderübergreifende Krisenmanagementübungen/Excercises (LÜKEX) weiter verbessern wollen. Die Ausstattung und Ausbildung der Einsatzkräfte solle weiter gefördert werden, um auch den Umgang mit selten auftretenden Ereignissen zu optimieren. Hierzu werden Bewältigungsstrategien für Ereignisse in Friedenszeiten als auch im Verteidigungsfall entwickelt. Zur bundesweiten Vereinheitlichung der Kompetenzen werden standardisierte Fähigkeitsprofile vorgegeben, deren Umsetzung in den kommenden Jahren erfolgen soll [12].

2.3 Exkurs: Andere Länder [EU/USA]

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die Konzepte außerhalb Deutschlands gegeben werden:

Europäische Union *Optimisation through Research of Chemical Incident Decontamination Systems* (ORCHIDS) ist eine europäische Studie zur Erforschung von Dekontaminationsmethoden. Primäres Ziel ist die Untersuchung und Optimierung der Verletztendekontamination auf Grundlage einer evidenz-basierten Forschung. Unter Federführung der britischen Health Protection Agency gehören dem 2007 gestarteten Projekt derzeit Großbritannien, Frankreich, Schweden und Tschechien an, welche durch weitere Institutionen unterstützt werden. Von 2007-2010 wurden zu unterschiedlichen Themenbereichen 9 unterschiedliche Workpackages veröffentlicht, welche 2011 in einem Final-Report aufbereitet und zusammengefasst wurden [40].

Ein Teil der Studie bestand in der Erhebung der in Europa verwendeten Dekontaminationskonzepte. Ziel der Fragestellungen waren insbesondere die örtliche Zuständigkeit, die verwendeten Wassertemperaturen, verwendete Hilfsmittel sowie die Kapazität der Dekontaminationssysteme. Zum besseren Vergleich wurden die ausgewerteten Daten mittels der Tabelle 2.3 aufgearbeitet. Da Deutschland nicht an der Studie teilnahm, wurden die Angaben hierfür aus dem Rahmenkonzept ergänzt.

Die Umfrage ergab, dass alle an der Befragung teilnehmenden Staaten primär die Feuerwehr zur Dekontamination von Verletzten einsetzen. In den Ländern Italien, Spanien, Schweden und Norwegen wird zusätzliches medizinisches Personal zur Assistenz bei der Dekontamination eingesetzt. Frankreich, Tschechien und die Slowakei planen den Einsatz des Militärs zur Unterstützung der Einsatzkräfte bei der Dekontamination von Zivilisten. Die Durchführung der Dekontamination selbst wird in vielen Ländern nach Bedarf gehandhabt: In der Regel liegt die Zuständigkeit für die unmittelbare Gefahrenabwehr und die Rettung der Betroffenen bei der Feuerwehr beziehungsweise den Rettungsdiensten. Gibt es jedoch viele selbsteinweisende Personen, müssen die Krankenhäuser ebenfalls für eine Dekontamination vorbereitet sein. Die Wassertemperatur unterliegt zum Teil sehr starken Schwankungen. Während Lettland und Norwegen die Verwendung von kaltem Wasser prinzipiell zulassen, empfehlen diese gleichzeitig eine ideale Wassertemperatur von 30°C beziehungsweise 45 °C. Die Einstellung der Temperatur wird in vielen Ländern von den Umgebungsbedingungen abhängig gemacht. Die Mehrheit der befragten Länder verwendet als Waschutensilien weiche Bürsten, gegebenenfalls in Kombination mit Schwämmen. Tschechien gibt an, nach Bedarf zusätzlich Papiertücher und Einmal-Tupfer zu benutzen.

	FW	RD	Militär	Wassertemperatur	Kapazität/Stunde
Deutschland	✓	✓		28 °C	10-50
Großbritannien	✓			35 °C	150-200
Frankreich	✓		✓	-	-
Schweden	✓	✓		25-35 °C	20-40
Tschechien	✓		✓	32-38 °C	20-40
Slowakei	✓		✓	40 °C	40-50
Italien	✓	✓		25 °C	-
Spanien	✓	✓		n. B.	-
Norwegen	✓	✓		bis 45 °C	40-80
Lettland	✓			bis 30 °C	20

Tabelle 2.3: Europäischer Vergleich zur Durchführung und Zuständigkeit der Verletztendekontamination nach [41] (FW: Feuerwehr, RD: Rettungsdienst)

Von besonderem Interesse sind die in der Umfrage angegebenen Kapazitäten: In den meisten Staaten konnte keine definitive Aussage über die Leistungsgrenzen der örtlichen Gefahrenabwehreinheiten getroffen werden, da diese von vielen Faktoren⁹ abhängig sind. Über Vorbereitungen für die Behandlung von vulnerablen Personengruppen wie Kinder, Schwangere oder Ältere konnte in keinem der teilnehmenden Staaten eine valide Aussage getroffen werden [41].

Insgesamt betrachtet gibt es in der EU viele Gemeinsamkeiten mit dem Rahmenkonzept des Bundes: Die Verantwortlichkeit liegt wie nahezu überall bei den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Die Nassdekontamination dauert in der EU im Schnitt etwa 3-6 Minuten (USA: max. 3 Minuten) und wird nach dem Prinzip "spülen-waschen-spülen" durchgeführt. Die Verwendung von warmem Wasser und Hilfsmitteln wie Schwämmen und Bürsten sind mit den Standards in Deutschland vergleichbar. Dennoch gibt es noch einige Detailfragen, die durch die zukünftige Forschung geklärt werden müssen [40].

Der Rat der Europäischen Union veranlasste zur besseren Koordination daher 2009 die Aufstellung eines CBRN-Aktionsplans, der die Kernthemen Prävention, Detektion sowie Abwehrbereitschaft und Reaktion enthält. Hierzu zählen beispielsweise eine verbesserte Sicherung hochriskanter CBRN-Stoffe, die Festlegung von Mindeststandards sowie die Verbesserung der Notfallplanung. Auch wenn die Verantwortung zum Schutz der Bevölkerung vor CBRN-Vorfällen bei den Mitgliedsstaaten selbst liegt, sollen der Informationsaustausch und die internationale Zusammenarbeit verbessert werden [42].

⁹z.B. Schweregrad der Verletzung

USA Die Strategie der Einsatzkräfte hängt in den Vereinigten Staaten von Amerika maßgeblich vom Schadensausmaß und den örtlichen Gegebenheiten ab. So stehen nach dem *National Planning Guidance* prinzipiell vier mögliche Szenarien zur Auswahl [43, S. 79-80]:

1. Externe Dekontamination vor Ort
2. Dekontamination vor einem Gebäude oder Krankenhaus
3. Indoor-Dekontamination, z.B. in einem Schwimmbad
4. Trockendekontamination und sofortiger Abtransport

Während eine externe Dekontamination von der Infrastruktur, dem Platzangebot und nicht zuletzt den Witterungsbedingungen abhängig ist, kann sie dennoch in den meisten Fällen in unmittelbarer Nähe zum Schadensort aufgebaut werden. Eine Dekontamination in oder vor einem Gebäude ist nur bei einer direkten Nähe des Ereignisses sinnvoll, es besteht außerdem die Gefahr einer Sekundärkontamination. Die letzte Möglichkeit besteht in dem in den USA verbreitetem Load & Go-Prinzip. Es muss jedoch bedacht werden, dass eine unzureichende Trockendekontamination zu einer weiteren Kontaminationsverschleppung führen kann. Grundsätzlich wird nach dem Prinzip „Do the best you can for the most people with the resources you have.“ vorgegangen [44, S. 23].

Die Phasen der eigentlichen Dekontamination teilen sich hierbei in drei unterschiedliche *Safety Zones* auf. Die *hot zone* kennzeichnet hierbei den unmittelbaren Gefahrenbereich, während die Übergangszone, in dem die Rettungskräfte die Dekontamination vornehmen, als *warm zone* definiert wird. Abschließend wird die *cold zone* als kontaminationsfreie Zone bezeichnet [45].

- Self-Care (hot zone)
 - Flucht aus dem akuten Gefahrenbereich
 - Sichtbare Kontamination abwischen

Die Betroffenen entfernen sich nach Möglichkeit selbstständig aus dem akuten Gefahrenbereich und legen ihre Bekleidung für die sich anschließende Grob-Dekontamination ab.

- Primary/gross- decontamination (warm zone)
 - Vorsichtung der Betroffenen
 - Grobreinigung mit örtlich verfügbaren Mitteln

Für eine Massen-Dekontamination der gefähigen Personen steht hierfür in der Regel nur kaltes Hydrantenwasser zur Verfügung. Diese ist mit dem in Abbildung 2.4 dargestellten Fahrzeugsystem vergleichbar und kann gegebenenfalls durch RSDL-Pads ergänzt werden. Für die abschließende (Ganzkörper-)Dekontamination empfehlen die US-Behörden die folgenden Parameter:

- Secondary/technical patient decontamination (warm zone/cold zone)
 - Niedriger Wasserdruck (3-4 bar), hoher Volumenstrom
 - Lauwarmes Wasser mit Seifenzusatz
 - Zeitdauer maximal 3 Minuten

Der detaillierte Ablauf der Dekontamination wird hier nicht näher beschrieben, es erfolgt jedoch der Hinweis, dass auch alternative wasserfreie Methoden zu prüfen seien. Ziel des *Self-Care* und der *Gross Decontamination* ist die zügige Reduzierung der Kontamination, um die Einwirkung des Gefahrstoffes und damit eine weitere Schädigung des Patienten zu verhindern. Primärziel der *technical patient decontamination* ist hingegen die Reduzierung der Kontamination auf ein Level, mit dem der Patient ohne persönliche Sonderausrüstung und ohne weitere Gefährdung durch Sekundärkontamination weiterversorgt werden kann [44, S. 34].

2.4 Stand der Forschung

Seit der Erkenntnis, dass die Dekontamination Verletzter zu einem wichtigen Baustein der Gefahrenabwehr zählt, gibt es auch immer mehr Forschungseinrichtungen, die sich mit dem Thema auseinandersetzen. Dabei gilt es, unterschiedliche Fragestellungen zu beantworten. Eines der Primärziele der Forschung liegt in jedem Fall in der Optimierung der Effizienz. Je mehr Patienten pro Zeiteinheit dekontaminiert werden können, desto mehr Betroffene können versorgt werden. Durch eine parallele Erhöhung der Effektivität kann mit dem selben Kräfte- und Mittelansatz ein höherer Erfolg erzielt werden.

Dabei gibt es grundsätzlich vier Parameter, die laut *WAGNER* einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Reinigung haben [2, S. 351]:

- Mechanik der Reinigung
- Wassertemperatur
- Chemie bzw. Zusätze
- Zeitdauer

Diese Parameter wurden durch die laborbasierte Forschung der ORCHIDS-Studie im Workpackage 5 bestätigt [40, S. 31].

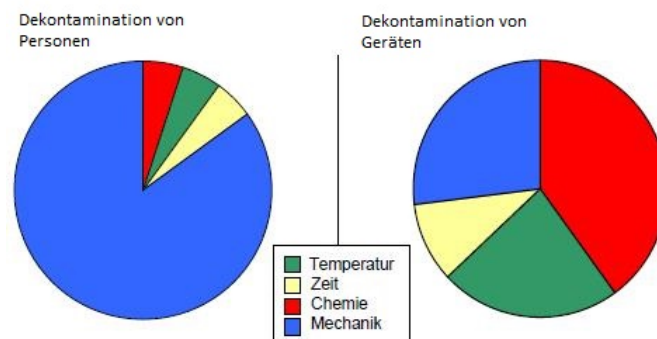


Abbildung 2.6: Reinigungskreis nach *Sinner* [2, S. 351]

Da es sich bei CBRN-Lagen jedoch um sehr unterschiedliche Stoffgruppen handeln kann, ist diese Grafik jedoch nicht universell anwendbar. Es kann somit bei bestimmten (z.B. hydrophoben) Chemikalien unter Umständen sehr sinnvoll sein, die Waschmittelzusätze anzupassen, um eine deutliche Verbesserung der Reinigungswirkung zu erzielen. Auf die unterschiedlichen Parameter soll im Folgenden näher eingegangen werden:

Mechanik der Reinigung Durch die Abbildung 2.6 wird deutlich, dass die Mechanik beziehungsweise die Art der Reinigung bei der Dekontamination von Personen einen Anteil von über 80 % ausmacht. So könnte die Erfahrung und Gründlichkeit der Helfer, der Ablauf der Reinigung oder die Verwendung von Hilfsmitteln wie Schwämmen bereits deutliche Unterschiede herbeiführen, während andere Parameter wie die Zeit oder Waschmittelzusätze (Chemie) einen eher unerheblichen Anteil darstellen. Nach einer Studie von *AMLLOT* stieg die Effektivität bei der Benutzung von Waschutensilien um circa 20 % [44, S. 51]. Dabei muss aber auch immer beachtet werden, dass diese Hilfsmittel bei unsachgemäßer Anwendung negative Folgen haben können: Wird die Dekontamination nicht wie vorgeschrieben vom reinen

zum unreinen Bereich durchgeführt oder der Schwamm nicht nach jedem Patienten ausgetauscht, können Gefahrstoffe auf noch unbetreffene Körperareale verteilt werden. Neben einer Ausstattung mit entsprechenden Reinigungswerkzeugen muss das Personal daher auch im korrekten Umgang mit diesen geschult sein. Durch zu starkes Reiben können Gefahrstoffe prinzipiell in perkutane Gewebeschichten eingebracht werden. Die Gefahr des Einwaschens beziehungsweise der Absorption von Gefahrstoffen durch die unterschiedlichen Parameter der Dekontamination mit Wasser konnte jedoch noch nicht ausreichend validiert werden [46, S. 49].

Wassertemperatur Laut verschiedener Studien konnte bisher ebenfalls kein eindeutiger Nachweis für eine temperaturabhängige Waschwirkung erbracht werden. Dies liegt unter anderem an der Vielzahl an Parametern, die die Versuche beeinflusst haben. Möglicherweise treten Unterschiede in der Effektivität in Abhängigkeit des vorhandenen Gefahrstoffes auf [46]. Auch wenn der Einfluss der Wassertemperatur nach Sinner nur einen marginalen Einfluss auf die Effektivität hat, darf diese dennoch nicht vernachlässigt werden, da die Hypothermie eine sehr ernstzunehmende Gefahr bei der Dekontamination mit Wasser darstellt. Dies hängt unter anderem mit der hohen Wärmeleitfähigkeit von Wasser zusammen, sodass der Wärmeverlust durch das Verdunsten beziehungsweise die Konvektion bis zu 25 mal größer als an Luft ist [44, S. 45]. Dennoch gibt es in der vorhandenen Literatur bis jetzt noch keine einheitliche Empfehlung für eine normierte Duschwassertemperatur: So empfiehlt die Internationale Atomenergie Behörde IAEA die Verwendung von angenehm warmem, aber nicht zu heißem Wasser. Durch zu hohen Temperaturen könnte es zu einer Vasodilatation (Gefäßerweiterung) kommen, welche die Durchblutung von verletzten Körperteilen fördern kann. Weiterhin könnte es durch eine Öffnung der Poren zu einer verstärkten Inkorporation von Gefahrstoffen kommen. Zu kaltes Wasser sollte ebenfalls nicht verwendet werden, da die verletzten Patienten dadurch einerseits physisch stark belastet werden und sich andererseits Gefahrstoffe in den Poren einschließen könnten [47, S. 66]. *MARTENS* empfiehlt daher, eine Wassertemperatur im Bereich von 25°-40° C zu wählen [23, S. 84]. Im Vergleich mehrerer Agentien wurde die optimale Waschwirkung bei 30 °C erzielt, die ORCHIDS-Studie empfiehlt jedoch aufgrund der Hypothermiegefahr eine Idealtemperatur von 35 °C [40, S. 34].

Chemie Unter Chemie ist grundsätzlich die Art des verwendeten Reinigungsmittels zu verstehen. Zur Dekontamination wird meistens Wasser verwendet, da dieses fast überall in großen Mengen zur Verfügung steht und keine gefährlichen Eigenschaften besitzt [2]. Wasser verdünnt und löst zunächst den vorhandenen Gefahrstoff, ohne Zusätze hat es jedoch bei vielen wasserunlöslichen Gefahrstoffen wie Ölen und

Fetten nur eine begrenzte Wirksamkeit. Daher wird oftmals ein Waschmittelzusatz beigegeben, zu welchem vor allem Tenside zählen, die in Seifen vorhanden sind. Für die Lösung von metallischen Verbindungen empfiehlt die IAEA den Einsatz von Komplexbildnern. Diverse Studien bestätigen, dass der Zusatz von Seife die Effektivität der Dekontamination verbessern kann. Dies hängt jedoch immer von dem vorhandenen Gefahrstoff, dessen Einwirkzeit und der Zeitdauer bis zur Kontamination ab. Es darf daher nie zu einer Verzögerung der Reinigung kommen, nur weil noch kein Waschmittelzusatz vorhanden ist [44, S. 49]. Sollte der Einsatz von Wasser kontraindiziert oder ohne Erfolg sein, gibt es noch weitere Dekontaminationsmittel wie Polyethylenglycol (PEG), welches sich als unpolares Lösungsmittel sehr gut für die Entfernung von lipophilen Verschmutzungen wie Ölen und Fetten eignet [48]. Es gibt bereits diverse Hersteller, die PEG-haltige Tücher für den sofortigen Einsatz anbieten. Hierzu zählen vor allem die DeconAID-Tücher[®] der Firma Agiltera¹⁰ oder die Reactive Skin Decontamination Lotion(RSDL)-Pads[®], welche insbesondere für die Entfernung von Kampfstoffen geeignet erscheinen.

Zeitdauer Nach einer Studie von *AMLOT et. al.* 2010 bringt die Verdopplung der Duschzeit von 3 auf 6 Minuten bei der Entfernung eines fluoreszierenden Übungsmittels keinerlei Verbesserung der Reinigungswirkung mit sich. Ein anderer Versuch von *Moffett et. al.* zur Entfernung ölhaltiger Substanzen bestätigte, dass der Stoff in 90% der Fälle nach einer 30-Sekündigen und in 100% der Fälle nach einer 90-Sekündigen Dusche entfernt werden konnte [46, S. 47]. Es ist somit davon auszugehen, dass es keinen linearen Zusammenhang zwischen der Zeitdauer der Dekontamination und der Reinigungswirkung gibt, sondern sich diese hypothetisch mit zunehmender Zeit exponentiell an 100% annähern könnte.

Der Zwischenbericht der ORCHIDS-Studie kam durch mehrere in-vitro und in-vivo Versuche mit getrennt-variierten Einflussparametern und dem Test an 6 unterschiedlichen Chemikalien (CWA und TIC) zu dem Ergebnis, dass eine 90-sekündige Dekontamination mit 35 °C warmem Wasser, 0.5 % Waschmittel-Zusatz und Baumwoll-Waschlappen als Hilfsmittel für den Großteil der Fälle die optimale Kombination bildet. Weiterhin sei das Abtrocknen der Betroffenen nach der Ganzkörperdekontamination ein weiterer wichtiger Schritt zur Minimierung der Restkontamination [40, S. 37].

Die im ORCHIDS-Protokoll gewonnenen Erkenntnisse wurden in mehreren Ländern durch Feldversuche bestätigt: In einem Vergleich der 90-Sekündigen Dekontamination nach ORCHIDS- Protokoll mit der 6-Minütigen Dekontamination nach französischem Konzept stellte sich annähernd dieselbe Effektivität ein [40, S. 46].

¹⁰<http://www.deconaid.de/produkte.html>

Eigendekontamination Da Einsatzkräfte nach einem CBRN-Zwischenfall bis zum Wirksamwerden der Maßnahmen in der Regel einer gewissen Ausrück- und Entwicklungszeit benötigen, liegt ein weiterer wesentlicher Fokus in der Selbsthilfe der Bevölkerung.

“Die Selbsthilfe einer kontaminierten Person kann den Unterschied zwischen Überleben (oder geringfügiger Verletzung) und Tod (oder schwerer Verletzung) bedeuten.“ [5, S. 7]

Studien gehen davon aus, dass durch das Entkleiden ein Großteil der Kontamination entfernt werden kann, wenn dieses rechtzeitig durchgeführt wird [40, S. 3],[49]. Anhand der aus der Notfallmedizin geläufigen Neuner-Regel lässt sich abschätzen, dass im Winter 90 % und im Sommer etwa 50% der Körperoberfläche durch Kleidung bedeckt ist, die einen gewissen Schutz bietet [50]. Eine Untersuchungen von Cox (1994) und Koenig (2003) geht davon aus, dass durch das Entkleiden 70-80% der Kontamination und 90-100% adsorbierter Dämpfe entfernt werden können [44, S. 39]. Nahezu alle derzeit gültigen Konzepte weisen auf die Signifikanz der Eigendekontamination hin und empfehlen die Anwendung durch die Bevölkerung.

3 Dekontamination mittels AB V-Dekon

Im Jahr 2008 wurde vom Land Nordrhein-Westfalen ein Abrollbehälter zur Verletzende-
dekontamination (AB-V-Dekon) ausgeschrieben und mithilfe der Firma Dönges
und der Firma Gemco entwickelt. Der Anschaffungspreis des Abrollcontainers be-
trägt ca. 400.000 €. Dieser kann mittels eines Wechsellader-Fahrzeuges (WLF) auf-
und abgesetzt werden und ist in Kombination mit einem Dekon-Personen-LKW
für eine autarke¹¹ Betriebsdauer von 2 Stunden und damit für die Dekontamination
von insgesamt 100 Verletzten ausgelegt. Der Betrieb eines einzelnen Containers er-
möglicht die Dekontamination von circa 25 Personen pro Stunde. Hierfür ist eine Ge-
samtwassermenge von mindestens 2.000 Litern ($30l/Verletztem * 25 Verletzte/Std. * 2 Std. + Reserve$) vorzuhalten. Dies kann durch Tanklöschfahrzeuge oder auch durch
einen Gerätewagen-Logistik gewährleistet werden. Das Wasser fällt dabei in der Re-
gel nicht unter die Trinkwasserverordnung, da eine Dekontamination keinem "häus-
lichen Gebrauch" nach § 3 Absatz 1a TrinkwV 2001 entspricht [51].

Für den witterungsunabhängigen Einsatz ist der Container mit Beleuchtungsmateri-
al sowie Zeltbeheizung und -belüftung ausgestattet. Die Patienten können nach der
Spot-Dekontamination mittels eines Transportsystems auf einem Spineboard fixiert
und durch einen der zwei parallel funktionierenden Duschbereiche hindurchgeführt
werden. Diese können jeweils entweder zur Dekontamination von gehenden oder lie-
genden Patienten verwendet werden. Zur Nassdekontamination stehen den Helfern
Handwaschbrausen mit vorgeheiztem Wasser und einer Schaummittellösung zur Ver-
fügung. Das Schaummittel wird in der Dosiereinrichtung mit einer voreingestellten
Zumischung von 1 % vorbereitet und bereitgestellt. Die Düsen sind zeitgesteuert
und ermöglichen eine 1-minütige oder aber auch dauerhafte Abgabe. Zusätzlich ste-
hen ein alkoholisches Dekontaminationsmittel, Peressigsäure, Polyethylenglykol und
Augenspüllösungen zur Dekontamination bereit [52]. Auf dem Container befinden
sich Gebläsefilteranzüge vom Typ TRELLCHEM™ Splash 2000P Suit, diese werden
in Kombination mit einem Scott ProFlow SC 160 Gebläse betrieben und entsprechen
der Kat III/Typ 3 gemäß EN 14605 und 12941. Gemäß Herstellerangaben seien für
diese Anzüge keine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach G26 notwen-
dig [53].

