

BACHELORTHESIS
Markus Wiedemann

Vergleichsstudie zur Wirksamkeitsuntersuchung der Massendekontamination

FAKULTÄT LIFE SCIENCES
Department Medizintechnik

Faculty of Life Sciences
Department Biomedical Engineering

Markus Wiedemann

Vergleichsstudie zur Wirksamkeitsuntersuchung der Massendekontamination

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Bachelor of Engineering Hazard Control
am Department Medizintechnik
der Fakultät Life Sciences
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Marc Schütte
Zweitgutachter: M.A. Florian Hartart

Eingereicht am: 07. November 2019

Markus Wiedemann

Thema der Arbeit

Vergleichsstudie zur Wirksamkeitsuntersuchung der Massendekontamination

Stichworte

Massendekontamination, Notfalldekontamination, Dekontamination, Kontamination, Dekontamination Verletzter, Dekon-P, Dekon-V, ABC, ABC-Gefahrenabwehr, CBRN

Kurzzusammenfassung

Für die Verwendung einer Massendekontamination fehlen bislang zuverlässige und valide Bewertungen des Reinigungseffekts. Die vorliegende Arbeit soll die generelle Wirksamkeit der Massendekontamination mit einer alleinigen Verwendung von Wasser untersuchen und den Effekt einer animierten Reinigungsanleitung begutachten. Mithilfe eines fluoreszierenden Referenzstoffes konnte unter UV-Licht die Restkontamination bestimmt werden. Hierzu begaben sich Probanden (n= 47) für 120s in die Dekontaminationsstrecke. Die Stichprobe wurde in eine Kontroll- und Treatmentgruppe aufgeteilt, um den Effekt der Reinigungsanleitung beurteilen zu können. Ausgewertet wurden die Ergebnisse anhand einer Flächenbestimmung mithilfe eines Vermessungsprogramms und einer Dichtebestimmung durch die Ermittlung der Restleuchtstärke. Vorwiegend basieren die Erkenntnisse dieser Untersuchung auf der Dichtebestimmung, da diese hinreichend auf die Reliabilität geprüft werden konnte. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Reduktion der Kontamination, wodurch die Massendekontamination den gewünschten Effekt aufweist. Bei der Untersuchung der mechanischen Reinigungsarbeit konnte eine Korrelation zwischen den Faktoren „Zeit“ und „mechanische Reinigungsarbeit“ festgestellt werden. Eine in diesem Versuch verwendete Duschanleitung erzielte keinen positiven Reinigungseffekt. Dennoch ist die Massendekontamination, wie aus den Ergebnissen der Gesamtbetrachtung hervorgeht, ein zielführendes Mittel zur Dekontamination vieler Personen bei einer Exposition mit hydrophilen Gefahrstoffen. Für die Wirkung der Massendekontamination auf lipophile Gefahrstoffe sind weitere Untersuchungen erforderlich. Ebenfalls sollte die Korrelation der Faktoren „Zeit“ und „mechanische Reinigungsarbeit“ in weiteren Studien untersucht werden. ...

Markus Wiedemann

Title of Thesis

Comparative study on the effectiveness of mass decontamination

Keywords

mass decontamination, gross decontamination, emergency decontamination, decontamination, decon, HazMat, Hazardous Materials, CBRN

Abstract

For the usage of a mass decontamination reliable and valid evaluations of the shower effectiveness are missing. The aim of this thesis is to observe the general effectiveness of a mass decontamination using only water as well as to evaluate the effectiveness of an animated showering protocol. With the use of fluorescent agent it is possible to determine the residual contamination with the help of UV-Light. For this purpose, trial participants (n= 47) showered 120s under the mass decontamination. The spot check is divided into a treatment and a control group, so that the effectiveness of the animation can be observed. The evaluation is separated in a surface survey and a thickness determination.

The results show an obvious reduction of the contamination, whereby the mass decontamination prove the required effect. In the study of the mechanical cleaning work, a correlation between the factors „time“ and „mechanical cleaning work“ can be found. The showering protocol used by study, has no positive cleaning effect. Thus the mass decontamination is a purposeful medium to decontaminate a big amount of people, who are contaminated with hydrophilic Hazard Materials. There is a need for further studies, including Hazard Materials with lipophobic reference agents. The assessment of the results is currently based on the results of the thickness determination, because they can be proved on reliability. . . .