¹¹Eine Ausnahme bildet hier die Versorgung mit Trinkwasser.

3.1 Aufbau und Ablauf der Dekontamination

Detaillierte Hinweise zum Aufbau des Containers finden sich in der Aufbauanleitung des Instituts der Feuerwehr NRW [52]. Für den Container ist in der Einsatzplanung inklusive der Zelte eine notwendige Aufstellfläche von mindestens 400m² zu berücksichtigen, welche auf in Abbildung 3.1 verzeichnet ist. Die tatsächlich benötigte Fläche für den Aufbau eines Dekontaminationsplatzes kann jedoch wesentlich größer ausfallen [52].



Abbildung 3.1: Platzbedarf des Abrollbehälter V-Dekon

Bei der Aufstellung des Dekontaminationsplatzes sollen nach vfdb-Richtlinie 10/04 unter anderem folgende Kriterien berücksichtigt werden [50]

- Abstand zum Gefahrenbereich
- Witterungseinflüsse, Windrichtung
- Platzreserve für Patientenablage
- günstige Zu- und Abwege
- Geländegegebenheiten (zum Beispiel Gefälle)

Aufgabenbereich	Feuerwehr	Rettungsdienst	Taktische Stärke
Führung	1 ZF + 2 Helfer	-	1/0/2/3
Sichtung	-	1 NA + 1 RA/RS	0/1/1/2
Entkleiden/Spot-Dekon	6 Helfer	2 RA/RS	0/0/8/8
Ganzkörperdekon	1 GF + 3 Helfer	1 RA/RS	0/1/4/5
Übergabebereich	1 GF + 5 Helfer	-	0/1/5/6
Techn. Unterstützung	1 Helfer	-	0/0/1/1
Gesamt			1/3/21/25

Tabelle 3.1: Personalübersicht des Verletzten-Dekontaminations-Zuges 25 NRW nach [10]

Beim Absatteln des Containers ist auf die korrekte Ausrichtung des Schwarz- und Weißbereichs zu achten, da die Rollcontainer für den Einsatzzweck entsprechend beladen und positioniert sind. Die Aufbauzeit bis zur Inbetriebnahme beträgt je nach Vorerfahrung und Situation etwa 30-45 Minuten. Als Kräfteansatz für die Dekontamination von 25 Personen pro Stunde sollte laut **ABC-Schutz-Konzept NRW** mindestens ein erweiterter Zug (1/3/21/25) eingesetzt werden, der durch einen Zugführer (ZF) und 2 Führungsgehilfen (1/0/2/3) geführt wird. Für die Sichtung und medizinischen Behandlung der Betroffenen sind mindestens ein Notarzt (NA) sowie 4 Rettungsassistenten/-sanitäter¹² (RA/RS) vorzusehen, welche bei entsprechenden Voraussetzungen auch durch die Feuerwehr gestellt werden können. Die Bereiche der Ganzkörperdekontamination sowie der Übergabebereich werden jeweils von einem Gruppenführer (GF) der Feuerwehr geführt [10]. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten dabei als Sammelbegriffe gleichwohl für beiderlei Geschlecht. Eine Auflistung der einzelnen funktionellen Bereiche mit Angabe der taktischen Stärke wird in Tabelle 3.1 vorgenommen.

Neben der Bereitstellung der für die Dekontamination eingesetzten Kräfte und der entsprechenden taktischen Reserve wird ein Maschinist für die technische Unterstützung benötigt. Für die Einsatzkräfte ist unbedingt eine separate Dekontaminationseinrichtung vorzuhalten. Nach Einsatzabschluss sind alle unter Schutzanzug eingesetzten Kräfte ordnungsgemäß zu dekontaminieren. Der Ablauf der Dekontamination orientiert sich an dem bereits im Kapitel 2.2 vorgestellten Konzept des Landes Nordrhein-Westfalen, welches auf dem Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe basiert. Die Dekontaminationsschritte wurden mittels des Schemas 3.2 visualisiert, welches die einzelnen Schritte der Dekontamination als Prozessablauf darstellt.

¹²Durch Inkrafttreten des Notfallsanitätergesetzes ist der Begriff Rettungsassistent zukünftig durch Notfallsanitäter zu ersetzen.

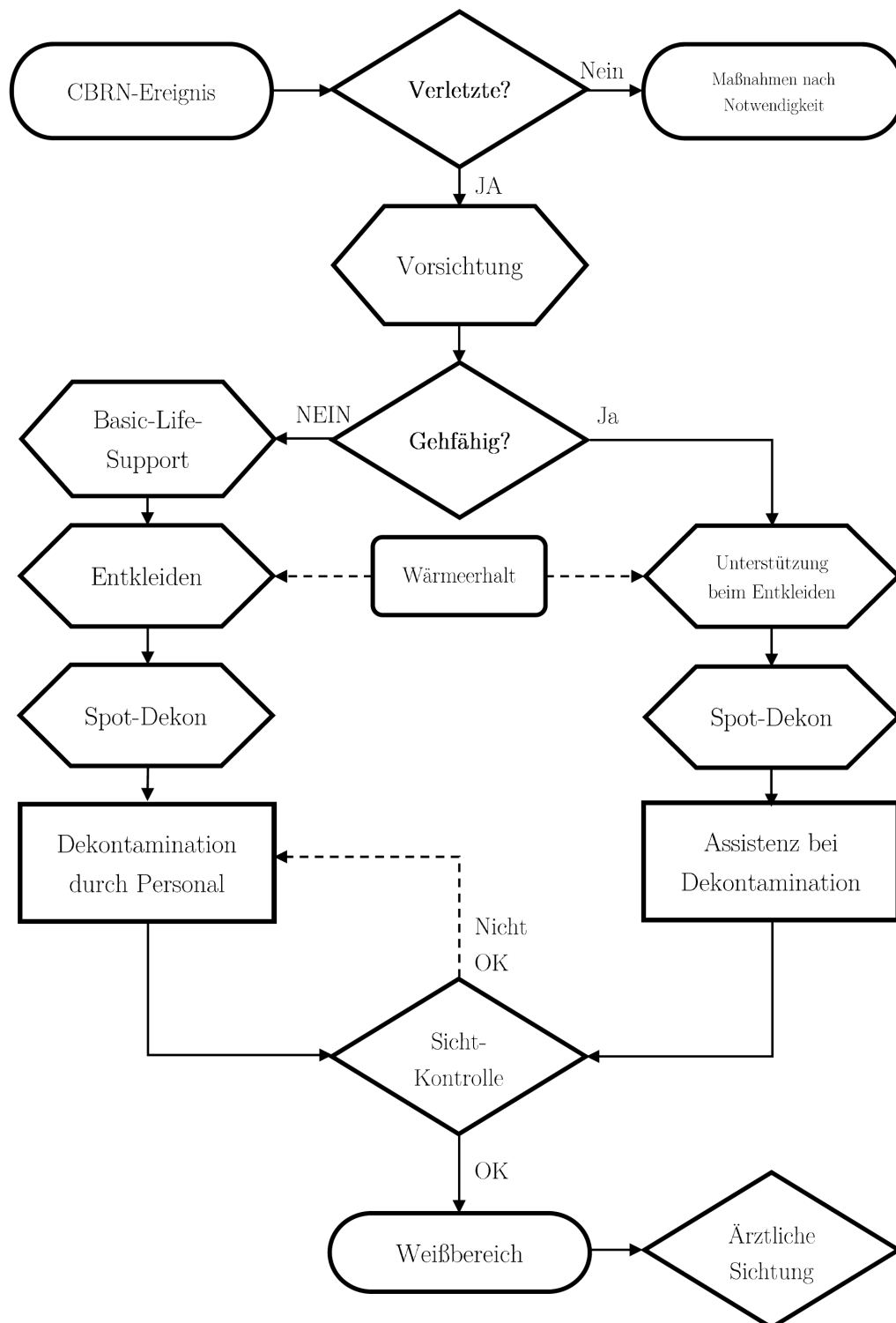


Abbildung 3.2: Ablaufdiagramm zur Durchführung der Dekontamination von Verletzten bei einem CBRN-Ereignis

3.2 Rahmenbedingungen und Vorbereitung

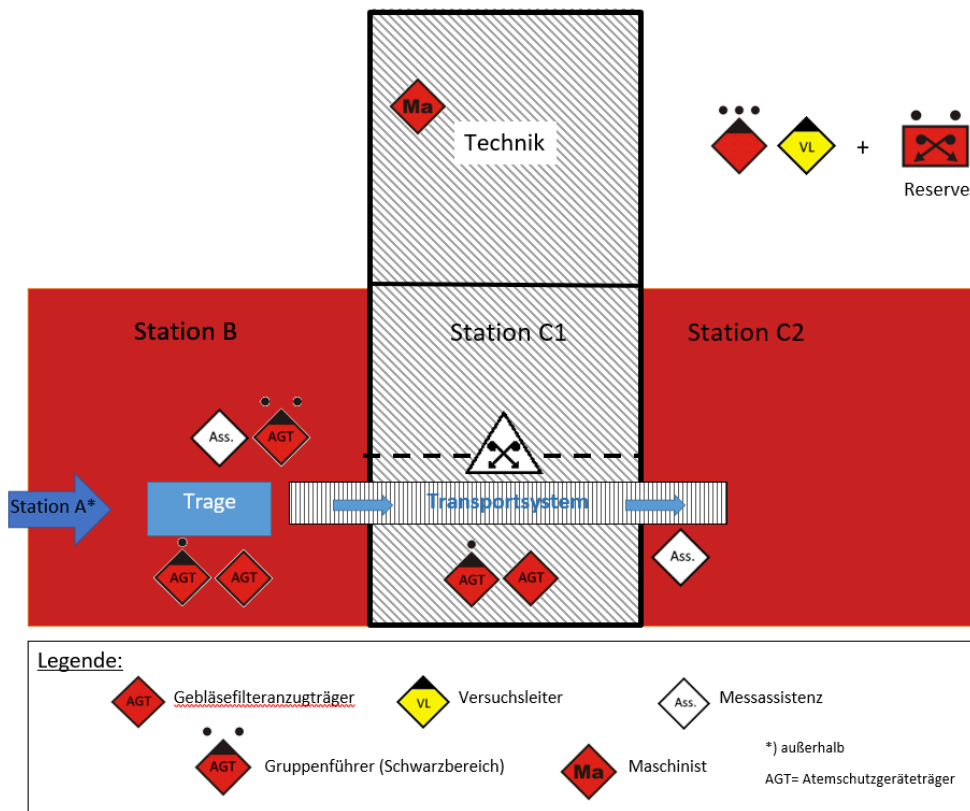


Abbildung 3.3: Skizzierter Versuchsablauf

Im Rahmen der Versuchsvorbereitung wurden zunächst **Gefährdungsbeurteilungen** für Helfer und Probanden erstellt, um mögliche Unfallquellen rechtzeitig zu erkennen und die Gefährdung für alle Beteiligten zu reduzieren. Als besonders wichtig wurden hierbei die klimatischen Bedingungen identifiziert. Um einer Unterkühlung der leicht bekleideten Probanden entgegenzusteuern, wurden die Zelte und der Bereich der Vorbereitung auf eine Innentemperatur von circa 28-30°C aufgeheizt. Ebenso wurden bei den Helfern unter Schutzanzug regelmäßige Abfragen des Wohlbefindens durch die Einheitsführer durchgeführt und an die Versuchsleitung weitergegeben. Vor Versuchsbeginn fand zusätzlich eine Sicherheitsunterweisung mit Verhaltensanweisungen statt. Um einen möglichst reibungslosen Ablauf zu ermöglichen und Fehler zu vermeiden, wurden die Protokolle für die einzelnen Stationen vorgefertigt und das Personal der Messstationen eingewiesen (siehe Anhang A.2). Für die Kontamination der Probanden wurde eine Leuchtpigment-Mischung der Firma Honeywell namens LUMILUX® Grün CD 117 verwendet, welches unter UV-Licht fluoresziert und nach diversen Vorversuchen als geeignet angesehen wurde. Der Stoff selbst hat eine helle gelblich-grüne Farbe und ist verdünnt unter Tageslicht nur schwer zu erkennen. Zum besseren Ausbringen wurde das Pulver mit Wasser vermengt, sodass eine

Suspension mit der Konzentration von 20 g/L für den Versuch verwendet wurde. Durch das Aufbringen einer Suspension mittels einer handelsüblichen Pump-Sprühflasche wurde gleichzeitig die Kontamination mit einem Feststoff und mit einer Flüssigkeit simuliert. Die Versuchssubstanz wurde als hautverträglich und nicht-reizend eingestuft und für den Notfall wurden an jeder Station Augenspüllösungen bereit gestellt. Die Probanden erhielten Einmal-Maleranzüge aus Polypropylen (PP), die die übliche Tagesbekleidung simulieren und problemlos zerschnitten werden konnten. Die Vorbereitung der Probanden wurde in einer beheizten Waschküche durchgeführt und begann mit der Unterzeichnung der Einwilligungserklärung. Nach dem Anlegen von Badebekleidung und PP-Anzügen erfolgte die Zuteilung einer individuellen 3-Stelligen Identifikationsnummer (ID), sowie die Messung der Körpertemperatur im Ohr mittels Infrarot-Fieberthermometer. Die IDs wurden fortwährend von jeder Station erfasst und ermöglichten eine anonymisierte Auswertung der Versuchsdaten. Weiße ID-Schilder mit den Ziffern von 100-130 kennzeichnen dabei den ersten Versuchsdurchlauf mit 28 °C Wassertemperatur während für den zweiten Durchlauf mit 35 °C gelbe Schilder mit einer ID von 200-230 vergeben wurden.

Station A: Vorbereitung

- Registrierung und Unterschreiben der Einwilligungserklärung
- Zuteilung einer Identifikationsnummer (ID)
- Messung der Körpertemperatur und Dokumentation der Uhrzeit
- Einsprühen der Probanden mit fluoreszierenden LUMILUX®-Mischung
- Beidseitige Fotoaufnahme unter UV-Licht

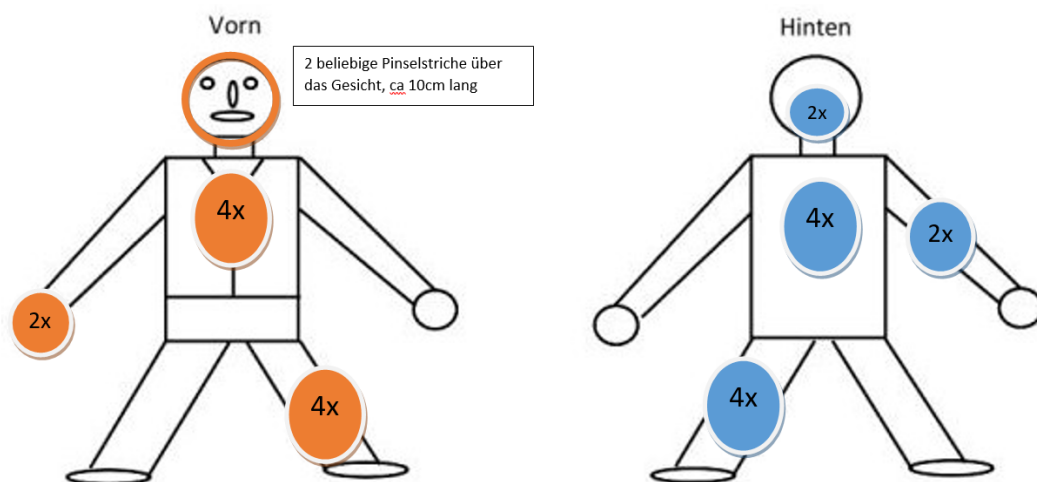


Abbildung 3.4: Ausbringschema der Kontaminations-Simulationssubstanz

Vor Versuchsbeginn wurden die Probanden nach einem festgelegten Schema mit der LUMILUX[®]-Simulationssubstanz eingesprüht. Das Ausbringungsschema 3.4 orientierte sich dabei an einem im Jahre 2013 durchgeführten Versuch zur Dekontamination vor einem Krankenhaus in Hamburg [54]. Das Schema, welches eine breitgestreute Kontamination simuliert, wurde aufgrund der Verwendung einer anderen Simulationssubstanz jedoch leicht modifiziert und angepasst. Zur Dokumentation der Kontamination erfolgte die Anfertigung von Fotoaufnahmen unter UV-Licht. Vorteile gegenüber einer manuellen Vermessung liegen in der Verringerung des zeitlichen Aufwands bei gleichzeitig sehr hoher Präzision. Eine manuelle Vermessung überschreitet den zeitlichen Rahmen und kann zu einer weiteren Hypothermie-Gefahr für die Probanden führen. Dennoch sind für ein ideales Foto geeignete Umgebungsbedingungen herzustellen. Dies beinhaltet möglichst wenige Störquellen, eine gleichmäßige UV-Ausleuchtung und einen gut sichtbaren Maßstab.



Abbildung 3.5: Vorbereiteter Proband im AB-Personal

Um eine möglichst dunkle Umgebung zu erhalten, wurden die Fotos der Anfangs- und Endkontamination im Abrollbehälter-Personal (AB-Personal) durchgeführt. Abbildung 3.5 zeigt einen Probanden, der zuvor in der Vorbereitung eingekleidet und mit LUMILUX[®]-Lösung beaufschlagt wurde. Die Fotoaufnahmen nach dem Entkleiden und der Spot-Dekontamination fanden in einem verdunkelten Bereich der Station B statt, um den Ablauf so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Während der Versuchsplanung waren zunächst separate Aufnahmen nach dem Entkleiden und nach der Spot-Dekontamination geplant. Aufgrund Zeitmangels sowie der Unterbrechung der Übungskontinuität musste auf diese Messungen verzichtet werden.

3.3 Versuchsdurchführung

Da es sich hierbei nicht um eine Vollübung handelte, sondern einzelne Prozessabläufe untersucht werden sollten, beschränkte sich der Einsatz des Übungspersonals auf 5 Gebläsefilteranzugträger und rückwärtiger Unterstützung. Auf Abläufe wie die Erstsichtung, den inneren Patiententransport und die Wundechtdarstellung wurde bewusst verzichtet, um die Dimension der Übung überschaubar zu halten. Die eigentliche Übung fand an den Stationen B und C statt.

Station B: Spot-Dekon und Entkleiden

- Aufnahme der ID mit Eingangsuhrzeit
- Messung der Zeiten für Entkleidung und Spot-Dekontamination
- Beidseitige Fotoaufnahme unter UV-Licht

Die Patienten wurden zunächst auf einer bereitgestellten Trage von 2 Helfern unter Gebläsefilter-Schutzanzug entkleidet, anschließend wurde eine Spot-Dekontamination durchgeführt. Beide Phasen wurden durch eine Messassistenz überwacht, welche die benötigten Zeiten dokumentierte. Die Trage inklusive Tragegestell erfüllte den Zweck, die Beobachtung des Prozesses zu erleichtern und dennoch eine Umlagerung auf das Spineboard integrieren zu können. Nach jedem Probanden erfolgte eine Reinigung der Trage, um ein Verfälschen der Messergebnisse zu verhindern. Zum Entkleiden wurde eine handelsübliche Kleiderschere verwendet. Für die anschließende Spot-Dekontamination standen den Helfern Schwämme, Augenspüllösungen und gereinigtes Wasser zur Verfügung. Nach der Reinigung der Augen und des Gesichtsfeldes erfolgte das Aufsetzen der Schwimmbrille sowie der FFP3-Atmenschutzmaske, welche dem Schutz der weiteren Inkorporation durch den Reinigungsprozess dienen, siehe Abbildung 3.6. Anschließend wurden die Probanden in einer improvisierten Dunkelkammer des Schwarzbereiches unter UV-Licht fotografiert.

Die Verwendung einer Augenspüllösung wurde auf Rücksicht der Probanden nur angedeutet, da sie einerseits sehr unangenehm ist und andererseits aus Sicherheitsgründen bewusst keine Kontamination an den Augen vorgenommen wurde.

Station C1/C2: Ganzkörperdekontamination/Abschluss

- Kontrolle der für die Ganzkörperdekontamination benötigten Zeit
- Messung der Körpertemperatur und Dokumentation der Uhrzeit
- Beidseitige Fotoaufnahme unter UV-Licht
- Ende des Versuchsdurchgangs; anschließend Ausgabe des Fragebogens

Nachdem sich die Probanden zurück auf die Trage gelegt hatten, wurde die Übung fortgesetzt und es erfolgte die Umlagerung auf ein Spineboard. Hierzu wurden die vorhandenen Gurte angelegt und nach Übernahme des Patienten die in der Abbildung 3.7 ersichtliche Ganzkörper-Reinigung nach Rahmenkonzept durchgeführt. Als Reinigungsmittel wurde in allen Versuchen Wasser und die im Container vorhandene Seifenlösung RM 21 der Firma Kärcher verwendet, die den Empfehlungen und Richtlinien der Notfall- und Katastrophenpharmazie sowie der vfdb-Richtlinie 10/04 zur Dekontamination von Körperoberflächen entspricht [2, 50]. Es ist jedoch nicht als Desinfektionsmittel im Sinne der *Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren* zugelassen [55]. Im ersten Versuchsdurchgang jedes Versuchstages wurde die Wassertemperatur von 28 °C am Durchlauferhitzer des Containers eingestellt. Dies entspricht der nach Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe vorgegebenen Wassertemperatur [5]. Im zweiten Durchgang jedes Versuchstages wurde die Wassertemperatur auf 35 °C erhöht, um den Temperatureinfluss zu untersuchen. Für eine bessere zeitliche Orientierung wurde an der Station C1 eine Messassistenz bereitgestellt, welche die einzelnen Phasen bestehend aus 1-minütigem Abspülen, 3-minütigem Einseifen und 2-minütigem Abspülen zeitlich kontrollierte und die Helfer bei Überschreiten der Zeitgrenzen darauf aufmerksam machte. Die Messassistenz simulierte somit gleichzeitig das nach Rahmenkonzept geforderte Rettungsfachpersonal [5].

Nach Abschluss der Ganzkörperdekontamination wurde der Patient durch die Helfer in den Weißbereich gebracht. Anschließend wurde die Körpertemperatur an der Station C2 mittels Infrarot-Ohrthermometer aufgezeichnet und die Probanden im AB-Personal erneut aufgenommen. Nach jedem Versuchsdurchgang wurde den Probanden ein anonymer Fragebogen ausgeteilt, der die Themenbereiche demographische Angaben, (Vor-)Information/Kommunikation und persönliche Eindrücke abdeckte. Die Gesamtzeit, die für die Durchführung eines Versuchsdurchganges pro Patient aufzuwenden war, betrug inklusive Vorbereitung und Verzögerungen etwa 45 Minuten.



Abbildung 3.6: Spot-Dekontamination mit Aufsetzen der Schutzmaske



Abbildung 3.7: Ganzkörperdekontamination im Abrollbehälter

Auswertung

Die Fotoaufnahmen wurden zunächst gesichtet und Anhand der Station und der ID sortiert, um spätere Verwechslungen auszuschließen. Anschließend wurden die Bilder mit der Bildbearbeitungssoftware Adobe Photoshop Lightroom nachbearbeitet, um die Kontamination besser darstellen zu können. Hierzu wurden für jede Station individuelle Anpassungen an Kontrast, Belichtung, Sättigung und Luminanz vorgenommen, um die Kontamination farblich vom Hintergrund zu trennen und somit bestmöglich sichtbar zu machen. Durch die Anwendung der Stapelfunktion konnten die Benutzervorgabe zügig auf alle Fotos übertragen werden.

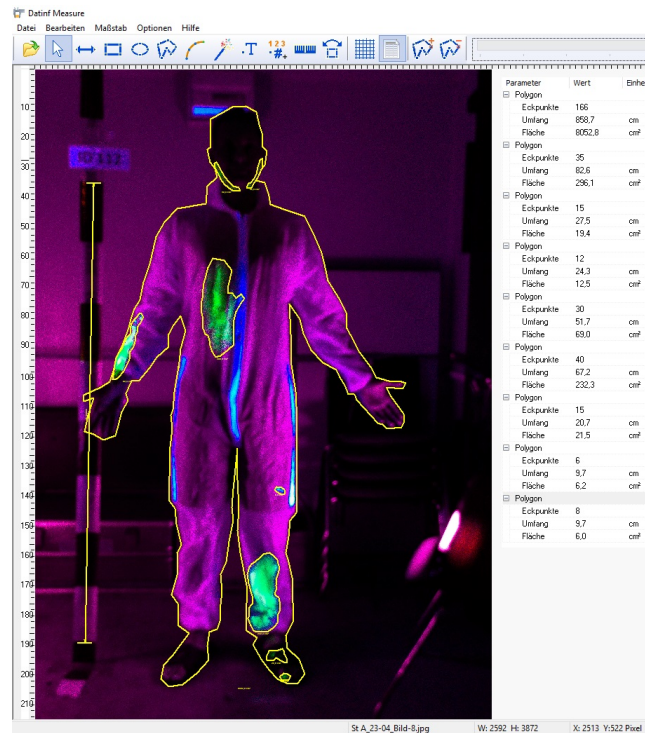


Abbildung 3.8: Auswertung der nachbearbeiteten Aufnahmen

Im Anschluss erfolgte die Vermessung der Kontamination sowie der Körperoberfläche mittels der Software "DatinF Measure", welche speziell für die Bildvermessung ausgelegt ist. Der auf dem Foto sichtbare Maßstab wurde eingelesen und die Flächen mittels Polygonzug vermessen. Anschließend erfolgte die Aufsummierung der kontaminierten Flächen zur Weiterverarbeitung mit Excel. Um zusätzlich einen Bezug zur Körper- bzw. Kleidungsoberfläche zu haben, wurden diese ebenfalls bei jedem Probanden vermessen und als relative Kontamination der Körperoberfläche angegeben. Da diese jedoch von Statur, Körperhaltung und Kleidung abhängig ist, wird die Reduktion der Kontamination anhand der absoluten Kontaminationsflächen gemessen.

4 Ergebnisse

An den beiden Versuchstagen wurden insgesamt 40 Versuchsdurchgänge verzeichnet, davon 16 am ersten und 24 am zweiten Versuchstag. An der Versuchsreihe nahmen insgesamt 24 Probanden teil, davon 9 am ersten und 15 am zweiten Versuchstag. Die Probanden waren alle Mitglieder einer Hilfsorganisation, davon 17 in einer Feuerwehr und 7 in einer anderen Hilfsorganisation. Es gab 22 männliche und 2 weibliche Versuchsteilnehmer/innen. Die Abbildung 4.1 zeigt dabei die Altersverteilung aller am Versuch beteiligten Probanden an. Das durchschnittliche Alter betrug dabei 26,6 Jahre.

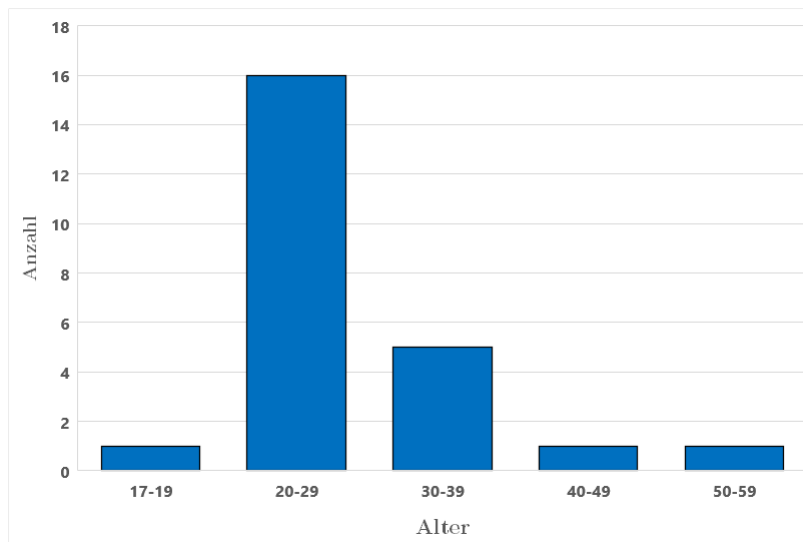


Abbildung 4.1: Histogramm zur Altersverteilung der Probanden

Von den 40 ausgegebenen Fragebögen wurden insgesamt 37 abgegeben, was einer Rücklaufquote von 92,5% entspricht. Zwecks Überprüfung der Vorerfahrungen der Probanden wurden zunächst nur Fragebögen der Versuchsdurchführung mit 28°C in Abbildung 4.2 ausgewertet, da diese an beiden Tagen zuerst durchgeführt wurden und somit Doppelungen vermieden werden. Zur Frage, ob ein solches Szenario zur Dekontamination Verletzter denkbar sei, gaben 91,9 % an, dass dies für sie vollkommen oder eher zutrifft. Für 8,1 % der Probanden trifft dies eher nicht zu und für niemanden war das Szenario undenkbar. Für 64,9 % der Probanden traf es vollkommene beziehungsweise eher zu, sich vorab mit der Thematik "Verletztendekontamination" auseinandergesetzt zu haben.

Von dieser Teilmenge gaben jedoch nur 41,4 % an, im Vorfeld (praktische) Erfahrungen gesammelt zu haben. Dabei unterlag die Einschätzung der eigenen Erfahrung dem subjektiven Empfinden der Befragten, es wurde keine nähere Definition für das Maß der Erfahrung vorgegeben. Für 59,6 % der Befragten traf es hingegen eher nicht oder überhaupt nicht zu, im Vorfeld Erfahrungen gesammelt zu haben.

Für die Auswertung des Themenkomplexes "Information/Kommunikation" wurden die Antworten aller Fragebögen zum Verständnis der Helfer unter Gebläsefilteranzug (GFA), die Information über den nächsten Schritt und die Beantwortung von Fragen durch das Dekontaminationspersonal ausgewertet und in Abbildung 4.3 visualisiert. Insgesamt 83,8 % gaben an, die Helfer unter Schutzanzug gut verstehen zu können. Nur ein geringer Anteil der Probanden (16,2 %) hatte größere Schwierigkeiten und kein Teilnehmer konnte die Helfer überhaupt nicht verstehen. Zu ergänzen ist, dass Zuschauer zu einer gewissen Lärmentwicklung im Zelt beigetragen haben.

Das Personal konnte die auftretenden Fragen für 64,9 % der Befragten vollkommen oder eher beantworten und für niemanden traf dies eher nicht oder überhaupt nicht zu. Letztlich konnten 34,1 % zu dieser Frage keine Antwort geben. Da die Probanden jedoch nicht explizit aufgefordert wurden, Fragen zu stellen, lag dies in ihrem Ermessen. Die Auswertung zeigt deutlich, dass ein Großteil der Probanden eine problemlose Kommunikation aufrecht erhalten hat und Fragen zufriedenstellend beantwortet wurden, sofern diese überhaupt gestellt wurden. Dennoch gab es deutliche Probleme im Bereich des Informationsflusses: 40,5 % gaben an, eher nicht oder überhaupt nicht ausreichend über den nächsten Schritt informiert gewesen zu sein. Da die Teilnehmer vorab bewusst nicht aufgeklärt wurden, aber einige Vorerfahrungen in diesem Bereich angaben, ist davon auszugehen, dass dieser Anteil im Realfall deutlich höher ausfallen wird.

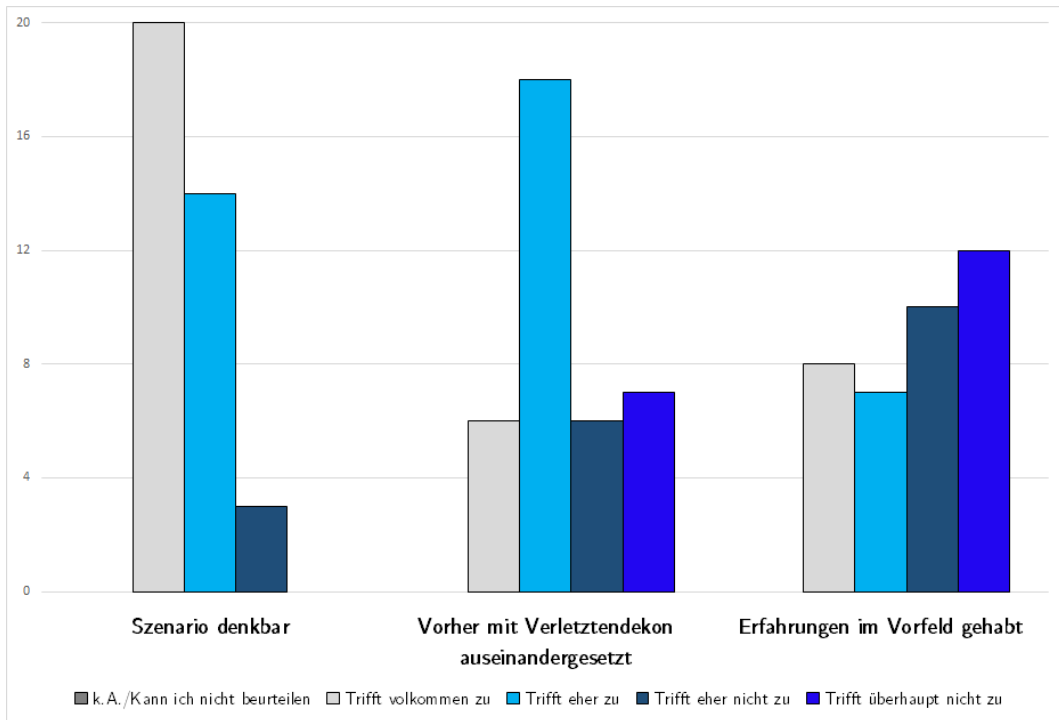


Abbildung 4.2: Fragebogen-Auswertung: Vorerfahrung und Einschätzung der Probanden

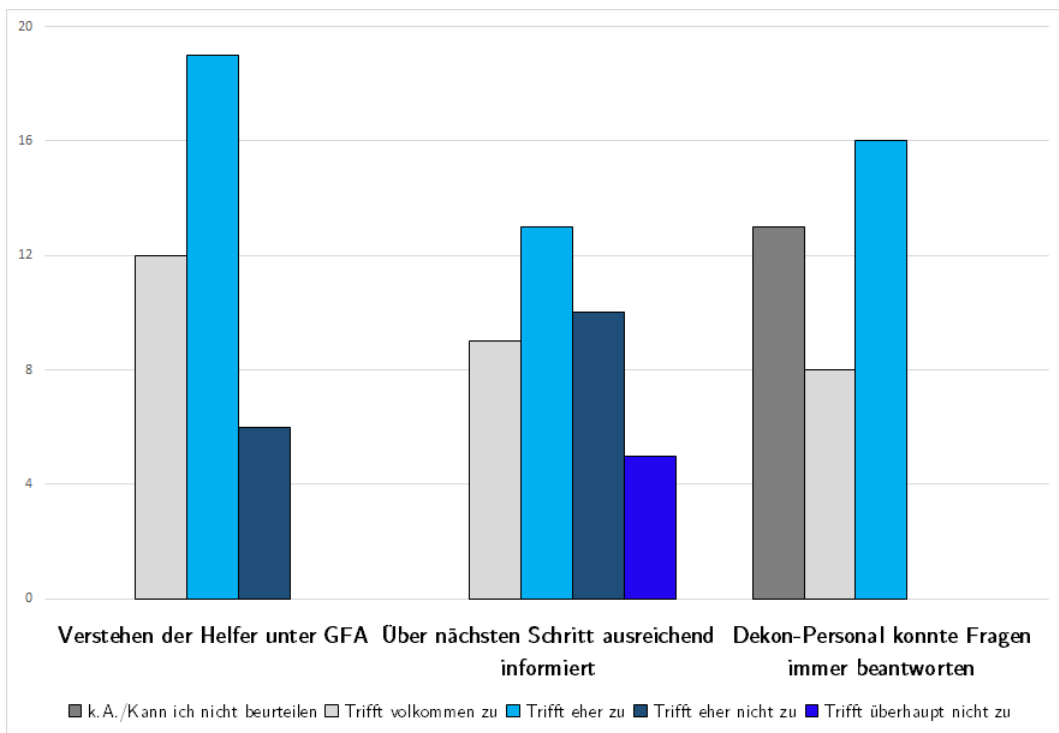


Abbildung 4.3: Fragebogen-Auswertung: Informationsfluss und Kommunikation

4.1 Effektivität der Dekontamination nach Rahmenkonzept

Im Folgenden soll zunächst ein direkter Vergleich der Effektivität zwischen beiden Versuchstagen aufgestellt werden, anschließend erfolgt eine nähere Betrachtung der Einflussfaktoren an den verschiedenen Stationen und ein Überblick über die häufigsten Fehlerquellen. Das Diagramm 4.4 stellt die Gesamtreduktion der Kontamination in Prozent dar, welche durch die gemessenen, absoluten Kontaminationen am Anfang und Ende des Versuches errechnet wurden. Die absolute Kontamination zu Beginn des Versuchs betrug im Mittel aller Messungen $1461,4 \text{ cm}^2$ und die relative Kontamination im Bezug zur Kleidungsoberfläche im Mittel $10,35 \%$. Die Reduktion wurde aufgrund von wechselnder Körper- beziehungsweise Kleidungsoberfläche immer anhand der absoluten Kontaminationsflächen berechnet.

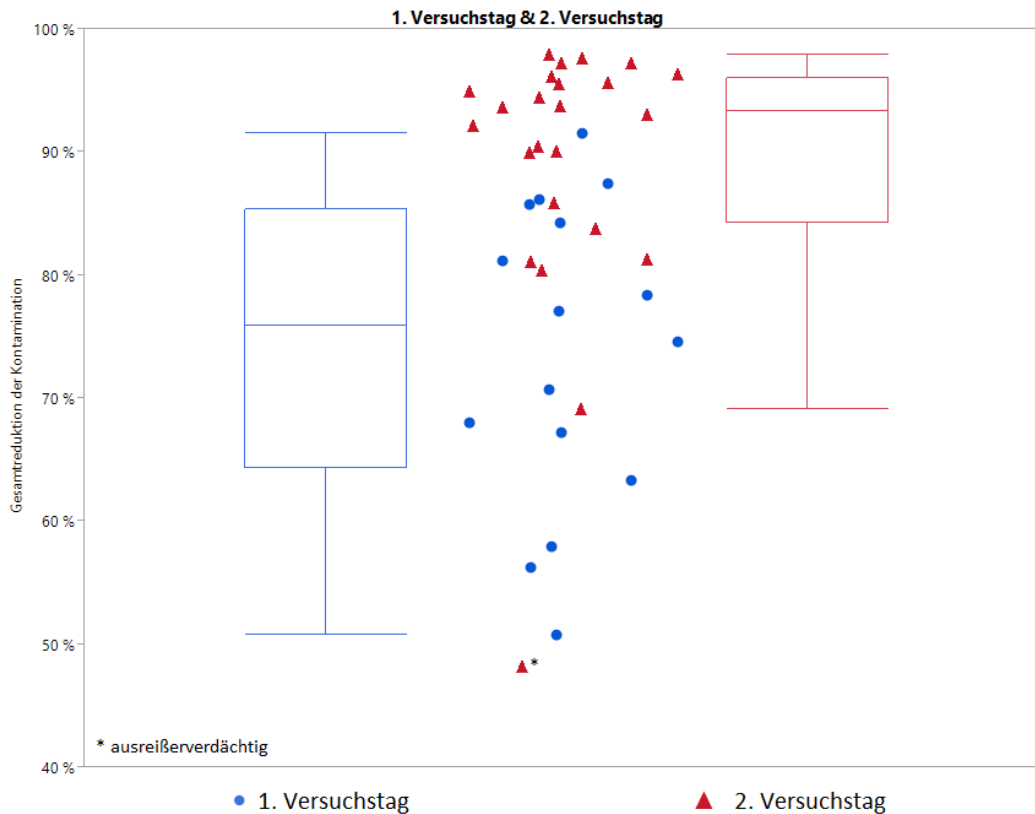


Abbildung 4.4: Box-Plot-Diagramm mit Gesamtreduktion der Kontamination aus beiden Versuchstagen

Die Auswertung der Gesamteffektivität basiert auf beiden Versuchstagen, während die Teilreduktionen des Entkleidens sowie der Spot- und Ganzkörperdekontamination aufgrund von zu starkem Lichteinfall am ersten Versuchstag anhand des zweiten Versuchstages berechnet wurden (siehe Abschnitt Fehlerbetrachtung).

	1. Versuchstag [%]	2. Versuchstag [%]
Median	75,9	94,0
Mittelwert	73,8	90,7
Standardabweichung	12,3	7,3
Minimum	50,8	69,1
Maximum	91,5	97,9
25 % Quartil	64,3	84,3
75 % Quartil	85,4	96,0

Tabelle 4.1: Verteilungsanalyse der in Abbildung 4.4 dargestellten Gesamtreduktionen

Das Box-Plot-Diagramm vergleicht die Messwerte beider Versuchstage und gibt die Streuung der einzelnen Messwerte an. Die Änderung der Wassertemperatur wurde hierfür, wie in Kapitel 2.4 beschrieben, nicht berücksichtigt, da sie keinen nennenswerten Einfluss auf die Reduktion ausübt. Die horizontale Verzitterung der einzelnen Messpunkte dient lediglich der Übersichtlichkeit und ist für die Auswertung nicht relevant. Die Boxen kennzeichnen mit ihrer Umrandung die 25 %- und 75 %-Quartile der Messwerte. Der Median wird durch eine Linie innerhalb der Box angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte werden, abgesehen von Ausreißern, durch die nach oben und unten gerichteten Antennen dargestellt [56, S. 38]. Bei dem Vergleich beider Versuchstage sind deutliche Unterschiede in der Spannweite, sowie im Interquartilsabstand zu erkennen. Beide Kenngrößen nahmen am zweiten Versuchstag deutlich ab. Anhand der Lage des Medianes ist in der oberen Hälfte der Box im zweiten Versuchstag eine linksschiefe Verteilung zu erkennen, während diese am ersten Versuchstag symmetrisch ist.

Aufgrund der deutlichen Differenzen in der Verteilung der Messwerte wurden für den ersten und zweiten Versuchstag jeweils ein Histogramm und ein Q-Q-Plot erstellt. Hierzu werden die empirischen Quantile mit den unter einer Normalverteilung angenommenen theoretischen Quantilen gepaart und graphisch dargestellt. Entlang der diagonalen Regression stimmen beide Kenngrößen näherungsweise überein und es ist von einer Normalverteilung auszugehen. Abweichungen von der Grade zeigen eine abweichende Verteilung der Messwerte an. Aufgrund der ersten Beurteilung des Histogramms in Abbildung 4.5 könnten die Messwerte des ersten Versuchstages zumindest annähernd einer Normalverteilung unterliegen. So liegen mehrere Messwerte in unmittelbarer Nähe zur Regressionsgrade des Q-Q-Plots und im Histogramm ist eine Gaußsche Glockenkurve zu erkennen. Die Daten des zweiten Versuchstages weisen eine zum Teil sehr starke Abweichung von der Regressionsgrade im Q-Q-Plot in Abbildung 4.6 auf. Zudem wurde die zuvor angenommene, linksschiefe Verteilung der Messwerte bestätigt. Es ist auf den ersten Blick davon auszugehen, dass diese keiner Normalverteilung unterliegen.

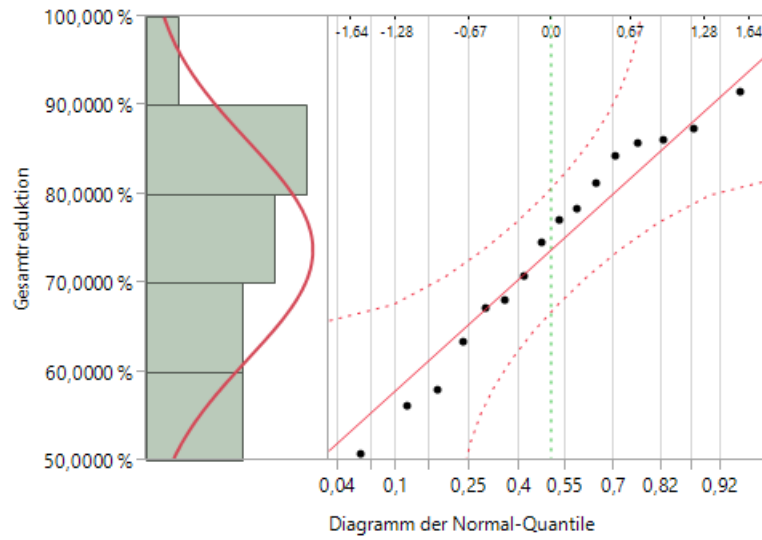


Abbildung 4.5: Histogramm und Q-Q-Plot der Messergebnisse des ersten Versuchstages

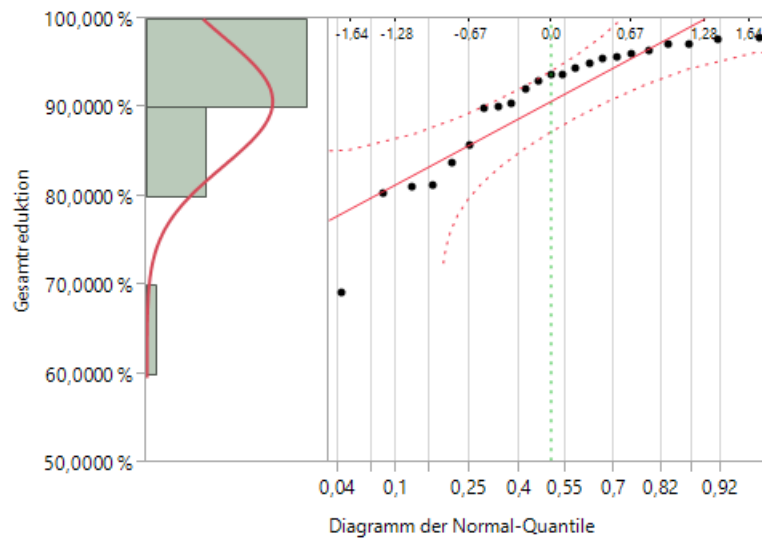


Abbildung 4.6: Histogramm und Q-Q-Plot der Messergebnisse des zweiten Versuchstages

	1. Versuchstag	2. Versuchstag
W erforderlich ($\alpha = 0.01$)	0,844	0,888
W vorhanden	0,954	0,839
Normalverteilt	ja	nein

Tabelle 4.2: Ergebnisse des Signifikanztests nach Shapiro-Wilk

Zum definitiven Nachweis wird zusätzlich ein Test auf Normalverteilung mit hoher Güte nach Shapiro-Wilk mit der Statistik-Software JMP 12 durchgeführt. Die Beobachtungen der gegebenen Stichprobe sind dabei voneinander unabhängig, die Stichproben haben mit jeweils 16 und 24 Beobachtungen einen Umfang von $3 < n < 5000$ und besitzen ein metrisches Skalenniveau. Damit sind die Voraussetzungen zur Durchführung dieses Tests gegeben. Der Shapiro-Wilk-Test basiert auf dem Vergleich der tatsächlichen Stichprobenvarianz mit einer bei der Normalverteilung zu erwartenden Varianz [57]. Die Überprüfung der Nullhypothese H_0 "Normalverteilung liegt vor" wird mittels einer von der Software berechneten Testgröße W vorgenommen, die in Abhängigkeit des Stichprobenumfangs und des Signifikanzniveaus α (hier 1%) einen bestimmten Wert überschreiten muss. Das Signifikanzniveau legt dabei die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Fehlers 1. Art fest, bei der die Alternativhypothese H_1 "keine Normalverteilung" fälschlicherweise als richtig angenommen wird [58, S. 35ff.] Das definierte W -Kriterium wurde, wie in Tabelle 4.2 beschrieben, nur für den ersten Versuchstag erfüllt. Die Daten des zweiten Versuchstages werden daher, im Gegensatz zum ersten Versuchstag, als nicht-normalverteilt betrachtet.