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir tatkräftig bei der Erstellung dieser Arbeit zur Seite standen.

Besonderer Dank kommt den mitwirkenden Organisatoren der Übung zu, durch die mir die Möglichkeit gegeben wurde diese Vergleichsstudie durchzuführen. Eine besondere Geste war hierbei die Sperrung der Notaufnahme der Asklepios Klinik Nord, welche mit hohen Kosten und einem enormen Planungsaufwand verbunden war. Auch die vorbereiteten Planungstreffen welche durch die BGV-Hamburg organisiert wurden, haben einen maßgeblichen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet.

Das gilt auch für die Zusammenarbeit mit der Feuerwehr Hamburg. Diese stand mir stets mit Wissen und Personal zur Verfügung. Ich kann mich auch hier nur für die gute Unterstützung und die Bereitstellung der Massendekontamination bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen beiden Prüfern Herr Prof. Marc Schütte und Florian Hartart bedanken, welche immer Ansprechpartner und Ideengeber waren. Über sämtliche Kanäle wurde mir stets bei Fragestellungen und Problemen geholfen.

Besonders möchte ich mich bei allen bedanken, die mir während der Erstellung meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite standen. Mit kritischen Fragestellungen und der gewissenhaften Kontrolle, haben sie einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung dieser Arbeit geleistet.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern danken, die mir dieses Studium ermöglicht, mich bei meiner Bachelorarbeit und in jeder Situation unterstützt haben. Auch meinem kleinen Bruder Jonas, der mir bei der Endkorrektur und dem Verständnis dieser Arbeit immer zur Seite stand, möchte ich meinen Dank ausdrücken.

Gender Erklärung

Aus Gründen der Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern in dieser Bachelorarbeit die generische Form des Maskulinums angewandt. Grundsätzlich gelten im Sinne der Gleichbehandlung die Begriffe für alle Geschlechter.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ix
Tabellenverzeichnis	x
Abkürzungen	xi
1 Einleitung	1
2 Problemhintergrund	4
2.1 Gefahrenlage	4
2.2 Grundlagen der Massendekontamination	7
2.3 Stand der Forschung	9
2.4 Forschungsfrage	10
3 Methode	12
3.1 Szenario	12
3.2 Aufbau der Massendekontamination	13
3.3 Stichprobenbeschreibung	13
3.4 Forschungsmodell	15
3.5 Zeitlicher Übungsablauf	19
3.6 Datenerhebung	20
3.6.1 Kontaminationsfläche	21
3.6.2 Kontaminationsdichte	21
4 Ergebnisse	23
4.1 Effektivität der Massendekontamination anhand der Kontaminationsfläche	23
4.1.1 Gesamtbetrachtung	24
4.1.2 Gruppenbetrachtung	28
4.2 Effektivität der Massendekontamination anhand der Kontaminationsdichte	32
4.2.1 Interrater-Reliabilität	32

4.2.2	Gesamtbetrachtung	34
4.2.3	Gruppenbetrachtung	37
5	Diskussion und Fazit	41
5.1	Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse	41
5.2	Erörterung der Ergebnisse	42
5.2.1	Beurteilung der Massendekontamination	42
5.2.2	Beurteilung der angeleiteten Massendekontamination	46
5.3	Kritische Auseinandersetzung mit den verwendeten Methoden	48
5.3.1	Methodische Alternativen	49
5.3.2	Güte der Studie	50
5.3.3	Fehlerbetrachtung	53
5.4	Praktische Implikation	55
5.5	Fazit	57
	Literaturverzeichnis	59
	A Duschablaufanleitung	63
	B Gefährdungsbeurteilung für Probanden und Helfer	65
	C Laufplanangabe für teilnehmende Probanden	71
	D Informationsschreiben für Probanden	73
	Selbstständigkeitserklärung	80