Eine weitere Analyse ergab, dass ein Messwert (48,2%) am zweiten Versuchstag potenziell als ausreißerverdächtig bezeichnet werden kann, da die Entfernung zur Box größer als der 1,5-Fache Interquartilsabstand ist. Dies muss jedoch nicht die Folge eines Messfehlers sein. Mögliche Ursachen könnten ebenso in einer unvollständigen Dekontamination durch Übersehen von kontaminierten Arealen liegen. Eine genauere Ursachenanalyse ergab, dass sich während der Dekontamination von ID 207 mit einer Restkontamination von 48,2% mehrere Zwischenfälle ereigneten: Während der Spot-Dekontamination kam es wiederholt zu einem Problem mit einem Gebläsefilteranzug, wodurch der Ablauf der Spot-Dekontamination beeinträchtigt wurde. Des Weiteren trat beim Probanden während der Ganzkörperdekontamination eine leichte allergischen Reaktion auf, welche entweder durch das Reinigungsmittel RM 21 oder die Versuchssubstanz ausgelöst wurde. Aus diesem Grund wurde die Versuchsdurchführung vorzeitig beendet. Der Messwert wird somit als Ausreißer behandelt und fließt nicht mit in die Berechnungen ein.

Im Folgenden wird der Median zur Abschätzung des Dekontaminationserfolges genutzt, da dieser im Gegensatz zum Mittelwert eine geringe Anfälligkeit gegenüber Ausreißern besitzt. Während der Median am ersten Versuchstag noch bei 75,9 % lag, wurden am zweiten Versuchstag 94 % erzielt, was einer Steigerung von 18,1 Prozentpunkten entspricht. Die Streuung der Messwerte nimmt am zweiten Versuchstag ebenfalls deutlich ab. So liegt die Standardabweichung mit 7,3 % fünf Prozentpunkte unterhalb der ersten Messung.

Durch mehrere geplante Helferwechsel innerhalb des Versuchstages konnte der menschliche Einflussfaktor maßgeblich reduziert werden. Ein weiteres wesentliches Merkmal des ersten Versuchstages ist die starke Streuung der Messwerte, die besonders anhand der in Tabelle 4.1 genannten Quartile deutlich wird. Der Interquartilsabstand ist mit 21,1 Prozentpunkten fast doppelt so groß wie am zweiten Versuchstag. Weiterhin gab es an beiden Versuchstagen immer wieder Ausnahmen, bei denen nur etwa die Hälfte der Kontamination entfernt werden konnte. Auf die einzelnen Messergebnisse soll in den folgenden Abschnitten näher eingegangen werden.

	1. Tag		2. Tag	
	AK [cm ²]	rel. K. [%]	AK [cm ²]	rel. K. [%]
Mittelwert	1691,52	13,1	1231,27	7,6
Median	1621,68	13,2	1154,20	6,9
Standardabweichung	502,08	3,3	559,19	3,6
Minimum	659,21	6,4	568,17	3,5
Maximum	2967,00	18,9	2625,81	17,0

Tabelle 4.3: Absolute Anfangskontamination (AK) und relative Kontamination der Bekleidung (rel. K.) beider Versuchstage

Zunächst muss eine Unterscheidung zwischen absoluten und relativen Angaben durchgeführt werden. Im ersten Schritt erfolgte die Berechnung der absoluten Reduktionen der Teilschritte anhand der Differenz der vor und nach dem Teilschritt aufgezeichneten Kontaminationen in cm². Aus den Anfangs- und Endkontaminationen wurde schließlich eine relative Gesamtreaktion gebildet.

$$\text{Relative Gesamtreaktion [\%]} = \left(1 - \frac{\text{Abs. Endkontamination [cm}^2\text{]}}{\text{Abs. Anfangskontamination [cm}^2\text{]}}\right) * 100 \quad (4.1)$$

Anschließend wurden die berechneten Reduktionen der Teilschritte [cm²] in einem Verhältnis zur jeweiligen Anfangskontamination gesetzt und im folgenden als Teilreaktionen angegeben. Die Angabe der Teilreaktion bezieht sich dabei immer auf den aktuellen Dekontaminationsschritt und ist als Teil der Gesamtreaktion zu betrachten. Die Summe aller nach 4.2 berechneten Teilreaktionen ergibt somit die in Formel 4.1 angegebene Gesamtreaktion.

$$\text{Relative Teilreaktion [\%]} = \frac{\text{Absolute Teilreaktion [cm}^2\text{]}}{\text{Abs. Anfangskontamination [cm}^2\text{]}} * 100 \quad (4.2)$$

Die Angabe der relativen (Rest-)Kontamination bezieht sich auf die Kleidungsfläche der Probanden, beziehungsweise auf die Körperoberfläche nach dem Entkleiden:

$$\text{Relative Kontamination [\%]} = \frac{(\text{Rest-})\text{Kontamination [cm}^2\text{]}}{\text{Kleidungs- bzw. Körperoberfläche [cm}^2\text{]}} * 100 \quad (4.3)$$

In der Tabelle 4.3 wird zunächst eine Betrachtung der Startwerte beider Versuchstage vorgenommen. Die relative Kontamination bezieht sich hierbei auf die Kleidungsfläche, während diese in den folgenden Teilschritten anhand der entkleideten Körperoberfläche bestimmt wurde. Die Anfangskontaminationen unterliegen zum Teil größeren Schwankungen, es ergibt sich jedoch an beiden Tagen eine vergleichbare Abweichung mit ähnlichen Minima und Maxima.

4.1.1 Entkleiden

Für das Entkleiden der Probanden wurden am ersten Versuchstag im Mittel 01:43 Minuten und am zweiten Versuchstag 01:34 Minuten benötigt. Die schnellste Entkleidung fand nach nur 33 Sekunden statt, während die längste 02:28 Minuten dauerte. Die Helfer führten zu Beginn gemeinsam die Entkleidung durch, jedoch wurde festgestellt, dass der Zeitbedarf für die Versorgung durch eine parallele Spot-Dekontamination wesentlich reduziert werden konnte. Einige Helfer gaben zudem an, dass die Schutzhandschuhe durch ihre Isolierung keine feinmotorischen Arbeiten wie beispielsweise eine Pulsmessung zulassen würden.

4.1.2 Spot-Dekontamination

Die Spot-Dekontamination benötigte am ersten Versuchstag im Mittel 02:50 Minuten und am zweiten Versuchstag 03:00 Minuten. Betrachtet man die Gesamtzeiten, die für die Spot-Dekontamination und das Entkleiden benötigt wurden, so beträgt diese bei beiden Versuchstagen im Mittel 04:34 Minuten. Durch die Versuche wurde festgestellt, dass die auf dem Container vorhandenen Schwimmbrillen zu Problemen führten. Die Kopfbänder sind in verpacktem Zustand auf eine minimale Größe eingestellt, welche für die Helfer unter Schutzanzug nur mit großem Zeitverzug anzupassen sind. Bei einigen Probanden kam es aufgrund der suboptimal eingestellten Brillen zu einem Wassereintritt im Augenbereich. Das Aufsetzen der Schutzmasken erforderte ebenfalls große Sorgfalt, da ansonsten eine Kontamination des Innenbereiches durch die Handschuhe der Helfer aufgetreten wäre.

	Teilred. nach Entkleiden/Spot-Dekon[%]			Rel. Restkontam. [%]
	Vorderseite	Rückseite	Beidseitig	
Min	7,2	2,2	14,6	1,7
Max	53,6	30,9	75,6	14,3
Mittelwert	28,5	13,6	42,5	5,1
Median	30,4	11,3	40,1	3,7

Tabelle 4.4: Teilreduktion nach Entkleiden und Spot-Dekontamination mit getrennter Betrachtung nach Körperseite(n) und Angabe der relativen Kontamination

Die Messungen am zweiten Versuchstag ergaben im Median eine Teilreduktion von 40,1 % (Mittelwert 42,5 %) nach dem Entkleiden und der Spot-Dekontamination. Dabei beträgt die Spannweite der beidseitigen Reduktion 61 Prozentpunkte. Die angegebene relative Restkontamination bezieht sich hierbei auf die Körperoberfläche nach dem Entkleiden und betrug im Median 3,7 %, unterlag jedoch ebenfalls starken Schwankungen. Zum besseren Vergleich wurden die Gesamtergebnisse der Teilreduktion an Station B in der Tabelle 4.4 getrennt nach Vorder- und Rückseite der Probanden dargestellt. Es zeigen sich deutliche Unterschied in der Reduktion, welche an der Vorderseite im Median 30,4 % und auf der Rückseite 11,3 % beträgt.

4.1.3 Ganzkörper-Dekontamination

Die Auswertung der Ergebnisse zur Ganzkörperdekontamination am zweiten Versuchstag in Tabelle 4.5 ergab im Median eine Teilreduktion der Kontamination von 46,5 % (Mittelwert: 48,2 %). Die Messergebnisse variierten wie bei der Spot-Dekontamination ebenfalls sehr stark, sodass die Standardabweichung 16,1 % und die Spannweite der Messwerte 52,1 % beträgt. Bei den Probanden wurde eine relative Restkontamination von 0,4 % im Median (Mittelwert: 0,9 %) verzeichnet. Bei der getrennten Betrachtung der Körperseiten ist festzustellen, dass die Effektivität auf der Rückseite mit einem Median von 30,9 % wesentlich höher ist, als auf der Vorderseite. Die im Bezug zur Körperoberfläche angegebene relative Restkontamination betrug am Ende der Versuchsdurchführung im Mittel noch 0,9 %, was in etwa einer absoluten Kontamination von 123,9 cm² bei einer durchschnittlichen Körperoberfläche von 13946 cm² entspricht.

In der Auswertung der offenen Kommentarmöglichkeit der Fragebögen gaben außerdem fünf Teilnehmer an, dass sie den Wasserstrahl als sehr hart und schmerzhaft an empfindlichen Körperstellen empfanden. Die Frage, ob der Umgang zu grob war, beantworteten jedoch 73 % mit trifft eher nicht oder überhaupt nicht zu.

	Teilreduktion nach Ganzkörperdekon[%]			Rel. Restkontam. [%]
	Vorderseite	Rückseite	Beidseitig	
Min	1,5	18,4	21,6	0,2
Max	39,4	48,0	73,7	3,9
Mittelwert	16,1	32,1	48,2	0,9
Median	12,8	30,9	46,5	0,4

Tabelle 4.5: Teilreduktion nach Ganzkörperdekontamination mit getrennter Betrachtung nach Körperseite(n) und Angabe der relativen Restkontamination

4.2 Veränderung der Wassertemperatur

Für den zweiten Durchgang eines jeden Versuchstages wurde die Wassertemperatur von 28° C auf 35 °C angehoben.

Vergleicht man die mittlere Gesamtreduktion beider Versuchstage hinsichtlich einer Veränderung der Wassertemperatur, so lag diese für 28 °C bei 84,7 % (Standardabweichung: 13,5%) und für 35 °C bei 82,6 % (Standardabweichung: 11,9%). Ein signifikanter Einfluss der Wassertemperatur auf die Waschwirkung konnte wie in der in Abschnitt 2.4 vorgestellten ORCHIDS-Studie somit ebenfalls nicht nachgewiesen werden.

Die in Tabelle 4.6 dargestellten Differenzen der Körpertemperatur, welche jeweils zum Beginn und am Ende des Versuchsdurchganges gemessen wurden, zeigen keine signifikanten Veränderungen. Die messtechnische Genauigkeit des Infrarot-Ohr-Thermometers ist mit ± 0.2 °C angegeben [59]. Trotz Erhöhung der Wassertemperatur wurde im Mittel eine Verringerung der Körpertemperatur gemessen, was auf den Einfluss von Messfehlern schließen lässt. Diese werden im Abschnitt Fehlerbeurteilung diskutiert. Neben den physiologischen Auswirkungen wurde jedoch auch der persönliche Eindruck der Probanden nach jedem Durchgang mittels Fragebogen aufgezeichnet. Bei den Rückmeldungen wurden im ersten Versuchsdurchgang (28 °C) 21 und im zweiten Versuchsdurchgang (35 °C) 16 Antworten verzeichnet.

Wie im Diagramm 4.7 ersichtlich wird, empfand mit 72,8 % ein Großteil der Probanden die Wassertemperatur von 28 °C als eher nicht oder überhaupt nicht angenehm. Durch die Erhöhung um 7 °C im zweiten Versuchsteil empfanden dies nur noch 6,7 % so. Es konnte ein deutlicher Trend für die Akzeptanz der vom Rahmenkonzept abweichenden Wassertemperatur festgestellt werden. Dies bestätigte die im Diagramm 4.8 dargestellten Kontrollfrage hinsichtlich des allgemeinen Temperaturempfindens. Dort gaben 63,7 % an, dass ihnen während des 1. Versuchsdurchganges kalt war beziehungsweise, dass sie gefroren haben. Die Umgebungstemperaturen im Zelt lagen bei etwa 28-30 °C.

	1. Tag		2. Tag	
	28 °C WT	35 °C WT	28 °C WT	35 °C WT
Mittelwert	- 0.06 °C	- 0.39 °C	+ 0.12 °C	- 0.22 °C
Median	- 0.20 °C	- 0.40 °C	0.00 °C	- 0.30 °C
Min	- 0.80 °C	- 0.90 °C	- 1.00 °C	- 0.80 °C
Max	+ 0.90 °C	+ 0.10 °C	+ 1.10 °C	+ 0.60 °C

Tabelle 4.6: Änderung der Körpertemperatur in Abhängigkeit der Wassertemperatur

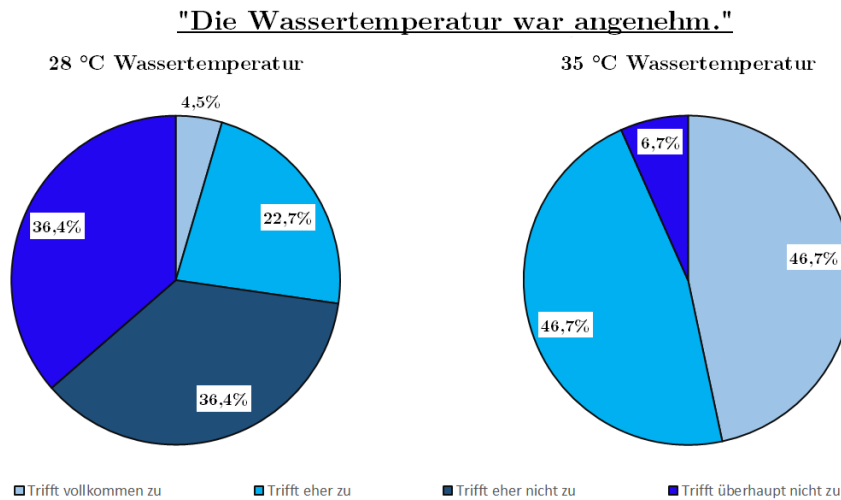


Abbildung 4.7: Fragebogen-Auswertung: Empfinden der Wassertemperatur

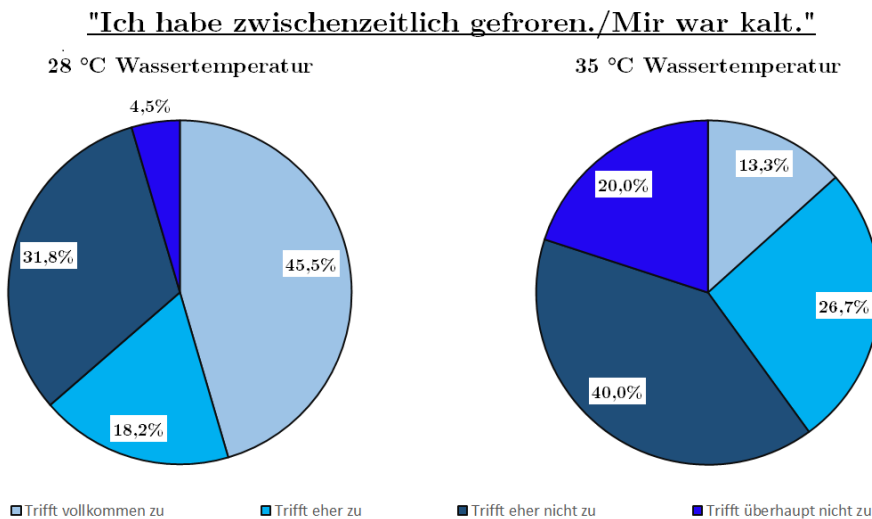


Abbildung 4.8: Fragebogen-Auswertung zum allgemeinen Temperaturempfinden während des Versuchs

5 Diskussion

Im folgenden Kapitel werden zunächst die im Abschnitt 2.2 vorgestellten Dekon-V-Konzepte verglichen und hinsichtlich ihrer praktischen Anwendungsfähigkeit überprüft. Anschließend werden die aus dem Versuch gewonnenen Ergebnisse, aus denen die Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden, diskutiert und mögliche Fehlerquellen aufgezeigt.

5.1 Bewertung der Anwendertauglichkeit von Dekon-V Konzepten

Das Rahmenkonzept der Bund-Länder-Arbeitsgruppe beschreibt eine grobe Handlungsempfehlung zur Dekontamination von Verletzten. Es muss berücksichtigt werden, dass das Konzept 2006 veröffentlicht wurde und daher nicht mehr dem aktuellen Stand der Forschung entspricht. Dennoch werden einige fundamentale Prinzipien deutlich, die bis heute Grundlagen der Dekontamination sind: Hierzu zählt vor allem die schnelle Eigendekontamination der Betroffenen. Durch den Zeitverzug bis zum Eintreffen der Rettungskräfte kann es zu einer starken Einwirkung der Gefahrstoffe kommen, die nur durch ein zügiges Entkleiden verhindert werden kann. Wie im Abschnitt 2.4 erwähnt, kann mit diesem Schritt eine Reduktion der Kontamination von über 50% erreicht werden. Es wäre daher sinnvoll, die Bevölkerung beispielsweise im Rahmen von Erste-Hilfe Kurse mit Selbstschutzzinhalten wie der Eigendekontamination vertraut zu machen, um den Einsatzkräften dadurch einen taktischen Zeitgewinn zu verschaffen und nicht zuletzt die Überlebenschancen der Betroffenen durch diese einfachen Maßnahmen zu steigern. Als besonders sinnvoll stellt sich vor allem die Unterteilung in die Anzahl der kontaminierten Verletzten dar, welche ebenfalls im Braunschweiger Konzept umgesetzt wurde. Neben der Vorhaltung von Einsatzplänen für eine Großzahl von Patienten, sollte dies immer auch für die Dekontamination von einzelnen Personen oder kleineren Gruppen erfolgen, da diese Szenarien eine wesentlich höhere Eintrittswahrscheinlichkeit besitzen.

Auch die Unterteilung in gehfähige und liegende Patienten sowie die anschließende Spot- und Ganzkörperdekontamination sind als immer noch zeitgemäße Maßnahmen anzusehen, wie der internationale Vergleich und diverse Forschungsprojekte

zeigen. Die Parameter, wie zum Beispiel die Wassertemperatur oder die Zeitdauer, sollten jedoch kritisch hinterfragt und auf Aktualität geprüft werden. Der Vergleich mit anderen europäischen Staaten offenbart hier starke Differenzen bezüglich der Durchführung der Dekontamination, welche insbesondere dem aktuellen Stand der Forschung widersprechen. Hierzu sollten vermehrt Versuchsdurchführungen initiiert werden, wie dies im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit erfolgte.

Die FwDV 500 beschränkt sich im Bereich der Dekontamination im Wesentlichen auf den Umgang mit kontaminierten Geräten und Personal und geht im Standard-Einsatz (Dekon-Stufe II) davon aus, dass nicht mehr als eine Person gleichzeitig zu dekontaminieren ist. Das niedersächsische Konzept liefert hier konkrete Maßnahmen zur Verletztendekontamination, die sich explizit an der Dekontaminationsmatrix der FwDV 500 orientiert. Das Konzept beruht vor allem auf dem Einsatz bereits vorhandener Mittel, wie zum Beispiel der Ein-Personen-Dusche oder dem Duschzelt des Dekon-LKW-P und bietet somit eine gute Grundlage für erste Einsatzmaßnahmen. Diese erreichen jedoch spätestens bei höheren Verletztenzahlen die Kapazitätsgrenze von 6 Verletzten pro Stunde (Stufe III V, erweiterte Dekon), die nur durch einen sehr großen Kräfte- und Mittelanatz erweitert werden kann. Eine Dekontamination von beispielsweise 50 Verletzten erscheint daher unrealistisch.

Eine Lösung für diese Problematik bietet hier das nordrhein-westfälische Konzept, welches den AB-V Dekon in die Dekontamination einbindet und eine Unterteilung in eine Zug- beziehungsweise eine Verbandsform vornimmt, die bis zu 50 Verletzte je Stunde autark versorgen kann. Da die ABC-Konzepte nur einen Empfehlungscharakter besitzen, sollte die Aufnahme von einfachen Maßnahmen zur Dekontamination von Verletzten in die Feuerwehrdienstvorschrift 500 überprüft werden. Der Aufbau der in Abbildung 2.4 gezeigten Notdekontamination mittels zweier Löschfahrzeuge erscheint aufgrund der Zweifel an der Wirksamkeit nur im absoluten Ausnahmefall, das heißt bei einer Kontamination einer großen Menschenmenge (>50 Personen) mit einem schnell wirksamen C-Gefahrstoff, sinnvoll. Viel wichtiger erscheint hier die Anleitung der Betroffenen zum selbstständigen Entkleiden. Im Falle einer Kontamination mit A- oder B- Gefahrstoffen sollten die Maßnahmen aufgrund des langsamen Wirkungseintritts daher strukturiert vorbereitet werden, um eine Kontaminationsverschleppung auszuschließen [50].

Da Feuerwehren jedoch im Allgemeinen bereits in der akuten Gefahrenabwehr gebunden und durch ihre vielfältigen Aufgabenbereiche personell und zeitlich hoch ausgelastet sind, sollte die Kooperation mit anderen Hilfsorganisationen im Katastrophenschutz gefördert und verbessert werden. Das Konzept der SEG-VerKON bietet hier einen guten Ansatz zur Eingliederung vorhandener Mittel in die Verletztendekontamination. Neben der erweiterten Ausstattung der Sanitätskräfte, zum

Beispiel im Bereich persönlicher Schutzausrüstung, ist für den Einsatz im Dekontaminationsbereich vor allem die Atemschutzausbildung und die Tauglichkeit für das Tragen von umluftabhängigem Atemschutz sicherzustellen. Im Gegenzug können die Sanitätskräfte im Rahmen der gemeinsamen Aus- und Fortbildung zur Erweiterung des medizinischen Vorwissens der Feuerwehrkräfte beitragen und somit einen Synergieeffekt erzielen. Eine organisationsübergreifende Zusammenarbeit zwischen Feuerwehr und Hilfsorganisationen befindet sich in einigen Städten wie Magdeburg derzeit im Aufbau. Zu beachten ist, dass die in der SEG-VerKON eingesetzten Kräfte dadurch möglicherweise nicht für anderweitige Zwecke, wie dem Betrieb eines Behandlungsplatzes, zur Verfügung stehen.

Das Konzept zur Dekontamination vor einem Krankenhaus stellt einen erweiterten Ansatz zur Verletztendekontamination dar: Aufgrund der in Abschnitt 1.2 genannten Erfahrungen ist mit einer hohen Anzahl von selbsteinweisenden Patienten zu rechnen, welche die Notaufnahme für die Behandlung von Schwerverletzten blockieren und zu einer Sekundärkontamination kritischer Infrastrukturen führen können. Aus diesem Grund sollte jedes Krankenhaus einen entsprechenden Alarmplan aufstellen, der sich mit Maßnahmen zum Schutz der Notaufnahme und der Dekontamination von Verletzten beschäftigt. Da sich CBRN-Ereignisse jedoch nicht immer in unmittelbarer Nähe zu einem Krankenhaus ereignen und schwerverletzte beziehungsweise nicht-gefähige Personen besonderer Unterstützung bedürfen, muss die Feuerwehr weiterhin über geeignete Mittel zur Dekontamination am Schadensort verfügen.

Neben den örtlichen Gefahrenabwehreinheiten sind Bund und Länder im Rahmen des Bevölkerungsschutzes ebenfalls in die Verletztendekontamination eingebunden. Bis zum jetzigen Zeitpunkt können jedoch noch keine validen Aussagen zur Funktionsfähigkeit getroffen werden, da sich das Konzept momentan im Aufbau befindet. Für den Dekon-P ist ein maximaler Durchsatz von etwa 60 Personen pro Stunde angegeben [50]. Diese Angabe basiert jedoch auf der Dekontamination von Personal beziehungsweise mindestens gefähigen Personen. Nach Nordrhein-Westfälischem Konzept sei „Für die 'liegende' Dekontamination von Verletzten [...] ein Abrollbehälter zur Verletzten-Dekontamination (AB-V-Dekon) erforderlich“ [10, S. 38]. Es ist daher davon auszugehen, dass der für die Teileinheit Verletztendekontamination eingeplante Dekontaminationslastkraftwagen *Personen II+* somit trotz Zusatzausstattung nicht für die Dekontamination einer großen Anzahl nicht-gefähiger Verletzter ausgelegt ist. Dies sollte bei der Erstellung von Konzepten berücksichtigt werden.

5.2 Auswertung der Versuchsergebnisse

Zunächst ist im Hinblick auf die Ergebnisse festzustellen, dass das gewählte Szenario einer “Worst-Case“-Situation entspricht. Die Helfer wurden nur mit Mindeststärke eingesetzt, die Kontamination der Probanden wurde mit einem nahezu unsichtbarem Stoff in hoher Konzentration durchgeführt und sämtliche Personen wurden als nicht-gehfähig eingestuft. Auch wenn ein solches Szenario eher unwahrscheinlich ist, dient es dennoch dem Zweck, mögliche Schwachstellen durch eine Grenzbelastung des Systems aufzuspüren.

Der direkte Vergleich der beiden Versuchstage macht eine Korrelation zwischen der Übungszeit und der Effektivität deutlich: Neben den quantitativen Messungen, die eine Steigerung der mittleren Reduktion von annähernd 20 Prozentpunkte und einer verminderten Streuung ergaben, machte sich bei den Helfern der Ortsfeuerwehr Innenstadt ein Zugewinn an Routine bemerkbar. So verbesserten sich nicht nur die direkt unter Gebläsefilteranzug eingesetzten Kräfte, auch der Gesamtablauf funktionierte zunehmend flüssiger. Dennoch gab es vereinzelt immer noch höhere Restkontaminationen: Besonders an schwer zugänglichen Bereichen wie dem Rücken oder intimen Stellen, wie dem Dekolleté, wurden verstärkt Rückstände verzeichnet. Hieraus lässt sich eine zwingend notwendige Aus- und Fortbildung aller an der Dekontamination beteiligten Kräfte ableiten, um die Effektivität zu erhöhen und Berührungssängste zu reduzieren. Wie in Kapitel 2.4 beschrieben, hat der Einfluss der Reinigungsmechanik den größten Effekt auf den Erfolg der Dekontamination. Diese kann durch regelmäßige Aus- und Fortbildung maßgeblich verbessert werden. Erst die praktische Durchführung der einzelnen Ablaufprozesse unter annähernd realistischen Übungsbedingungen ermöglicht die Vorbereitung für einen sicheren und effizienten Realeinsatz. Die Befragung der in diversen Hilfsorganisationen tätigen Probanden hinsichtlich ihrer Vorerfahrungen bestätigte die Hypothese, dass es noch einen großen Handlungsbedarf im Bereich Aus- und Fortbildung gibt.

Besonders deutlich wird der Lerneffekt bei der Betrachtung der Verteilung der Gesamtreduktion: Am ersten Versuchstag konnte durch einen Signifikanztest eine Normalverteilung nachgewiesen werden, während dies beim zweiten Versuchstag negiert wurde. Da alle Helfer am ersten Versuchstag unter gleichen Voraussetzungen beziehungsweise gleichem Vorwissen am Versuch teilnahmen, hatte dies eine größere Ähnlichkeit mit einem Zufallsexperiment. Diese Randomisierung konnte aufgrund von Vorkenntnissen der meisten Helfer am zweiten Versuchstag nicht mehr erreicht werden. In Anbetracht der (aufwändigen) Versuchsbedingungen und der begrenzten Anzahl vorhandener Atemschutzgeräteträger kann hier nicht mehr von einer Zufallsstichprobe ausgegangen werden. Aus diesem Grund entwickelte sich mutmaßlich eine linksschiefe Verteilung, beziehungsweise eine systematische Verzerrung der

Messergebnisse. Dies bestätigt jedoch die bereits oben genannte Hypothese einer zwingend notwendigen Übungspraxis, welche zu einer messbaren Verbesserung des Dekontaminationserfolges führt.

Bei der Auswertung der relativen Kontaminationen beider Versuchstage wird deutlich, dass diese am zweiten Versuchstag (Median: 6,9 %) gegenüber dem ersten (Median: 13,2 %) annähernd halbiert wurde. Da die relative Kontamination von der Körpergröße und -statur abhängig ist, floss diese jedoch nicht in die Berechnungen ein, sondern diente nur als Zusatzinformation. Die Schwankungen der mittleren Anfangskonzentrationen zwischen beiden Versuchstagen von circa 400 cm² entstanden trotz Vorgabe eines Ausbringungsschemas, da die Kontaminationsflächen je nach Sprühwinkel und -abstand größer beziehungsweise kleiner wurden. Dies ist jedoch für die Auswertung nicht als Fehlerquelle einzustufen, sondern stellt sogar eine reale Streuung der flächenbezogenen Kontaminationsmasse dar. Zudem ist die mittlere Abweichung an beiden Tagen als vergleichbar zu erachten. Durch die Berechnungsmethodik wurden sämtliche Reduktionen anhand der absoluten Kontaminationen berechnet.

Durch die Betrachtung der Teilschritte wird ersichtlich, dass das Entkleiden und die Spot-Dekontamination mit einem Median von 40,1% einen maßgeblichen Anteil am Gesamterfolg der Dekontamination ausmachen. Betrachtet man die Spannweite der Messwerte von 14,6 bis 75,6% wird deutlich, dass die Effektivität hier starken Schwankungen unterliegt. Neben dem bereits in Kapitel 2.4 erwähnten Effektivität des Entkleidens, die unter gleichen Bedingungen als annähernd konstant angesehen werden kann, hängt der Erfolg der Spot-Dekontamination maßgeblich davon ab, ob Gefahrstoffe bereits für die Helfer sichtbar sind oder ob die Betroffenen Auskünfte zu Kontaminationsstellen geben können. Ist eines dieser Kriterien erfüllt, können die Helfer der Spot-Dekontamination Gefahrstoffe durch eine gezielte und punktuelle Reinigung in kurzer Zeit entfernen. Zur näheren Untersuchung sollte in weiteren Versuchen eine wie ursprünglich geplante Zwischenmessung nach dem Entkleiden durchgeführt werden.

Die in der Literatur beschriebene Reduktion von 70 % allein durch das Entkleiden konnte jedoch im Experiment bei Weitem nicht erzielt werden. Grund ist eine bewusst hoch gewählte Permeabilität der Polypropylen-Anzüge, die gegenüber normaler mehrschichtiger Alltagskleidung mit Flüssigkeitsschutz (z.B. Regenjacke), einen niedrigeren Schutzfaktor bieten. Eine besondere Herausforderung lag in der Entfernung eines nahezu unsichtbaren Stoffes, der nur mit intensiver mechanischer Reinigung entfernbar war. Da die Helfer, abgesehen von der standardmäßigen Reinigung im Gesicht, nur vereinzelt kontaminierte Körperpartien erkennen konnten, kam es hierbei zu großen Unterschieden in der Reduktion. Um diese Abweichungen näher

untersuchen zu können, wurde eine getrennte Betrachtung der Vorder- und Rückseite durchgeführt. Wie in Tabelle 4.4 ersichtlich, ist an der Vorderseite eine deutlich erhöhte Reduktion der Kontamination zu verzeichnen. Da die Spot-Dekontamination das Ziel verfolgt, die Gesichtspartien zu reinigen und auf den ersten Blick sichtbare Kontamination zu entfernen, wurde hier erfahrungsgemäß nur die Vorderseite der Patienten gereinigt. Hieraus resultiert eine im Vergleich zur Rückseite mehr als verdoppelte Reduktion der Kontamination. Die im Median erzielte Reduzierung um 11,3 % auf der Rückseite ist folglich größtenteils auf das Entkleiden der Probanden zurückzuführen, während die um 30,4 % erfolgte Reduzierung der Kontamination auf der Vorderseite mutmaßlich durch eine Kombination von Entkleiden und Spot-Dekontamination erfolgte.

Das Entkleiden und die Spot-Dekontamination dauerten im Mittel aller Versuchsdurchführungen 4:34 Minuten. Da die Ganzkörper-Dekontamination in der nächsten Station nach Rahmenkonzept eine Gesamtdauer von mindestens 6 Minuten umfasst, bleibt dem Personal der Spot-Dekontamination ungefähr noch ein Zeitfenster von 90 Sekunden, bis der Patient die Station wechseln muss. Das Einsetzen einer zweiten Spot-Dekontaminations-Station pro Nassdekontaminationsbereich ist somit nach bisherigen Ergebnissen nicht notwendig, um den Prozess zu optimieren. Da es sich bei den Anzügen um dünne Poly-Propylen-Anzüge handelte, konnten diese mit einer einfachen Rettungsschere leicht durchtrennt werden. Zudem trugen die Probanden nur einlagige Kleidung. Die Zeitdauer für das Entkleiden einer vollständig angezogenen Person wird unter Umständen länger dauern. Die Umlagerung der Patienten von der Spot-Dekontamination auf das Rollensystem gestaltete sich schwierig, hier waren mindestens 4 Personen erforderlich. Dabei nahm die notwendige Fixierung des Patienten einige Zeit in Anspruch, welche im Rahmen der Ganzkörperdekontamination wieder entfernt werden musste. Die während der Spot-Dekontamination aufgesetzten Schwimmbrillen stellten sich aufgrund der Handhabung und der beschränkten Dichtigkeit als ungeeignet heraus. So empfiehlt das nordrhein-westfälischen Konzept ebenfalls, auf die Verwendung von Schwimmbrillen zu verzichten [10, S. 35]. Stattdessen sollte die Eignung anderer Brillen untersucht werden, welche einen besseren Schutz gewährleisten.

Mit einer Teilreduktion von 48,2% im Median nahm die Ganzkörperdekontamination einen vergleichbar großen Stellenwert wie die Spot-Dekontamination ein. Die Messergebnisse variierten wie bei der Spot-Dekontamination ebenfalls sehr stark. Die Schwankungen lassen sich hingegen in einen kausalen Zusammenhang bringen, da der mögliche Reduktionserfolg von der Höhe der Restkontamination aus der Spot-Dekontamination beeinflusst wird. So zeigen die Versuchsergebnisse, dass das Maximum der Nassdekontamination von 73,7% nach einer Teilreduktion von nur 19,3% nach Entkleiden und Spot-Dekontamination erreicht wurde. Ist die Restkontamina-

tion aus der Spot-Dekontamination hoch, kann in der Nassdekontamination eine höhere Reduktion erzielt werden. Hieraus folgt ebenfalls, dass mögliche Schwachstellen der Spot-Dekontamination bis zu einem gewissen Maß durch die Ganzkörperdekontamination ausgeglichen werden können. Die Dokumentation ergab weiterhin, dass es bei der Zeitdauer der Ganzkörperdekontamination vereinzelt zu Schwankungen von bis zu zwei Minuten kam. Dies entspricht, bezogen auf die vorgegebene Zeitdauer nach Rahmenkonzept von 6 Minuten, bis zu 33 % Abweichung. Eine Ursache liegt potenziell im Fehlen einer Zeitanzeige, was vor allem in Stresssituationen zum Verlust des Zeitgefühls führen kann.

Ein besonderes Augenmerk galt der Untersuchung der Wassertemperatur, welche die nach dem Rahmenkonzept vorgegebene Temperatur von 28°C mit der im Abschnitt **Stand der Forschung** vorgestellten ORCHIDS-Studie verglich. Diese empfiehlt eine Wassertemperatur von 35 °C.

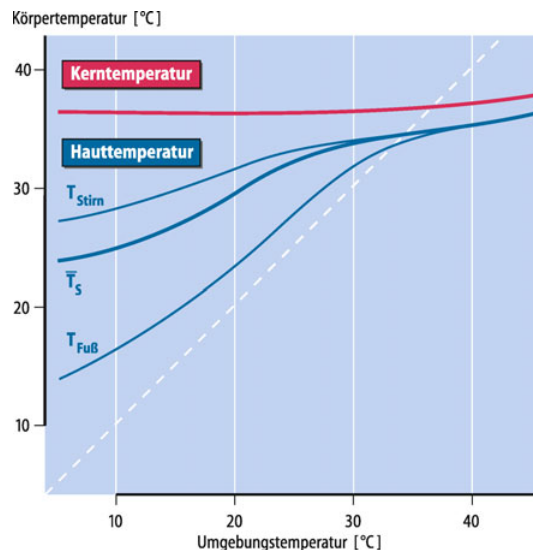


Abbildung 5.1: Regionale Körpertemperaturen in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur [60, S. 846]

Sobald der Körper sich in einem thermischen Kontakt mit einem anderen Medium befindet und eine Temperaturdifferenz besteht, findet ein Wärmeübergang statt. So verliert der menschliche Körper im Kontakt mit kälterem Wasser im Wesentlichen durch den direkten Kontakt (Konduktion) und das Verdunsten (Konvektion) Energie in Form von Wärme. Die Messungen der Körpertemperaturen ergaben dabei dennoch nur minimale Abweichungen ($< 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$), welche zusätzlich durch Messunsicherheiten beeinflusst wurden. Wesentliche Ursache hierfür ist, dass die Körperkerntemperatur nach Abbildung 5.1 auch bei verringerter Umgebungstemperatur durch die Thermoregulation eines gesunden Menschen vorübergehend konstant gehalten wird. Im Gegenzug verringert sich jedoch die mittlere Hauttemperatur \bar{T}_s bei zunehmendem

Wärmeverlust und das Kälteempfinden setzt ein. Die höhere Wärmeleitfähigkeit von Wasser gegenüber Luft begünstigt dabei diesen Effekt.

Die Auswertung des subjektiven Empfindens der Probanden mittels Fragebogen und der optischen Wahrnehmung zeigen daher einen deutlichen Trend im Temperaturempfinden auf: Die Mehrheit der Befragten (72,6 %) empfand die Temperatur von 28 °C deutlich als zu kalt und 63,7 % gaben an, gefroren zu haben. Die Beobachtungen ergaben, dass viele Probanden während des Versuchsablaufs mit 28 °C während des Versuchsablaufs anfangen zu zittern. Dies entspricht einem Mechanismus der Thermoregulation des Körpers, die schon bei einer geringen Unterschreitung der Körpertemperatur von etwa 0,2-0,4 °C eintreten kann, um einer Hypothermie vorzubeugen [61]. Zu beachten ist, dass es sich im Versuch um gesunde und verletzungsfreie Probanden handelte und der Altersschnitt bei nur 26,6 Jahren lag. Bei einem schwer verletzten, polytraumatisierten Patienten sei mit einer starken Einschränkung der Thermoregulation zu rechnen, was zu einer lebensbedrohlichen akzidentellen Hypothermie¹³ führen kann und eine Zentralisation, wie in Abbildung 5.2 links abgebildet, begünstigen würde [61, S. 11].

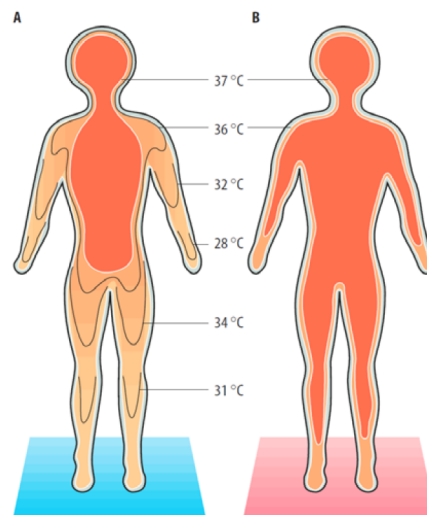


Abbildung 5.2: Verteilung der Körpertemperatur nach längerem Aufenthalt in kalter (A; 20°C) und warmer (B; 35°C) Umgebung [60, S. 841]

Weitere Möglichkeiten zum Wärmeerhalt bestehen in der Beeinflussung der Umgebungstemperatur und der Bereitstellung zusätzlicher Wärmequellen: Die im Versuchsdurchgang durch Warmluft erzeugte Umgebungstemperatur betrug jedoch bereits etwa 28°-30°C. Bei einer weiteren Erwärmung wäre mit einer zusätzlichen körperlichen Belastung für die ohnehin schon belasteten Gebläsefilteranzug-Träger zu rechnen. In einer Untersuchung zum *Vergleich präklinischer Behandlungsoptionen*

¹³D.h. durch äußere Umstände ausgelöst, zum Beispiel durch Kälteexposition [61].

der akzidentellen Hypothermie nach Einklemmungstrauma wurde ebenfalls die Aufstellung eines Heizstrahlers/Halogenscheinwerfers erwogen, aufgrund der geringen Effektivität jedoch gegenüber einer Warmluft-Zuführung nicht empfohlen [61]. Da es sich bei der vorliegenden Bachelorarbeit nicht um medizinische Forschung handelt, wurde bewusst nur auf eine stichprobenartige Messung der Körpertemperatur und die Auswertung der Fragebögen zurückgegriffen. Aus diesen Gründen sollte eine dringende medizinische Überprüfung der derzeit im Rahmenkonzept empfohlenen Wassertemperatur hinsichtlich einer Erhöhung auf 35°C durchgeführt werden. Dabei ist auch der Einfluss der Erwärmung auf schnell verflüchtigende Schadstoffe zu überprüfen und gegenüber der Hypothermiegefahr abzuwägen. Die eindeutige Tendenz der ORCHIDS-Studie und die Empfehlungen des Vereins zur Förderung des deutschen Brandschutzes sollten hierbei ebenfalls berücksichtigt werden. Letztere schlagen ebenfalls die Verwendung von angenehm warmen Wasser vor, das sich an der normalen Duschwassertemperatur orientiert [50, S. 8].

Etwa 40 % der Probanden gaben an, nur unzureichend über den nächsten Schritt informiert gewesen zu sein. Zu berücksichtigen ist, dass alle Mitglied in einer Hilfsorganisation waren und vor Übungsbeginn eine Kurzeinweisung statt fand. Aus diesem Grund ist im Realfall unter Berücksichtigung von Stress von einem deutlich gesteigerten Informationsbedarf auszugehen. Eine Möglichkeit neben der akustischen Mitteilung besteht in der Bereitstellung optischer Zeichen, wie beispielsweise Piktogrammen. Diese könnten kombiniert mit einer mehrsprachigen Verhaltensanweisung zu einer Verbesserung der Compliance beziehungsweise zu einem kooperativem Verhalten der Betroffenen führen [38, S.44]. Das Prinzip der Förderung der Selbstwirksamkeit ist bereits aus den Maßnahmen der psychischen Ersten-Hilfe bekannt. So richtet sich die Psychosoziale Notfallversorgung dabei im Wesentlichen nach den *Five Elements* nach Hobfoll et. al. Zu diesen Handlungsorientierungen zählen „das Erleben von Sicherheit fördern, beruhigen und entlasten, Selbstwirksamkeit und Kontrolle fördern, Kontakt und Anbindung fördern, [sowie] das Gefühl von Hoffnung stärken“ [62, S. 46].

Die Versuchsdurchführung offenbarte ebenfalls die Notwendigkeit einer zusätzlichen Führungskraft im Schwarzbereich des Containers. Laut NRW-Konzept sind dort 6 Helfer der Feuerwehr, sowie 2 Rettungsassistenten/-sanitäter ohne Führung vorgesehen. Das Rahmenkonzept nennt hier ebenfalls nur die erforderlichen Anzahl an Helfern, die Notwendigkeit von atemschutztauglichem Führungspersonal wird nicht berücksichtigt. Durch die kontinuierliche Belastung beschränkt sich die Wahrnehmung der Helfer auf den Patienten und die durchzuführenden Maßnahmen. Dies führt dazu, dass der Ausfall eines Filtergerätes auch im Buddy-Prinzip zu spät bemerkt werden kann. Der gesundheitliche Zustand der Gebläsefilteranzugträger sollte durch eine zusätzliche Kraft überwacht werden, um bei hohen Anforderungen einen

rechtzeitigen Personalwechsel zu ermöglichen oder aber einen Filterdurchbruch¹⁴ zu erkennen. Eine mehrstündige Belastung unter ungünstigen klimatischen Bedingungen stellen dabei mutmaßlich erhöhte gesundheitliche Anforderungen an das eingesetzte Personal. Hieran schließt sich auch die Forderung nach einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung nach G 26.2 für Träger von Gebläsefilteranzügen, um die Sicherheit für alle beteiligten Kräfte zu erhöhen.