Abbildungsverzeichnis

2.1	Aufbau der Massendekontamination	8
3.1	Schematischer Aufbau eines UV-Zeltes	17
4.1	Boxplot-Darstellung der relativen Restfläche – Gesamtbetrachtung	25
4.2	Boxplot-Darstellung der relativen Restfläche – Gruppenbetrachtung	29
4.3	Boxplot-Darstellung der Restkontaminationsdichte – Gesamtbetrachtung .	34
4.4	Boxplot-Darstellung der Restkontaminationsdichte – Gruppenbetrachtung	37

Tabellenverzeichnis

2.1	GHS Gefahrgutklassen	5
3.1	Zeiteinteilung des Duschverfahrens	15
3.2	Zeitlicher Übungsablauf	20
3.3	Kategorisierung der Restkontaminationsdichte	22
4.1	Relative Restkontamination in Prozent – Gesamtbetrachtung	26
4.2	Wilcoxon-Test – Gesamtbetrachtung der Kontaminationsfläche	27
4.3	Relative Restkontamination in Prozent – Gruppenbetrachtung	30
4.4	U-Test – Gruppenbetrachtung der Kontaminationsfläche	31
4.5	Kontingenztafel zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität	33
4.6	Quantisierte Restkontaminationsdichte – Gesamtbetrachtung	35
4.7	Wilcoxon-Test – Gesamtbetrachtung der Kontaminationsdichte	36
4.8	Quantisierte Restkontaminationsdichte – Gruppenbetrachtung	38
4.9	U-Test – Gruppenbetrachtung der Kontaminationsdichte	39

Abkürzungen

BGV Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz.

CBRN chemisch, biologisch, radioaktiv, nuklear.

ChemG Chemikaliengesetz.

CLP-Verordnung Classification, Labelling and Packaging Verordnung.

DekonP Dekontamination von Personen.

DekonV Dekontamination von Verletzten.

DIN Deutsches Institut für Normung.

DLRG Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft.

DRK Deutsches Rotes Kreuz.

GHS Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals.

GPS Global Positioning System.

HAW Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

HLF Hamburger Löschfahrzeug.

UV Ultraviolett.

vfdb Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes.

1 Einleitung

Chemische, biologische, radioaktive und nukleare Stoffe (CBRN) stellen die heutige Welt vor Herausforderungen. Täglich werden knapp 293 Millionen Tonnen Gefahrgüter durch Deutschland transportiert (Stand 2016). Als Reaktant für chemische Herstellungsabfolgen oder als Endprodukt industrieller Prozesse werden Gefahrgüter in großen Mengen industriell gelagert, transportiert und weiterverarbeitet. Auch sind gefährliche Güter mit Gefahrenklasse in kleinen Mengen im privaten Umfeld aufbewahrt und disponibel. [1, S. 8] [2, S. 856–863]

Wie schon aus dem Namen geschlossen werden kann, handelt es sich bei Gefahrgut um Güter, die eine Gefahr darstellen. Diese natürlich oder künstlich hergestellten Stoffe weisen aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften ein Risikopotential für Menschen, Tiere und Umwelt auf. Die Eigenschaften der Gefahrstoffe sind sehr unterschiedlich. Sie können beispielsweise ätzend sein, Teilchenstrahlung emittieren oder kanzerogene Veränderungen bei Hautkontakt hervorrufen. Durch diese Stoffe entstehen Gefährdungsfaktoren, welche durch präventive Maßnahmen gering gehalten werden müssen. [3, S. 7 ff.]

Dennoch schützen präventive Maßnahmen nicht immer vor einem ungewollten Austritt gefährlicher Stoffe, wie große Havarien der letzten 20 Jahre belegen. Bekannt sind beispielsweise das durch eine Fehlreaktion 1993 in Frankfurt ausgebrachte o-Nitrosol oder ein 1997 in Hochstraß (Österreich) verunglückter Tankwagen, durch den die hochgiftige und explosive Chemikalie Isobutyraldehyd in die Umwelt gelangte. Auch die in Toulouse erfolgte Explosion von Ammoniumnitrat in einer Chemiefabrik, bei der 30 Menschen verunglückten, zählt zu Katastrophen der Vergangenheit. [4, S. 57 f.] [5, S. 131 ff.]