5.3 Fehlerbetrachtung

Im Rahmen des Experimentes wurden viele verwertbare Daten aufgezeichnet und ausgewertet. Dabei müssen die vorliegenden Ergebnisse jedoch immer in Bezug zum Stichprobenumfang und im Hinblick auf den Einfluss von Störfaktoren betrachtet werden. Die Versuchszahl von 40 Durchgängen ist, bezogen auf die Grundgesamtheit, ein verhältnismäßig kleiner Versuchsumfang: Für eine signifikante Erhebung quantitativer Daten müsste das Experiment in größerem Maßstab und wenigen Freiheitsgraden beziehungsweise Einflussparametern wiederholt werden, um endgültige Rückschlüsse auf Kausalzusammenhänge möglich zu machen. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die möglichen Fehlereinflüsse gegeben werden, um diese bei einer Wiederholung des Experimentes zu reduzieren.

Systematische Fehler Durch die geringe praktische Vorerfahrung der Helfer der freiwilligen Feuerwehr im Bereich der Verletztendekontamination und wechselndem Personal kam es, wie erwartet, zu einer großen Streuung der Messwerte. Dennoch konnte ein sichtbarer Lerneffekt erzielt werden. Die Versuchsdurchführung müsste daher mehrere Male mit demselben Dekontaminationspersonal wiederholt werden, um eine Veränderung durch eine schwankende Leistung der Helfer zu minimieren.

Während des ersten Versuchstages wurde insbesondere die detaillierte Aufnahme der Kontamination zu einem Problem, da die Sichtbarkeit des Fluoreszenz-Mittels auf den Bildaufnahmen massiv durch Störquellen wie dem Sonnenlicht beeinträchtigt wurde. Zur Reduktion des systematischen Fehlers wurden die Anfangs- und Endaufnahmen in einen externen abgedunkelten Abrollbehälter ausgelagert. Trotz mehrerer Versuche, die Helligkeit im Zelt zu vermindern, konnten an der Station Spot-Dekon/Entkleiden erst am zweiten Versuchstag verwertbare Ergebnisse erzielt werden.

Die Vermessung der Fotoaufnahmen und die Auswahl der Kontaminationsflächen erfolgte manuell und ist aufgrund unterschiedlicher Beleuchtung fehleranfällig. Be-

¹⁴Schadstoffe durchdringen den Filter in hoher Konzentration.

reiche schwacher und starker Kontamination fließen nur anhand der Fläche in die Berechnung mit ein, somit müsste eine genauere Differenzierung nach Kontaminationsdichte erfolgen. In der Abbildung 3.8 sind deutliche Bildartefakte zu erkennen, welche durch die Badehose des Probanden und die Nähte des Polypropylen-Anzug verursacht wurden. Aus diesem Grund musste auf eine schnellere automatisierte Vermessung der kontaminierten Areale verzichtet werden. Eine optimale Erfassung könnte durch einen dreidimensionalen Scan der Körperoberfläche und Auswertung mittels einer Computersoftware erzielt werden.

Die Messtoleranz von $\pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ und der potenziell fehlerbehaftete Umgang mit Messgeräten verursachten einen systematischen Fehler bei der Messung von Körpertemperaturen. Die Messergebnisse ergaben insgesamt nur eine geringe Tendenz, welche innerhalb der aus systematischen und zufälligen Fehlern resultierenden Messunsicherheit liegt. Ein weiteres Indiz für den Einfluss von Fehlern liegt in der Plausibilitätsprüfung: So sank die Körpertemperatur an beiden Versuchstagen im zweiten Durchgang im Mittel stärker ab, obwohl die Wassertemperatur um $7 \text{ }^\circ\text{C}$ erhöht wurde.

Zufällige Fehler Aufgrund der in Abbildung 5.3 dargestellten natürlichen Thermoregulation der Körpertemperatur von $\pm 0.5^\circ\text{C}$ und den wechselnden Witterungsbedingungen außerhalb des Versuchsaufbaus kam es zu einer weiteren Beeinflussung der Körpertemperatur-Messung.

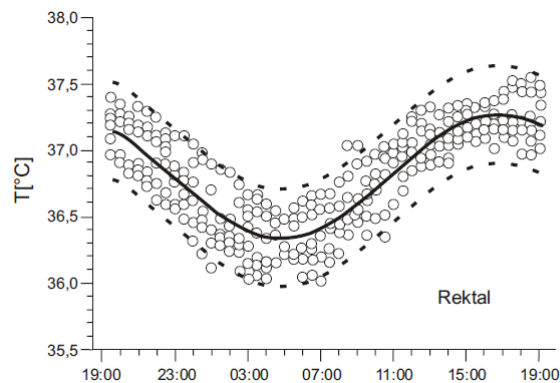


Abbildung 5.3: Natürliche Schwankungen der Körperkerntemperatur in Abhängigkeit der Tageszeit ([63], modifiziert nach H.C. Gunga)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Messungen keine signifikanten Änderungen der gemittelten Körpertemperaturen ergaben und die Tendenzen innerhalb der Messunsicherheit liegen. Für genauere Ergebnisse sollte die Anzahl der Messungen in einem Folgeversuch mit einer genaueren Messeinrichtung erhöht und dabei

gleichzeitig die Umgebungsbedingungen konstant gehalten werden. Außerdem sollte die Messung der Hauttemperatur mittels Wärmebildkamera in Betracht gezogen werden.

Sonstige Fehlerquellen Während der Versuchsdurchführung kam es vermehrt zu Ausfällen von Gebläsefiltergeräten, welche zum Teil gravierende Folgen hatten: Durch eine Lockerung des Verbindungselementes in Abbildung 5.4, welches den Übergang vom Gebläse zum Schalldämpfer und der sich anschließenden Versorgungsleitung bildet, kam es zur Unterbrechung der Frischluftzufuhr und somit zu einer zunehmenden Unterversorgung mit Sauerstoff beziehungsweise Anreicherung von kohlenstoffdioxidhaltiger Ausatemluft. Die betroffenen Kameraden wurden bei ersten Anzeichen wie der Lockerung der Verbindung, sowie dem Zusammenfallen oder Beschlagen des Anzugs sofort befreit, um rechtzeitig zu intervenieren und gesundheitliche Schäden abzuwenden. Trotz intensiver Kontrolle der Geräte kam es am zweiten Tag erneut zu Ausfällen. Die Ursachenanalyse geht zum derzeitigen Standpunkt von einem Materialversagen an der Verbindung zum Schalldämpfer aus. Der Anzug-Hersteller hat bereits reagiert, außerdem wurden durch die Feuerwehr Braunschweig Maßnahmen zur Verhinderung weiterer Atemschutznotfälle eingeleitet.



Abbildung 5.4: Schalldämpfer des Gebläsefilteranzuges mit Verbindungselement

Des Weiteren kam es sowohl im Schwarz- als auch im Weißbereich des Containers vermehrt zu einem Wasserübertritt aus dem Duschbereich. Die Auffangmöglichkeiten des Containers sind vor allem bei Spritzwasser begrenzt. Im Ernstfall wäre es hier zu einer massiven Kontaminationsverschleppung in sensible Bereiche gekommen, wodurch Personal ohne erweiterte Schutzausrüstung gefährdet worden wäre. Bei der Durchführung der Spot-Dekontamination kam es aufgrund einer fehlenden Auffangmöglichkeit ebenfalls zu einer Kontamination des Bodenbereiches. Für diese Bereiche sind zwingend geeignete Auffangmöglichkeiten bereitzustellen. Durch die zunehmende Verteilung von Abwasser besteht eine Rutschgefahr, die durch ausreichend Gummimatten kompensiert werden sollte.

6 Handlungsempfehlungen

Anpassung des Rahmenkonzeptes Die im Rahmenkonzept der Bund-Länder Arbeitsgruppe verwendeten Parameter bedürfen einer wissenschaftlichen Überprüfung. Eine Anpassung sollte sowohl anhand des aktuellen Forschungs- beziehungsweise Technikstandes, als auch auf Basis der regional bereits weiterentwickelten Konzepte erfolgen. Das sich derzeit am BBK in der Grundlagenarbeit befindliche *Rahmenkonzept zur Bewältigung eines Massenfalls Verletzter einschließlich CBRN-Lagen* könnte hier möglicherweise einen Vorstoß für ein einheitliches Konzept bilden [64].

Risikoanalyse Neben der im Katastrophenschutzgesetz verankerten Risikoanalyse des Bundes und der Länder sind ebenso örtliche Gefahrenabwehrbehörden dazu angehalten, eine Stofffreisetzung mit der Kontamination von verletzten Personen in eine quantitative Risikoanalyse aufzunehmen. Eine hilfreiche Unterstützung bietet hierbei der Leitfaden *Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz*, der vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe veröffentlicht wurde [65]. Auf Grundlage dieser szenariobasierten Soll-Ist-Analyse, die auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte stattfindet, ist eine Risikobewertung mit entsprechender Anpassung der örtlichen Ressourcen vorzunehmen. Dabei sollten die örtlichen Kommunen Einsatzpläne sowohl für kleinere Ereignisse mit wenigen kontaminierten Verletzten, als auch für Großschadenslagen entwickeln und vorhalten.

Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung Die Bevölkerung sollte für CBRN-Ereignisse verstärkt sensibilisiert werden, ohne dabei Ängste zu schüren. Nur so kann die in der Fachliteratur beschriebene Eigendekontamination zu einer erheblichen Verbesserung des medizinischen Outcomes der Betroffenen beitragen. Die vom Bund geförderte Erste-Hilfe-Ausbildung mit Selbstschutzzinhalten in Schulen trägt zu einer frühen Auseinandersetzung mit der Thematik bei und schafft Voraussetzungen für das richtige Verhalten bei Gefahrstofffreisetzungen. Broschüren, wie der vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe entwickelte *Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notsituationen*, enthalten hierzu ergänzend wichtige Verhaltensanweisungen und bilden die Grundlage einer effektiven Krisenkommunikation [66, S. 58ff].

Aus- und Fortbildung Für eine zukünftig flächendeckende Ausbildung sollte eine Implementierung der Thematik in die Ausbildungskonzeption der Landesfeuerwehrschulen, aber auch auf kommunaler Ebene, erfolgen. Ziel ist es, die Helfer in Grundzügen der Verletztendekontamination zu unterrichten und somit die Basis für eine erweiterte, fachbezogene Ausbildung auf Standortebene zu ermöglichen. Im nächsten Schritt sollte die Einrichtung eines speziellen “V-Dekon Lehrgangs“ auf Länderebene in Erwägung gezogen werden, welcher vom Bund fachlich und finanziell unterstützt werden könnte. Alternativ kann der bisherige ABC-Dekontaminationslehrgang um die Verletztendekontamination erweitert werden.

Neben der theoretischen Einweisung in die taktischen Vorgaben der örtlichen Gefahrenabwehreinheiten, sollte vor Beginn der möglicher Übungen eine stationsbezogene Einweisung in den Teilbereichen Entkleiden, Spot- und Ganzkörperdekontamination stattfinden. Als Mindestvoraussetzung kann hierfür beispielsweise der *Lernziel- und Themenkatalog für die ABC-Grundausbildung aller Einsatzkräfte* der SKK verwendet werden. Die in der Dekontamination eingesetzten Kräfte sollten auf lange Sicht jedoch die an der landesspezifischen Feuerweherschule vorhandenen Lehrgänge zum Thema ABC-Einsatz und Dekontamination besuchen. Außerdem sollte der Aufbau und technische Betrieb des Containers regelmäßig geübt werden, um einerseits die Effektivität der Helfer im Einsatz zu steigern und andererseits rechtzeitig auf mögliche Mängel, wie beispielsweise abgelaufene Reinigungsmittel, aufmerksam zu werden. Nach Möglichkeit sollte einmal im Jahr eine Übung unter einsatznahen Bedingungen durchgeführt werden. Hierzu zählt vor allem der Einsatz der Helfer unter Gebläsefilteranzug sowie der Umgang mit Patienten und (medizinischem) Material. Die an der Verletzten-Dekontamination beteiligten Hilfsorganisationen sind in die Übungen mit einzubinden und ebenfalls zu schulen.

Ausstattungskonzept Die Ausstattung der örtlichen Gefahrenabwehreinheiten mit Einsatzmitteln zur Verletztendekontamination sollte durch den Bund im Rahmen der *standardisierten Ausstattung für CBRN-Gefahrenlagen* weiter gefördert werden. Die bisherige flächendeckende Beschaffung von *Dekon-LKW-P II+* Fahrzeugen und deren Eingliederung in die Medical Task Force erscheint für eine Dekontamination einer Großzahl von Personen, welches als Bemessungsszenario des Bundes angenommen wird, als nicht ausreichend. Zumal diese Fahrzeuge oftmals für die Dekontamination des eigenen Personals gebunden sind und somit nicht zur Verfügung stehen. An Standorten, bei denen mit einer großen Anzahl kontaminierter Verletzter gerechnet werden muss, sollte auf Grundlage der Risikoanalyse des Bundes und der Länder eine zusätzliche Ausstattung, beispielsweise mit V-Dekon Abrollbehältern, erfolgen. Nichtsdestotrotz müssen auch kleinere Kommunen in jedem Falle ein Konzept zur Dekontamination von Verletzten vorhalten. Dieses sollte in Abstimmung und unter

Zusammenarbeit der örtlichen Hilfsorganisationen erfolgen, um einen Synergieeffekt zu erzielen.

Erst-Dekontaminationsset Für die Erstversorgung kontaminierter Verletzter sollten örtliche Einheiten auf Basis einer Risikobewertung mit einem Set zur Erstdekontamination ausgestattet werden. Für Dekontaminations- und Gefahrguteinheiten sollte dies als obligatorisch angesehen werden. Die Beladungsmodule Grobreinigung und Dekontamination nach DIN 14800-18 sind hierbei jedoch nur eingeschränkt für die Dekontamination von Verletzten zu empfehlen. Das Dekontaminationsset sollte mindestens folgende Bestandteile enthalten:

- Desinfektionsmittel, Seife, (PEG)
- Rettungsscheren
- Augenspüllösungen
- wasserdichte Schutzbrillen, FFP3-Filtermaske
- Rettungsdecke
- Handwasch-Schwämme, Bürsten
- Papierhandtücher

Ergänzend hierzu empfiehlt sich die Vorhaltung von Dekontaminationspads oder vergleichbaren polyvalenten Reinigungsmitteln. Für die Bereitstellung einer Not-Dekontamination empfiehlt sich das Mitführen eines Tragenlagerungsgestells, auf welchem die DIN-Trage positioniert werden kann. Diese besteht im Idealfall aus einem wasserdurchlässigen Gewebe, um Schmutzwasser abfließen lassen zu können. Des Weiteren eignet sich eine Kunststoff-Plane oder eine Wanne zum provisorischen Auffangen des Abwassers. Sofern nicht auf dem Fahrzeug vorhanden, sollten nach vfdB-Richtlinie 10/04 ebenfalls Schutzausrüstung für das Dekon-Personal wie beispielsweise Einweganzüge Typ 3 nach EN 466 inkl. Kontaminationsschutzhandschuhe nachgerüstet werden [50].

Persönliche Schutz-/Sonderausrüstung Gebläsefilteranzüge bringen, abgesehen von höheren Kosten, wesentliche Vorteile gegenüber üblichen Filtermasken mit sich. Durch einen geringen Einatemwiderstand, höherem Tragekomfort, besserem Sichtfeld usw. können die Tragezeiten wesentlich erhöht werden. Neben der technischen Begrenzung der Einsatzzeit (nach Herstellerangaben und Filtergrenze) muss jedoch auch die persönliche Belastung der Träger berücksichtigt werden. Nach Anhang 2 DGUV Regel 112-190 *Benutzung von Atemschutzgeräten* ist für diese Anzüge eine

maximale Tragedauer von 220 Minuten unter Belastung anzusetzen [67, S. 149]. Aus den Übungserkenntnissen lässt sich hingegen eher eine witterungsabhängige Einsatzzeit von 90-120 Minuten abschätzen. Aufgrund der aktuellen Rechtsunsicherheit und der hohen körperlichen Belastung beim Umgang mit Patienten, sollten alle Helfer unter Gebläsefilteranzug auch ohne die derzeitige Notwendigkeit eine ärztliche Vorsorgeuntersuchung im Rahmen der dienstlichen Fürsorgepflicht erhalten. Dies gilt im Rahmen der Zusammenarbeit mit anderen Hilfsorganisationen ebenfalls für sanitätsbeziehungweise rettungsdienstliches Personal

Atemschutznotfall/Personaldekontamination Für den gesamten Bereich der Verletzendekontamination ist mindestens ein Sicherheitstrupp zu stellen, der nach § 27 (3) der Unfallverhütungsvorschrift Feuerwehren mit umluftunabhängigem Atemschutz ausgestattet ist und für einen Atemschutznotfall bereit steht. [68, S. 22]. Dieser trägt mindestens die höchste im Schwarzbereich eingesetzte Körperschutzform (in der Regel Stufe 2). Des Weiteren ist für die Helfer unter Gebläsefilteranzug ebenfalls eine Atemschutzüberwachung zu führen. Der Überwachende hat dabei die maximalen Einsatzzeiten zu beachten und hält hierzu Rücksprache mit der Führungskraft im Schwarzbereich. Die notwendigen Kapazitäten für eine Dekontamination der Einsatzkräfte aus dem V-Dekon Bereich ist in die Einsatzplanung mit einzubeziehen. Die Notdekontamination ist dabei in jedem Fall in der direkten Umgebung des Containers sicherzustellen.

Führungsorganisation im Einsatzabschnitt Im Schwarzbereich ist eine zusätzliche Führungskraft unter Gebläsefilteranzug einzusetzen, die mindestens die Voraussetzungen *Gruppenführer*, *Atemschutzgeräteträger* und *ABC-Dekontamination* gemäß FwDV 2 erfüllt und den Ablauf der Dekontamination sicher beherrscht. Nach Möglichkeit verfügt diese ebenfalls über den Lehrgang *Führen im ABC-Einsatz*. Der Gruppenführer hat die Aufgabe, die Zusammenarbeit der Trupps der Spot-Dekontamination und Ganzkörperdekontamination zu koordinieren, den Zustand der einzelnen Helfer zu überwachen und im Notfall geeignete Maßnahmen zur Rettung eines Geräteträgers einzuleiten. Der Abschnittsleiter der Feuerwehr muss die Zugführer-Qualifikation erfüllen und die Lehrgänge *Führen im ABC-Einsatz* und *ABC-Dekontamination* erfolgreich abgeschlossen haben.

Als besonders wichtig wird die Kommunikation zwischen den Einsatzabschnitten 'Dekontamination' und 'Medizinische Rettung' erachtet, um die Anzahl der Verletzten sowie deren Kontaminations- und Verletzungsgrad an die sich anschließenden Versorgungsabschnitte, wie beispielsweise einen Behandlungsplatz, weiterzugeben.

Zusätzlich sollte der Einsatzabschnittsleitung ein Fachberater für die Dekontamination zur Verfügung gestellt werden. Für die Fachberatung sind nach ABC-Konzept Niedersachsen je nach Ereignis unter anderen folgende Personen geeignet: „Notärzte, Fachärzte mit spezifischen Kenntnissen (z. B. Hygiene, Toxikologie, medizinische Mikrobiologie, Nuklearmedizin oder Strahlenschutz) Naturwissenschaftler relevanter Fachgebiete (z. B. Chemiker, Toxikologen, Physiker, Mikrobiologen) Desinfektoren, Hygienefachkräfte und Spezialisten der Bundeswehr (insbesondere bei ABC-Lagen mit Kampfstoffen) [9, S. 56].“

Kommunikation/PSNV Zur Verbesserung des Informationsaustausches sollte dem Patienten vor jeder vom Dekontaminationspersonal durchgeführten Phase eine kurze aber prägnante Ablaufbeschreibung mitgeteilt werden. Dies verbessert die Akzeptanz der Maßnahmen und ermöglicht die Förderung von persönlicher Wirksamkeit und Kontrolle. Die Psychosoziale Notfallversorgung (PSNV) für Einsatzkräfte sollte im Rahmen eines CBRN-Ereignisses ebenfalls nicht unterschätzt werden, da sich die im Einsatz befindlichen Kräfte in einer für sie ungewohnten Situation befinden und beispielsweise im Rahmen eines Terroranschlags weiterem psychischen Druck ausgesetzt sein können. Hierzu sind im Bedarfsfall geeignete Fachkräfte wie Notfallseelsorger hinzuzuziehen. Zur Unterstützung der Betroffenen im kontaminierten Bereich ist der Einsatz von sogenannten “Peers“ anzustreben, also Einsatzkräften mit einer PSNV-Grundausbildung. Des Weiteren sollte den Betroffenen eine Art optische Ablaufbeschreibung in Form einer Taschenkarte oder eines gut sichtbaren Plakates zur Verfügung gestellt werden. Diese sollte den groben Ablauf der Dekontaminationen in beschrifteten Piktogrammen darstellen und in mehrere Sprachen übersetzt sein. Ziel ist es, die durch fehlende Informationen verursachte Angst abzubauen und eine bessere Beteiligung der Patienten am Prozess zu ermöglichen. Zu diesem Zwecke wurde in Abbildung 6.1 eine beispielhafte graphische Anweisung mit Piktogrammen erstellt, welche erweitert und in weitere Sprachen übersetzt werden könnte.

1. Legen Sie kontaminierte Kleidung ab.

Please remove contaminated clothing.

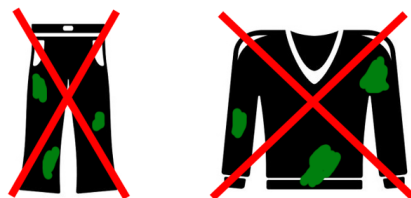


Abbildung 6.1: Beispielhafte Anwendung von Piktogrammen zur visuellen Kommunikation (modifiziert nach Oleg Babich(©)/123rf.de)

Entkleiden Wie in der Literaturlauswertung bereits festgestellt, kann das alleinige Entfernen der Oberbekleidung eine Reduktion der Kontamination von bis zu 70 % ermöglichen. Aus diesem Grund ist die nach Rahmenkonzept vorgesehene Eigendekontamination durch selbstständiges Entkleiden der Betroffenen nach einer CBRN-Kontamination fortzuführen und der Bevölkerung mittels geeigneter Informationsmedien (zum Beispiel Erste-Hilfe Kurse) näher zu bringen.

Nach einigen Versuchen wurde festgestellt, dass eine parallel durchgeführte Spot-Dekontamination wesentlich effektiver als das alleinige Entkleiden durch beide Helfer ist. Somit ist eine Aufteilung der Aufgabenbereiche für beide Helfer sinnvoll, um Überschneidungen im Arbeitsprozess zu vermeiden und eine schnellere Spot-Dekontamination zu ermöglichen. Ausnahmen bilden hier sicherlich schwer freizulegende Kleidungsstücke, wie beispielsweise nach schweren Hautverletzungen oder Verbrennungen. In diesem Fall könnte die Unterstützung des zweiten Helfers gegenüber einer zügigen Spot-Dekontamination vorgehen und die Bereitstellung von Analgetika zur Schmerztherapie sinnvoll sein. Zur schnellen Entkleidung und zur Vermeidung einer weiteren Kontamination, empfiehlt sich die Verwendung von festgelegten Schnittlinien, die in der Abbildung 6.2 ersichtlich sind. Die Kleidung sollte wegen der Gefahr einer Inkorporation keinesfalls über-Kopf ausgezogen, sondern so zerschnitten werden, dass die Kleidung beim Umlagern abgelegt wird. Für das Entfernen von mehrlagigen Kleidungsstücken oder Schutzkleidung sollte eine massive Rettungsschere (vgl. ROBIN Safety-Boy) zum Einsatz kommen. Es muss jedoch dabei beachtet werden, dass diese nach jedem Patienten gewechselt werden muss.