Bei einer ungewollten Ausbreitung von gefährlichen Stoffen, die mit einer Kontamination der Umgebung einhergeht, gilt es Schaden reduzierende Maßnahmen einzuleiten. Eine davon ist die Dekontamination, welche ein physikalisches und chemisches Reinigungsverfahren ist, um die Schadwirkung des Stoffes auf die Umwelt durch Verdünnen

und Entfernen zu reduzieren. Bei einer Kontamination von Personen steht die Expositionsdauer im Fokus, was ein schnelles Reagieren auf Situationen notwendig macht, um die Einwirkzeit des Stoffes so gering wie möglich zu halten. Für die Behörden der örtlichen Gefahrenabwehr stellt dies eine enorme Herausforderung dar, denn durch das ersteintreffende Rettungsmittel werden keine Utensilien zur Standard-Dekontamination mitgeführt. [4, S. 15 ff.; 36–41] [6]

Nach einer Kontamination einzelner Personen lässt sich der Gesundheitsschaden durch gründliches Reinigen und einen schnellen Transport in eine nahegelegene Klinik minimieren. Anders hingegen verhält sich eine Kontamination vieler Personen. Diese stellt die ersteintreffenden Einsatzkräfte vor eine noch größere Herausforderung, da aufgrund der zeitintensiven Einzeldekontamination von Personen keine Einzelbehandlung der Patienten möglich ist. Wie Okumura et al. [7, S. 129–135] in ihrem Bericht über den Sarin-Anschlag 1995 in Tokyo darlegen, begaben sich dort 571 von 640 Patienten selbst und ohne medizinische Begleitung in das naheliegende Klinikum St. Luke's. Nach 33 Minuten trafen die ersten Patienten mit privaten und öffentlichen Verkehrsmitteln in der Klinik ein, ohne dass diese zuvor von der Kontamination befreit worden waren. Dies führte zu einer langen Einwirkzeit des Stoffes auf den Körper und zu einer Verschleppung der Chemikalie in unkontaminierte, öffentliche Bereiche [7, S. 129–135]. Unter Annahme eines ähnlichen Verhaltens Betroffenerer, besteht ein erhöhtes Gesundheitsrisiko aufgrund der andauernden Expositionszeit und der unkontrollierten Verschleppung des Gefahrstoffes bei äquivalenten zufälligen Ereignissen.

Um einer langen Expositionszeit und einer Kontaminationsverschleppung vorzubeugen, wird von Einheiten der örtlichen Gefahrenabwehr eine sogenannte Massendekontamination durchgeführt, wie sie in der vfdB Richtlinie 10/04 als Notfallmaßnahme beschrieben ist. Sie dient zur schnellen, oberflächlichen Reinigung einer Vielzahl von Personen. Meist handelt es sich um ein selbständiges, mechanisches Reinigungsverfahren, welches unter einem konstanten Wassernebel durchgeführt wird. Weltweit werden verschiedene Arten der Durchführung thematisiert und angewandt. Die Maßnahmen reichen von einem reinen Abspritzen der Personen mit einem Feuerwehrstrahlrohr, bis hin zu professionell angebauten Düsen an den Löschfahrzeugen. [8] [9] [10, S. 22]

Neben den Ausführungen sollten auch die Vorschriften und die wissenschaftliche Literatur geprüft werden, um Rückschlüsse auf den Stand der Wissenschaft oder Technik ziehen zu können. Boos et al. [11] haben in einem Experiment die Tendenz aufgezeigt, dass das alleinige Durchlaufen der Massendekontamination keine nennenswerten Erfolge

erzielt. Auch Hartart et al. [12] konnten in einem aufbauenden Versuch nur mehrdeutige Ergebnisse feststellen.

Deshalb ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, den Einfluss einer durch eine Person vorgeführten Anleitung zur Eigenreinigung auf die Massendekontamination zu untersuchen. Die Animation erfolgte systematisch nach einem vorgegebenen Schema (Anhang A), das in den Vorbereitungen eigenständig entwickelt wurde. Des Weiteren soll eine Falsifikation der von Boos et al. [11] aufgestellten Hypothese durch eine modernere und quantitative Auswertung erfolgen.

Das Experiment basiert auf einer bereits von Sudhoff [13] beschriebenen Methode. Die 47, für das Experiment zufällig ausgewählten Probanden, werden mit einer speziellen Übungssubstanz für chemische Gefahrstoffe bemalt. Diese hochviskose Substanz wird unter ultraviolettem (UV-) Licht sichtbar (Die Auswahl des Referenzstoffes wird unter Kapitel 5.3.3 genauer erläutert). Die kontaminierten Flächen werden durch eine fotografische Aufnahme in einem Dunkelzelt unter UV-Licht festgehalten. Durch einen Vorher-/Nachher-Vergleich der Probanden, kann die Effektivität der angeleiteten Reinigungsarbeit anhand der Restlichtstärke und der Fläche bewertet werden.

Die vorliegende Arbeit umfasst fünf Kapitel, welche konzeptionell an der Erarbeitung des Themas und der Erfassung der Daten orientiert ist. Die Einleitung als 1. Kapitel gibt einen Einstieg in das Thema mit einer Einführung in die durchgeführte Untersuchung. Um einen Überblick über den Problemhintergrund zu bekommen, wird in Kapitel 2 aus der aktuellen Gefahrenlage, den bisherigen Grundlagen und dem aktuellen Forschungsstand der Massendekontamination die Forschungsfrage gebildet. Weiterführend werden zur Beantwortung der ermittelten Forschungsfragen in Kapitel 3 die Methoden dargelegt, welche angewandt wurden, um die wissenschaftliche Betrachtung der Massendekontamination zu ermöglichen. Das Kapitel schafft einen Überblick über die Durchführung der Datenerhebung und die Operationalisierung der Variablen. Nach der Beschreibung der Methoden wird dessen Anwendung in Kapitel 4 „Ergebnisse“ thematisiert. Den Abschluss und Kernteil dieser Arbeit bildet die Diskussion des Ergebnisteils in Kapitel 5. Es werden die Ergebnisse untersucht und anhand ihrer Güte und der praktischen Implikation diskutiert, welche die Forschungsfragen beantworten.

2 Problemhintergrund

2.1 Gefahrenlage

Der tägliche Umgang mit gefährlichen Gütern leitet die Behörden an, präventive Maßnahmen und Regelungen zum Schutz vor ungewollten Kontaminationen zu veranlassen. Die Handhabung von Chemikalien wird in Deutschland durch das Gesetz zum Schutz vor Chemikalien (Chemikaliengesetz, ChemG)¹ geregelt. Durch das ChemG wird angegeben, wie chemische Gefahren kenntlich gemacht werden müssen, Gefahren abzuwenden sind und wie Schäden vorbeugend verhindert werden sollen. Das Schutzziel des ChemG ist es, das Ausbringen eines Stoffes zu vermeiden, um akute Wirkungen, chronische Schäden und Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern. [14, S. 3–7]

Gefahrstoffe werden nach dem *globally harmonized system of classification and labelling of chemicals* (GHS) in verschiedene Gefahrstoffklassen eingeteilt. In Tabelle 2.1 sind die Gefahrstoffklassen dargestellt, wie sie nach der GHS Kennzeichnung und der europäischen *Classification, Labelling and Packaging-Verordnung* (CLP-Verordnung) in Deutschland zu klassifizieren sind². Die in der Tabelle dargestellten Klassifizierungen beinhalten physikalische und gesundheitsschädigende Gefahren, welche für die Gefahrenabwehr im Falle eines Unfalls wichtig sind [15]. Trotz des durch Regularien eingeschränkten Handlungsbereichs kommt es zu schweren Unfällen (vgl. Kapitel 1). Diese zufälligen Ereignisse lassen sich nicht gänzlich vermeiden, da trotz hoher Sicherheitsvorkehrungen immer ein Restrisiko bestehen bleibt.

Maßnahmen bei Unfällen in der Industrie oder auf Logistikwegen können durch Gesetze und Vorschriften präventiv gestaltet werden. Meist ist die Zusammensetzung der Stoff-

¹Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3498, 3991), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2774) geändert worden ist

²Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG

fe bekannt, wodurch die davon ausgehenden Gefahren gut abgeschätzt werden können. Gänzlich ausgeschlossen werden können sie trotzdem nicht.

Tabelle 2