Zur Sicherstellung des Eigentums der Betroffenen sind im Schwarzbereich geeignete Foliensäcke bereitzustellen, welche dem Patienten zugeordnet werden können. Hierzu können Identifikationsnummern wie beispielsweise von "Partybändern" verwendet werden [38].

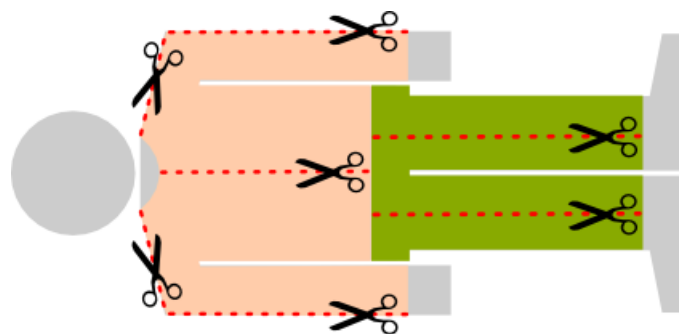


Abbildung 6.2: Schnittlinien zur Entkleidung des Patienten [69]

Spot-Dekontamination Neben der Dekontamination der Gesichtspartie gehört in jedem Falle die Reinigung sichtbarer Verschmutzungen zur Spot-Dekontamination, um diese vor Ganzkörperdekontamination vorzubehandeln und das Zeitfenster bis zur kritischen Einwirkung der Kontamination zu erhöhen. Sollte nur eine geringe Kontamination vorhanden sein, kann gegebenenfalls auf eine Ganzkörperdekontamination verzichtet werden [50, S. 25]. Zur Verbesserung der Spot-Dekontamination sollte dem Patienten besonders bei farblosen oder schwer sichtbaren Gefahrstoffen gezielt Fragen hinsichtlich der möglichen Kontaminationsareale gestellt werden. Die so gewonnenen Erkenntnisse können ebenfalls bei der weiteren medizinischen Sichtung und Festlegung der Dekontaminationspriorität nützlich sein.

Das Aufsetzen der Schutzbrillen beziehungsweise der Schutzmasken sollte durch beide Helfen gemeinsam und mit großer Sorgfalt erfolgen, um eine erneute Verunreinigung der Patienten durch kontaminierte Handschuhe zu vermeiden. Hier empfiehlt sich zusätzlich der Einsatz eines in 6.3 abgebildeten Hygieneboards oder eines Spülbeckens, welche eine schnelle Reinigung der Gebläsefilteranzug-Handschuhe ermöglichen könnten. Wichtig ist hierbei eine unkomplizierte Entnahme von Wasser, Seife und Desinfektionsmittel sowie eine Ablauf- beziehungsweise Auffangmöglichkeit für Abwasser. Diese Reinigung sollte vor dem Aufsetzen der Maske/Schwimmbrille, mindestens jedoch nach jedem Patientenwechsel durchgeführt werden. Ein Überziehen von Einmal-Handschuhen ist ebenfalls zu prüfen, dies kann jedoch aufgrund der eingeschränkten Motorik unter den Schutzanzügen zu weiterem Zeitverzug, zu einer Kontamination oder auch zu einem Materialversagen der Einmal-Handschuhe führen. Um eine weitere Verteilung der Kontamination zu verhindern, sollte für die Spot-Dekontamination eine Auffangwanne bereitgestellt werden.



Abbildung 6.3: Beispielhaftes Hygieneboard eines Löschfahrzeuges

Die auf dem Abrollbehälter V-Dekon vorhandenen Schwimmbrillen der Firma PEARL sind nur bedingt für den Einsatz der Verletztendekontamination geeignet, da sie schwer verstellbar und teilweise undicht sind. Möglicherweise eignen sich hier neben

Schwimmbrillen auch die in der chemischen Industrie eingesetzten, wasserdichten Vollsicht-Schutzbrillen nach EN 166. Aufgrund des breiteren Kopfbandes und dem stabilen PVC-Rahmen sind diese potenziell leichter anzulegen und kann nach einer Reinigung möglicherweise sogar wiederverwendet werden. Die Verwendbarkeit für unterschiedliche Kopfgrößen (zum Beispiel für Kinder) sollte hierbei beachtet werden.

Ganzkörperdekontamination Aus den gewonnenen Daten lässt sich eine Assoziation zwischen der Wassertemperatur und dem allgemeinen Temperaturempfinden herstellen, die darauf hindeutet, dass die bisherige Wassertemperatur von 28 °C als zu niedrig einzustufen ist. Die ORCHIDS-Studie empfiehlt eine 90-Sekündige Dekontamination mit Waschmittelzusätzen und einer Wassertemperatur von 35 °C. Als Hilfsmittel können Schwämme oder Waschlappen verwendet werden. Nach der Dekontamination sind ausreichend Einmal-Handtücher und Wechselbekleidung zur Verfügung zu stellen. Durch ein gründliches Abtrocknen kann die Restkontamination noch weiter reduziert werden. Bei sämtlichen Prozeduren ist der Wärmeerhalt der betroffenen Patienten sicherzustellen, welcher vorwiegend durch ein Warmluftgebläse (circa 30 °C Raumtemperatur) und ergänzend durch (Rettungs-)Decken sicherzustellen ist.

Aus der Versuchsdurchführung resultiert die Notwendigkeit einer (Stopp-)Uhr für die Durchführung der Ganzkörperdekontamination. Diese sollten zumindest spritzwassergeschützt sein und sich nach Möglichkeit im direkten Sichtbereich der Helfer befinden. Die Programmierung der Stoppuhr sollte sich an dem 2-3-1-Prinzip des Rahmenkonzeptes orientieren und den Helfern den Phasenwechsel durch einen Signalton angeben. Individuell programmierbare Intervall-Uhren sind bereits ab etwa 200€ im Einzelhandel erhältlich, lediglich der Neustart des Countdowns mittels Fernbedienung müsste für Helfer unter Schutzanzug angepasst werden. Hierzu würde sich auch eine Verbindung mit einem Fuß- Grobhandtaster eignen, der für die Helfer an einer leicht zu erreichenden Stelle platziert wird.

7 Fazit und Ausblick

Die Gefährdungsanalyse zeigt, dass ein Unfall oder mutwilliger Anschlag mit CBRN-Gefahrstoffen in Deutschland als durchaus realistisch einzustufen ist. Aus diesem Grund müssen Vorbereitungen für die Verletztendekontamination getroffen werden, die die Auswirkungen und damit das Schadensausmaß dieser Szenarien reduzieren können.

Die erfolgreich durchgeführten Experimente zeigen, dass es noch viele Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der Dekontamination von Verletzten gibt. Daher sollten die gewonnenen Erkenntnisse durch weitere Studien validiert und für die praktische Anwendung genutzt werden. Die Methodik der Versuchsdurchführung und die Verwendung einer UV-fluoreszierender Simulationssubstanz sind nach einer Fehlerbereinigung als geeignet zu betrachten. Auch die neu erprobte digitale Aufnahme und Vermessung der Flächen stellten sich als hilfreiche Werkzeuge zur Versuchsauswertung heraus. Durch die realitätsnah durchgeführten Übungen konnte der Versuch zu einem erheblichen Erfahrungsgewinn für die Einsatzkräfte der Feuerwehr Braunschweig beitragen. Die aus der Bachelorarbeit gewonnenen Ergebnisse werden daher in die dortige Aus- und Fortbildungskonzepte einfließen und die Effektivität im Einsatz verbessern.

Neben einer Beeinflussung einzelner Parameter zur Optimierung des Prozesses, muss das Primärziel in jedem Fall in einer verstärkten Auseinandersetzung mit der Thematik liegen. Erfahrungen zeigen, dass sich die wenigsten Hilfsorganisationen bereits intensiv genug mit vorbereitenden Maßnahmen und der Aus- und Fortbildung ihrer Mitglieder beschäftigt haben, obwohl dies ihre originäre Aufgabe ist. Staatliche Konzepte können eine kommunale und individuelle Gefahrenabwehrplanung nicht ersetzen. Die Verletztendekontamination kann nur verbessert und umgesetzt werden, wenn alle am Prozess Beteiligten sich ihrer Verantwortung bewusst werden und sich in einem laufenden Erfahrungsaustausch intensiv mit dieser Thematik auseinandersetzen. Das derzeit gültige Rahmenkonzept sollte somit unter Einbeziehung des aktuellen Forschungsstandes angepasst und erweitert werden, um eine einheitliche Basis für örtliche Konzepte zu schaffen. Dabei muss die internationale Zusammenarbeit weiterhin gefördert werden, um die dort gewonnenen Erkenntnisse aus der Forschung in die nationalen Konzepte einfließen zu lassen.

Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Ausstattung des ergänzenden Katastrophenschutzes*. April 2008 [1](#), [1.1](#), [2.2](#)
- [2] WAGNER, Wolfgang (Hrsg.): *Notfall- und KatastrophenPharmazie*. Bd. Band 1: *Notfall- und KatastrophenPharmazie I: Bevölkerungsschutz und medizinische Notfallversorgung*. 1. Aufl. Bonn, 2009 [1](#), [1.2](#), [2.4](#), [2.6](#), [2.4](#), [3.3](#)
- [3] DOMRES, Bernd D. ; FELGENHAUER, Norbert et. a.: Gutachten zu Stand und Handlungsbedarf im medizinischen C-Schutz. In: BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.): *Empfehlungen zur Verbesserung des medizinischen Bevölkerungsschutzes*. Bonn, 2010, S. 35–112 [1](#), [1.2](#)
- [4] PFENNINGER, E. ; HAUBER, D.: *Zivilschutzforschungsbericht*. Bd. 44: *Medizinische Versorgung beim Massenanfall Verletzter bei Chemikalienfreisetzung*. Bonn, 2001 [1.1](#)
- [5] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Rahmenkonzept zur Dekontamination verletzter Personen*. – September 2006 [1.1](#), [2.2](#), [2.1](#), [2.1](#), [2.2](#), [2.2](#), [2.4](#), [3.3](#)
- [6] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.): *Zivilschutzforschungsbericht*. Bd. 56: *Aufbau und Ablauf der Dekontamination und Notfallversorgung Verletzter bei Zwischenfällen mit chemischen Gefahrstoffen*. 2006 [1.1](#)
- [7] SUSAN M CIBULSKY, DANNY SOKOLOWSKI, [...], AND LESLEY PROSSER: *Mass Casualty Decontamination in a Chemical or Radiological/Nuclear Incident with External Contamination: Guiding Principles and Research Needs*. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4648544/>. Version: 7, Nov 2015 (Disasters). – Zuletzt geprüft am 21.07.2016 [1.1](#), [1.2](#)
- [8] HELMS, Eckhard: *Dekontamination von Verletzten nach einem Gefahrstoffunfall*. http://www.lzg-stormarn.de/mediapool/80/801875/data/Ausbilder/Dekon/Dekon_von_verletzten_Personen.pdf. Version: 01.02-03.02.2002 (Vortrag anlässlich der Rescue 2002) [1.1](#)

- [9] MINISTERIUM DES INNEREN NIEDERSACHSEN: *Handlungsempfehlung zur Vorbereitung, Abwehr und Nachbereitung von Einsätzen mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahrstoffen (CBRN-Gefahren): ABC-Konzept Niedersachsen*. – vom 22.10.2013 [1.1](#), [2.1](#), [2.2](#), [2.3](#), [2.2](#), [6](#)
- [10] MINISTERIUM FÜR INNERES UND KOMMUNALES DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: *ABC-Schutz-Konzept NRW: »Verletzten-Dekontaminationsplatz NRW« (V-Dekon NRW)*. Dezember 2011 [1.1](#), [2.2](#), [2.4](#), [2.2](#), [3.1](#), [3.1](#), [5.1](#), [5.2](#)
- [11] SCHUTZKOMMISSION BEIM BUNDESMINISTERIUM DES INNERN ; BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.): *Vierter Gefahrenbericht*. Bonn, 2011 (Schriften der Schutzkommission) [1.2](#)
- [12] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE.: *Rahmenkonzeption für den CBRN-Schutz (ABC-Schutz) im Bevölkerungsschutz*. Mai 2016 [1.2](#), [2.1](#), [2.2](#)
- [13] DIN-NORMENAUSSCHUSS FEUERWEHRWESEN: *DIN CEN/TS 16959 (DIN SPEC 14000) - ABC-Risiken - Verwundbarkeitsbewertung und Schutz gefährdeter Bevölkerungsteile*. 09/2014 [1.2](#)
- [14] JENDRO, Benjamin ; BERLINER ZEITUNG (Hrsg.): *Chlorgas strömt im Schwimmbad aus: 24 Verletzte*. <http://www.bz-berlin.de/berlin/neukoelln/chlorgas-stroemt-im-schwimmbad-aus-24-verletzte>. Version: 29.07.2015. – Zuletzt geprüft am 11.07.2016 [1.2](#)
- [15] ZUBER, Annerose: *Großeinsatz in Naila: Dutzende Wiesenfestbesucher durch Reizgas verletzt - BR.de*. <http://www.br.de/nachrichten/oberfranken/inhalt/naila-wiesenfest-reizgas-100.html>. Version: 11.07.2016. – Zuletzt geprüft am 11.07.2016 [1.2](#)
- [16] BROUGHTON, Edward: *The Bhopal disaster and its aftermath: a review*. <http://www.ehjournal.net/content/4/1/6>. Version: 2005 (Environmental Health). – Zuletzt geprüft am 29.06.2016 [1.2](#)
- [17] UMWELTBUNDESAMT: *Anlagensicherheit*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/anlagensicherheit>. – Zuletzt geprüft am 18.07.2016 [1.2](#)
- [18] CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE: *Chemical Substances - CAS REGISTRY*. <https://www.cas.org/content/chemical-substances>. – Zuletzt geprüft am 07.07.2016 [1.2](#)
- [19] STATISTISCHES AMT DER EUROPÄISCHEN UNION: *Produktion von toxischen Chemikalien, nach Giftigkeitsklasse*. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/>

- [table.do?tab=table&plugin=1&language=de&pcode=tsdph320](#). – Zuletzt geprüft am 11.07.2016 1.2
- [20] DEUTSCHER BUNDESTAG - 18. WAHLPERIODE: *Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2015: Unterrichtung durch die Bundesregierung*. Drucksache 18/7209. 04.01.2016 1.2
- [21] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Gefahrguttransporte - Ergebnisse der Gefahrgut-schätzung 2013*. Fachserie 8 Reihe 1.4. Wiesbaden, 29.10.2015 1.2
- [22] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.): *Schriften der Schutzkommission*. Bd. 5: *Synopse zu ausgewählten Gefahrenberichten aus Deutschland, Europa und international: Eine Analyse im Rahmen des 4. Gefahrenberichts der Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern*. Bonn, 2012. – ISBN 978–3–939347–40–8 1.2
- [23] MARTENS, Frank: *Forschung im Bevölkerungsschutz*. Bd. 9: *Dekontamination von Verletzten im Krankenhaus bei ABC-Gefahrenlagen*. Bonn, 2009 1.2, 1.3, 2.2, 2.5, 2.4
- [24] CWOJDZINSKI, D. ; ULBRICH, T. ; POLOCZEK, S.: Kontaminationsverdacht: Erstmaßnahmen in der Notaufnahme. In: *Notfall + Rettungsmedizin* 10 (2007), Nr. 5, S. 336–342 1.2
- [25] UNGER, Christoph: Die strategische Krisenmanagementübung LÜKEX 2009/2010. In: *Zeitschrift für Außen- und Sicherheitspolitik* 3 (2010), Nr. 4, S. 433–443 1.2
- [26] IMMENKAMP, Beatrix: *ISIL/Da'esh and 'non-conventional' weapons of terror*. December 2015 (European Parliamentary Research Service (EPRS)) 1.2
- [27] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Radiologische und nukleare Gefahren*. http://www.bbk.bund.de/DE/AufgabenundAusstattung/CBRNSchutz/Physik/RN-Gefahren/rngefahren_node.html. – Zuletzt geprüft am 07.07.2016 1.2
- [28] RYNIO, Tim: *Erstellung eines Konzeptes zur Verletztendekontamination für die Feuerwehr Mannheim*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Bachelorarbeit, 28.02.2014 1.3
- [29] THINES, Michael: *Konzept zur Dekontamination und medizinischen Versorgung kontaminierter Verletzter mit Unterstützung einer SEG-ABC für die Stadt Kaiserslautern*, Fachhochschule Köln, Bachelorarbeit, 2007 1.3
- [30] *Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland: GG*. – vom 23.12.2014 2.1

- [31] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT: *Katastrophenschutz: I. Allgemeines*. http://www.mi.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=14969&article_id=62914&psmand=33. – Zuletzt geprüft am 09.05.2016 2.1, 4
- [32] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT: *Das Niedersächsische Gesetz über die öffentliche Sicherheit und Ordnung | Nds. Ministerium für Inneres und Sport*. http://www.mi.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=15071&article_id=61226&psmand=33. Version: 20.05.2010. – Zuletzt geprüft am 19.07.2016 2.1
- [33] *Niedersächsisches Rettungsdienstgesetz: NRettDG*. <http://www.recht-niedersachsen.de/2106201/nrettdg.htm>. – vom 07.12.2012 2.1
- [34] *Feuerwehrdienstvorschrift 500 - Einheiten im ABC-Einsatz: FwDV 500*. – 2012 2.2, 2.2
- [35] STÄNDIGE KONFERENZ FÜR KATASTROPHENVORSORGE UND BEVÖLKERUNGSSCHUTZ: *SKK-DV 500: Einheiten im CBRN-Einsatz*. – vom 10.12.2008 2.2
- [36] BOOS, Joachim ; GRABOWSKI, Alexander ; KÜHAR, Andreas: Massendekontamination: wirksam oder nur zur Beruhigung? In: *BRANDSCHUTZ/Deutsche Feuerwehrzeitung*, Nr. 01/2008, S. 46–48 2.2
- [37] KOSEMUND, Kay: *Konzept der Feuerwehr Braunschweig zur Dekontamination Verletzter*. Berufsfeuerwehr Braunschweig, 07.06.2016. – Interview d. Verf. 2.2
- [38] SCHREIBER, Jürgen: *SEGmente*. Bd. 6: *MANV mit CBRN-kontaminierten Verletzten: Rettungs-, Sanitäts- und Betreuungsaufgaben in der medizinischen Versorgung*. 2., überarb. Aufl. Edewecht : Stumpf + Kossendey, 2011. – ISBN 978-3-938179-90-1 2.2, 2.2, 5.2, 6
- [39] SENATSVERWALTUNG FÜR GESUNDHEIT UND SOZIALES: *Dekontaminationskonzept für Berliner Krankenhäuser*. <https://www.berlin.de/sen/gesundheit/themen/gesundheitlicher-bevoelkerungsschutz/gefahrenlage/dekontamination/>. – Zuletzt geprüft am 24.06.2016 2.2
- [40] AMLÔT, Richard et. a.: *Evaluation, optimisation, trialling and modelling of procedures for mass casualty decontamination (ORCHIDS): Final Report for implementation phase 01/06/2008 to 30/05/2011*. July 2011 2.3, 2.3, 2.4, 2.4, 2.4, 2.4
- [41] VICKY EDKINS, LORNA RIDDLE, RHYS JONES AND RICHARD AMLÔT: *Optimisation through Research of Chemical Incident Decontamination Systems (ORCHIDS): Work Package 4: Review of Current Mass Casualty Decontamination Provision in the European Union*. January 2010 2.3, 2.3

- [42] RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: *CBRN-Aktionsplan der EU*. – vom 12.09.2009
2.3
- [43] *Development of Models for Emergency Preparedness*. August 2005 (AHRQ Publication) 2.3
- [44] *Patient Decontamination in a Mass Chemical Exposure Incident: National Planning Guidance for Communities*. December 2014 2.3, 2.4, 2.4, 2.4, 2.4
- [45] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: *Safety Zones*. <https://www.epa.gov/emergency-response/safety-zones>. Version: 09.03.2016. – Zuletzt geprüft am 17.06.2016 2.3
- [46] VICKY EDKINS, HOLLY CARTER, LORNA RIDDLE, CERI HARRISON & RICHARD AMLÔT: *Optimisation through Research of Chemical Incident Decontamination Systems (ORCHIDS): Work Package 9: Systematic Review of the Needs of Vulnerable and Minority Groups in Emergency Decontamination*. January 2010 2.4, 2.4, 2.4
- [47] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY: *Generic procedures for medical response during a nuclear oder radiological emergency*. April 2005 2.4
- [48] KÜHAR, Andreas: *Die roten Hefte*. Bd. 88: *Dekontamination*. 1. Aufl. Stuttgart : Kohlhammer, 2007. – ISBN 978–3–17–019459–5 2.4
- [49] SCHREIBER, Jürgen: Herausforderung der Massenanfalls C-Kontaminierter verletzter oder erkrankter Betroffener. In: *Crisis Prevention* (2015), Nr. 3, 16–20. <http://crisis-prevention.de/bos-katastrophenschutz/nichtpolizeiliche-gefahrenabwehr/herausforderungen-des-massenanfalls-c-kontaminierter-verletzter-oder-erkrankter-be>
2.4
- [50] VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES DEUTSCHEN BRANDSCHUTZES E.V.: *vfdb 10/04: Dekontamination bei Einsätzen mit ABC-Gefahren*. Oktober 2014 2.4, 3.1, 3.3, 5.1, 5.2, 6, 6
- [51] BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch: TrinkwV 2001*. – vom 10.03.2016 3
- [52] INSTITUT DER FEUERWEHR NORDRHEIN-WESTFALEN: *Aufbauanleitung AB V-Dekon*. Münster, 2010 3, 3.1

- [53] Gebläsefilteranzug TRELLECHEM Splash Suit. <http://www.doenges-rs.de/geblasefilteranzug-trellchem-splash-suit.html>. – Zuletzt geprüft am 12.07.2016 **3**
- [54] GREUNIG, D. ; JÜRGENS, C. ; OPPERMAN, S.: Dekontamination vor dem Krankenhaus. In: *Notfall + Rettungsmedizin* 16 (2013), Nr. 3, S. 175–187 **3.2**
- [55] ROBERT KOCH-INSTITUT: Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren. In: *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 56 (2013), Nr. 12, 1706–1728. http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Desinfektionsmittel/Desinfektionsmittelliste.pdf?__blob=publicationFile **3.3**
- [56] KRONTHALER, Franz: *Statistik angewandt: Datenanalyse ist (k)eine Kunst*. Berlin : Springer Spektrum, 2014 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 3642537405 **4.1**
- [57] SHAPIRO, S. S. ; WILK, M. B.: An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). In: *Biometrika* 52 (1965), Nr. 3/4, S. 591 **4.1**
- [58] JANCZYK, Markus ; PFISTER, Roland: *Inferenzstatistik verstehen: Von A wie Signifikanztest bis Z wie Konfidenzintervall*. Berlin, Heidelberg : Springer Spektrum, 2013 (Springer-Lehrbuch Masterclass). – ISBN 3642348246 **4.1**
- [59] *Braun ThermoScan(R) Pro 6000 Ohrthermometer Gebrauchsanweisung*. April 2015 **4.2**
- [60] PERSSON, P. B.: Energie- und Wärmehaushalt, Thermoregulation. In: SCHMIDT, Robert F. (Hrsg.) ; LANG, Florian (Hrsg.) ; HECKMANN, Manfred (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 978-3-642-01650-9, S. 834–853 **5.1, 5.2**
- [61] JEBENS, Christopher: *Vergleich präklinischer Behandlungsoptionen der akzidentellen Hypothermie nach Einklemmungstrauma: Eine Probandensimulation*, Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen, Dissertation, 05.03.2014 **5.2, 13, 5.2**
- [62] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.): *Praxis im Bevölkerungsschutz*. Bd. 7: *Psychosoziale Notfallversorgung: Qualitätsstandards und Leitlinien : Teil I und II*. 4. Aufl., Stand 09.2013. Bonn, 2013 **5.2**

- [63] KOCH, Dr.-Ing. J.: Thermoregulation des Menschen. In: LEONHARDT, Steffen (Hrsg.) ; WALTER, Marian (Hrsg.): *Medizintechnische Systeme*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2016. – ISBN 3642412386, S. 283–317
5.3
- [64] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Rahmenkonzept zur Bewältigung eines Massenankfalls Verletzter einschließlich CBRN-Lagen*. http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/BBK/DE/2016/MANV_CBRN_Workshop.html. – Zuletzt geprüft am 19.07.2016 6
- [65] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz: Ein Stresstest für die Allgemeine Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz*. www.bbk.bund.de/risikoanalyse. Version: Dezember 2015 (Praxis im Bevölkerungsschutz) 6
- [66] BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE: *Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notsituationen*. 2. Oktober 2015 <http://www.bbk.bund.de/DE/Ratgeber/Ratgeber.html>. – ISBN 978–3–939347–54–5 6
- [67] DEUTSCHE GESETZLICHE UNFALLVERSICHERUNG: *DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (bisher BGR/GUV-R 190)*. Dezember 2011 6
- [68] *Feuerwehr-Dienstvorschrift 7 "Atemschutz": FwDV 7*. – Stand 2002 mit Änderungen 2005 6
- [69] *Praxisanleitung: Kleidung entfernen - Oberbekleidung (Virtuelle San-Arena Erlangen)*. <http://www.san-erlangen.de/VirtuelleSanArena-Erlangen-Html4/html/Topic41de8bde90474679923670daea933816.html>. Version: 05.01.2016. – Zuletzt geprüft am 19.06.2016 6.2

A Anhang

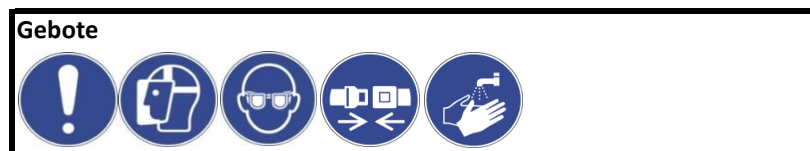
A.1 Gefährdungsbeurteilungen

Gefährdungsbeurteilung

Tätigkeit/Gerät: AB - V Dekon
Versuchdurchführung als Proband/in

Erstelldatum: 08.03.2016

Zusammenfassung	Anzahl der Gefährdungen	Risikoindex				Maßnahmen	
		gering	mäßig	hoch	extrem	offen	wirksam
1. Mechanische Gefährdungen	4	3	1				4
2. Elektrische Gefährdungen	1	1					1
3. Gefahrstoffe	4	4					4
4. Biologische Arbeitsstoffe							
5. Brand- u. Explosionsgefahr							
6. Thermische Gefährdungen	1	1					1
7. Spez. Phys. Einwirkungen	1	1					1
8. Arbeitsumgebung	1		1				1
9. Physische Belastung	1	1					1
10. Psychische Faktoren	1	1					1
11. Sonstige Gefährdungen							



Offene Maßnahmen	Umgesetzt nach Unterzeichnung der Verantwortlichen	
	Name	Datum

Erstellt	
08.03.2016	Sudhoff

Freigegeben	
17.03.2016	Hr. Malchau
17.03.2016	Hr. Romahn

Diese Gefährdungsbeurteilung hat Einfluss auf	Anforderungen wurden übertragen	
	Datum	Name

In der Gefährdungsbeurteilung wurden folgende Vorschriften und Gefährdungsbeurteilungen beachtet	
Titel	Stand
UVV Feuerwehren	
GUV-I 8651 Sicherheit im Feuerwehrdienst	








Prüfung nach DGUV Vorschrift 3 "Elektrische Betriebsmittel" wird durchgeführt:

_____ Datum _____ 37.23







Prüfung nach GUV-G 9102 "Prüfgrundsätze für Ausrüstung und Geräte der Feuerwehr" wird durchgeführt:

_____ Datum _____ 37.23








Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

Gefährdungsfaktoren	Beschreibung/ Was kann passieren?	Risiko vor			Warnhinweise/ Risiken	Gebote/Schutzausrüstung/ Verhaltensweisen	Risiko nach			Organisatorische Maßnahmen	Maßnahmen	
		W	S	R			W	S	R		offen	wirksam
1 Mechanische Gefährdungen												
1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen	Schnittverletzung der Probanden beim Entkleiden	1	1	1		Sicherheits-Schere (Safety Boy o.ä.) verwenden		0	0	0	Ausrüstung wird zur Verfügung gestellt, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
1.3 Bewegte Transportmittel, bewegte Arbeitsmittel	Quetsch- und Stoßgefahr durch das Spineboard-Transportsystem	2	1	2		Langsames Befördern der Probanden, Anweisungen der Helfer beachten		0	1	0	Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
1.5 Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken	Umknicken/Stolpern	1	1	1		Versuchsbereiche nur nach Aufforderung betreten; nicht Laufen	 	0	1	0	Sicherheitsunterweisung, Stolperfallen und -kanten markieren	wirksam
1.6 Absturz	Sturz von Probanden aus dem Transportsystem	2	2	4		Verwendung des Spineboard-Gurtsystems, Verhaltensanweisung für Personal und Probanden		1	2	2	Ausrüstung wird zur Verfügung gestellt, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam

Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

2. Elektrische Gefährdungen													
2. Elektrische Gefährdungen	Elektrischer Schlag bei Kontakt mit stromführenden Teilen			2		Wartung und Überprüfung der Ausrüstung durch fachkundiges Personal, jährliche Prüfung Prüfung nach DGUV Vorschrift 3 "Elektrische Betriebsmittel", Sicherheitsabstände einhalten			0	Wartung und Sicherheitsunterweisung	wirksam		
		1	2	2					0	2	0		
3. Gefahrstoffe													
3.1 Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen	Kontamination/Inkorporation von großen Mengen Fluorescein-Lösung			2		Beachtung der Einsatzstellenhygiene, Verwendung eines Mundschutzes für Probanden während der Dekontamination, Ess- und Trinkverbot während des gesamten Versuchs					1	Reinigungsmöglichkeiten vor Ort gegeben, Schulung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
		2	1	2					1	0	0		
	Augenreizung durch spritzende Gefahrstoffe			2		Ausreichende Verdünnung der Fluorescein-Lösung, Verwendung von Schutzbrillen für Probanden und Helfer während der Vorbereitung und während der Dekontamination					1	PSA wird zur Verfügung gestellt, Augenspüllösung bereitstellen , Sicherheitsunterweisung	wirksam
		2	1	2					1	0	0		
3.3 Hautkontakt mit Gefahrstoffen	Kontakt mit fluoreszierender Flüssigkeit "LUMILUX"			0		Ausreichende Verdünnung der Fluorescein-Lösung, Einstufung als "nicht-reizend" nach SDB "LUMILUX Grün CD 117"					1	Versuchsvorbereitung	wirksam
		1	0	0					1	0	0		
5.1 Brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase	Brandgefahr durch auslaufende Betriebsstoffe/Diesel			4		Wiederkehrende Prüfung der Aggregate, Rauchverbot, Vorsichtiges Betanken					0	Jährliche Prüfung/Wartung der Arbeitsmittel, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
		2	2	4					0	2	0		

Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

6. Thermische Gefährdungen																
6.1 Heiße Medien/Oberflächen	Verbrennungen an der Zeltheizung			1	1	1		Sicherheitsabstand, Wartungs- und Reinigungsarbeiten erst nach Sicherheitsabstand zur Zeltheizung einhalten; technische Bereiche nicht unaufgefordert betreten	 			1	0	0	Sicherheitsunterweisung	wirksam
7. Gefährdung durch spezielle physikalische Einwirkungen																
7.5 Optische Strahlung	UV-Strahlung			2	1	2		Nach Benutzung abschalten, Nicht direkt in das Leuchtmittel schauen				1	0	0	Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
8. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen																
	Kältegefährdung für (entkleidete) Probanden			3	1	3		Zeltheizung verwenden, (Rettungs-)decken und Aufwärmmöglichkeiten bereithalten				2	1	2	Ausrüstung wird zur Verfügung gestellt	wirksam
9. Physische Belastungen/Arbeitsschwere																
9.4 Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung)	ungünstige Körperhaltung während der Versuchsdurchführung			1	1	1		patientenorientierte Behandlung, ausreichende Erholungsphasen durch definierte Pausenzeiten				0	1	0	Versuchsvorbereitung;	wirksam
10. Psychische Faktoren																
10.4 Ungenügend gestaltete Arbeitsplatz- und Arbeitsumgebungsbedingungen	psychische Belastung durch den Versuch			1	1	1		Kommunikation/Betreuung durch die Helfer, ausreichende Erholungsphasen durch definierte Pausenzeiten				0	0	0	Versuchsvorbereitung, Ausbildung und Unterweisung	wirksam

Wahrscheinlichkeit	Schweregrad				
	0 ohne Folgen Verbandbucheintrag, kleine Erste-Hilfe-Maßnahmen	1 gering z.B. leichte Verletzungen, leichte Kreislaufstörung, oberflächliche Verbrennungen	2 mäßig z.B. schwere Verletzungen, Knochenbrüche, ernsthafte Kreislaufstörungen	4 hoch Lebensbedrohung, Kreislaufinsuffizienz	8 Extremfall Tod
0 nie	0	0	0	0	0
1 ausnahmsweise bis 2x / Jahr	0	1	2	4	8
2 gelegentlich bis 10x / Jahr	0	2	4	8	16
3 sehr wahrscheinlich bis 1x / Woche	0	3	6	12	24
4 immer täglich	0	4	8	16	32

Risikoklassen	bedingt anwendbar bei der Feuerwehr		
0	keine Maßnahmen erforderlich		
1	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
2	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
3	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
4 keine techn. Maßnahmen möglich	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen

Maßnahmen sind grundsätzlich in folgender Reihenfolge zu treffen. Bei geringen	
T	Technische Maßnahmen z.B. Abschränkung bei Quetschstellen, Lichtschranken an beweglichen Teilen, Kapselung einer
O	Organisatorische Maßnahmen z.B. Trennung von Fußwegen und Gabelstapler-Fahrwegen im Produktionsbereich, Sichtprüfung
P	Personenbezogene Maßnahmen z. B. arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Benutzung Persönlicher Schutzausrüstungen,

Gefährdungsbeurteilung

Erstelldatum: 08.03.2016

Tätigkeit/Gerät: AB - V Dekon
Versuchdurchführung als Helfer/in

Zusammenfassung	Anzahl der Gefährdungen	Risikoindex				Maßnahmen	
		gering	mäßig	hoch	extrem	offen	wirksam
1. Mechanische Gefährdungen	3	2	1				3
2. Elektrische Gefährdungen	1	1					
3. Gefahrstoffe	4	4					4
4. Biologische Arbeitsstoffe							
5. Brand- u. Explosionsgefahr	1	1					
6. Thermische Gefährdungen	1	1					
7. Spez. Phys. Einwirkungen	1	1					
8. Arbeitsumgebung	2	1	1				2
9. Physische Belastung	3	1	2				3
10. Psychische Faktoren	1	1					1
11. Sonstige Gefährdungen							

Gebote



Verbote



Sicherheits- und Umweltschutzhinweis



Offene Maßnahmen	Umgesetzt nach Unterzeichnung der Verantwortlichen	
	Name	Datum

Erstellt	
08.03.2016	P. Sudhoff

Freigegeben	
17.03.2016	Hr. Malchau
17.03.2016	Hr. Romahn

Diese Gefährdungsbeurteilung hat Einfluss auf	Anforderungen wurden übertragen	
	Datum	Name

In der Gefährdungsbeurteilung wurden folgende Vorschriften und Gefährdungsbeurteilungen beachtet	
Titel	Stand
UVV Feuerwehren	
GUV-I 8651 Sicherheit im Feuerwehrdienst	








Prüfung nach DGUV Vorschrift 3 "Elektrische Betriebsmittel" wird durchgeführt:

_____ Datum _____ 37.23










Prüfung nach GUV-G 9102 "Prüfgrundsätze für Ausrüstung und Geräte der Feuerwehr" wird durchgeführt:

_____ Datum _____ 37.23












Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

Gefährdungsfaktoren	Beschreibung/ Was kann passieren?	Risiko vor			Warnhinweise/ Risiken	Gebote/Schutzausrüstung/ Verhaltensweisen	Risiko nach			Organisatorische Maßnahmen	Maßnahmen	
		W	S	R			W	S	R		offen	wirksam
1 Mechanische Gefährdungen												
1.2 Teile mit gefährlichen Oberflächen	Schnittverletzung durch scharfe Kanten	1	1	1		Schutzhandschuhe nach DIN EN 388 tragen		1	0	0	Ausrüstung wird zur Verfügung gestellt, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
1.3 Bewegte Transportmittel, bewegte Arbeitsmittel	Quetsch- und Stoßgefahr durch das Spineboard-Transportsystem	2	1	2		Schutzhandschuhe nach DIN EN 388 tragen, langsam transportieren		1	0	0	PSA wird zur Verfügung gestellt, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
1.5 Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken	Umknicken/Stolpern, v.a. unter UV-Beleuchtung	1	2	2		Arbeiten nur bei ausreichender Beleuchtung fortsetzen, Tragen von Feuerwehr-Sicherheitsstiefeln nach DIN EN 15090:2012		1	1	1	PSA wird zur Verfügung gestellt, Sicherheitsunterweisung	wirksam
2. Elektrische Gefährdungen												
2. Elektrische Gefährdungen	Elektrischer Schlag bei Kontakt mit stromführenden Teilen	1	2	2		Wartung und Überprüfung der Ausrüstung durch fachkundiges Personal, jährliche Prüfung Prüfung nach DGUV Vorschrift 3 "Elektrische Betriebsmittel", Sicherheitsabstände einhalten		0	2	0	Wartung und Sicherheitsunterweisung	wirksam


Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

3. Gefahrstoffe												
3.1 Mangelnde Hygiene beim Umgang mit Gefahrstoffen	Kontamination/Inkorporation von Gefahrstoffen	1	1	1		Beachtung der Einsatzstellenhygiene, Ess- und Trinkverbot im Bereich des Dekon-Platzes	  	1	0	0	Reinigungsmöglichkeiten vor Ort gegeben, Schulung und Sicherheitsunterweisung, Ausweisung von Ess- und Trinkplätzen	wirksam
	Augenschäden durch spritzende Gefahrstoffe (z.B. Diesel)	1	1	1		Verwendung von Schutzbrillen		1	0	0	PSA wird zur Verfügung gestellt, Augenspüllösung bereitstellen, Sicherheitsunterweisung	wirksam
3.2 Einatmen von Gefahrstoffen	Einatmen von giftigen Abgasen	1	1	1		Ausreichend Abstand zu verbrennungsbetriebenen Aggregaten halten		1	0	0	Sicherheitsunterweisung	wirksam
3.3 Hautkontakt mit Gefahrstoffen	Hautkontakt bei der Betankung mit Benzin/Öl	2	1	2		Verwenden von Schutzhandschuhen		2	0	0	PSA wird zur Verfügung gestellt, Einsatzstellenhygiene	wirksam

Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

5. Brand- und Explosionsgefährdungen												
5.1 Brennbare Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase	Brandgefahr durch auslaufende Betriebsstoffe/Diesel	1	2	2		Wiederkehrende Prüfung der Aggregate, Rauchverbot, Vorsichtiges Betanken	 	1	0	0	Jährliche Prüfung/Wartung der Arbeitsmittel, Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
6. Thermische Gefährdungen												
6.1 Heiße Medien/Oberflächen	Verbrennungen heißen Oberflächen, z.B. Zeltheizung	1	1	1		Tragen von geeigneter Schutzkleidung, Sicherheitsabstand, Wartungs- und Reinigungsarbeiten erst nach Abkühlungsphase durchführen	  	1	0	0	PSA wird zur Verfügung gestellt, Sicherheitsunterweisung	wirksam
7. Gefährdung durch spezielle physikalische Einwirkungen												
7.5 Optische Strahlung	UV-Strahlung	2	1	2		UV-Licht nach Benutzung abschalten, Nicht direkt in das Leuchtmittel schauen		2	0	0	Sicherheitsunterweisung	wirksam
8. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen												
8.1 Klima	Kälte-/Hitzegefährdung für Helfer (unter Schutzanzug)	2	1	1		Witterungsangepasste (Unter-)bekleidung, regelmäßige Helferwechsel, ausreichende Flüssigkeitszufuhr		1	1	1	PSA wird zur Verfügung gestellt, Versuchsleitung achtet auf Helferwechsel	wirksam
8.5 Unzureichende Bewegungsfläche am Arbeitsplatz	Behinderung durch Arbeitsmaterialien	3	1	3		Vor Beginn der Tätigkeit ausreichend Arbeitsfläche schaffen		0	1	0	Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam

Versuchsdurchführung mit Abrollbehälter V-Dekon

9. Physische Belastungen/Arbeitsschwere											
9.1 Heben, Halten, Tragen	Heben/Umlagern von Probanden und Arbeitsmitteln	1	2	2	Mit ausreichend Personal arbeiten, rückschonendes Arbeiten		1	1	1	Ausbildung und Sicherheitsunterweisung	wirksam
9.2 Ziehen/Schieben	Ziehen/Schieben von Probanden und Arbeitsmitteln	1	1	1	rückschonendes Arbeiten		1	0	0		wirksam
9.4 Zwangshaltung (erzwungene Körperhaltung)	ungünstige Körperhaltung unter Schutzkleidung	3	1	3	rückschonendes Arbeiten, regelmäßiger Helferwechsel		1	1	1	PSA wird zur Verfügung gestellt, Versuchsleitung achtet auf Helferwechsel	wirksam
10. Psychische Faktoren											
10.4 Ungenügend gestaltete Arbeitsplatz- und Arbeitsumgebungsbedingungen	psychische Belastung durch Klima und zeitlichen Druck	2	1	1	möglichst günstige Arbeitsbedingungen schaffen, regelmäßiger Helferwechsel durch definierte Pausenzeiten		1	0	0	Ausbildung der Helfer, Versuchsleitung achtet auf Helferwechsel	wirksam

Wahrscheinlichkeit	Schweregrad				
	0 ohne Folgen Verbandbucheintrag, kleine Erste-Hilfe-Maßnahmen	1 gering z.B. leichte Verletzungen, leichte Kreislaufstörung, oberflächliche Verbrennungen	2 mäßig z.B. schwere Verletzungen, Knochenbrüche, ernsthafte Kreislaufstörungen	4 hoch Lebensbedrohung, Kreislaufinsuffizienz	8 Extremfall Tod
0 nie	0	0	0	0	0
1 ausnahmsweise bis 2x / Jahr	0	1	2	4	8
2 gelegentlich bis 10x / Jahr	0	2	4	8	16
3 sehr wahrscheinlich bis 1x / Woche	0	3	6	12	24
4 immer täglich	0	4	8	16	32

Risikoklassen	bedingt anwendbar bei der Feuerwehr		
0	keine Maßnahmen erforderlich		
1	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
2	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
3	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen
4 keine techn. Maßnahmen möglich	Technische Maßnahmen	organisatorische Maßnahmen	Persönliche Maßnahmen

Maßnahmen sind grundsätzlich in folgender Reihenfolge zu treffen. Bei geringen	
T	Technische Maßnahmen z.B. Abschränkung bei Quetschstellen, Lichtschranken an beweglichen Teilen, Kapselung einer
O	Organisatorische Maßnahmen z.B. Trennung von Fußwegen und Gabelstapler-Fahrwegen im Produktionsbereich, Sichtprüfung
P	Personenbezogene Maßnahmen z. B. arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Benutzung Persönlicher Schutzausrüstungen,

A.2 Versuchsprotokolle

Versuchsprotokoll - Station A

Vorbereitung

Datum: _____

Protokollführende/r: _____

Lfd. Nr	Name	ID	Uhrzeit (Start)	Einwilligung	Körpertemperatur (°C)	Kontami niert
0	Mustermann, Erika	000	09:45	<input checked="" type="checkbox"/>	37°C	<input checked="" type="checkbox"/>
1			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
2			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
4			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
5			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
6			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
7			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
8			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
9			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
10			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
11			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
12			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
13			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
14			:	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Versuchsprotokoll - Station B

Entkleiden/Spotdekon

Datum: _____

Protokollführende/r: _____

Lfd. Nr	ID	Uhrzeit (Eintreffen)	1. Foto (Container)	Entkleiden (min)		Spot-Dekon (min)	2. Foto	Sonstiges
0	000	09:45	<input checked="" type="checkbox"/>	01:20	<input type="checkbox"/>	02:04	<input checked="" type="checkbox"/>	Muster
1		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
2		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
3		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
4		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
5		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
6		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
7		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
8		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
9		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
10		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
11		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
12		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
13		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	
14		:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	:	<input type="checkbox"/>	

Versuchsprotokoll - Station C

Ganzkörperdekontamination/Abschluss

Datum: _____

Protokollführende/r: _____

Lfd. Nr	ID	Ganzkörperdekon-tamination	Körpertemperatur (°C)	Foto? --> Container		Uhrzeit (Ende)	Sonstiges	
0	000	1 Minute Abspülen, 3 Minuten Einseifen, 2 Minuten Abspülen	36,5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10:00	Muster	
1			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
2			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
3			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
4			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
5			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
6			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
7			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
8			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
9			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
10			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
11			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
12			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
13			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	
14			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	:	

A.3 Fragebogen

Probanden-Fragenbogen zur Versuchsdurchführung

„Verletztendekontamination“

Zum Abschluss möchten wir Ihnen noch ein paar Fragen zu Ihrer Person und zum Verfahren stellen. Die Angaben werden anonym ausgewertet. Wir bitten Sie darum, den Fragebogen vollständig auszufüllen.

Alter: _____ Geschlecht: <input type="checkbox"/> männlich / <input type="checkbox"/> weiblich	Hilfsorganisation: <input type="checkbox"/> FW <input type="checkbox"/> KatS <input type="checkbox"/> Sonstige
Beruf: _____	<input type="checkbox"/> 1. Durchgang <input type="checkbox"/> 2. Durchgang

	Trifft vollkommen zu	Trifft eher zur	Trifft eher nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu	KA/Kann ich nicht beurteilen
Halten Sie solches Szenario für denkbar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich bereits vorher mit der Verletztendekontamination auseinandergesetzt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte die Helfer im Schutzanzug gut verstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wassertemperatur war angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war über die Schritte ausreichend informiert / Ich wusste immer, welcher Schritt als nächstes kommt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe im Vorfeld bereits Erfahrungen in diesem Bereich gemacht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich gut betreut gefühlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe zwischenzeitlich gefroren/Mir war kalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Dekontaminations-Personal konnte meine Fragen immer beantworten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich empfand den Umgang als zu grob	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sonstige Angaben/Bemerkungen:
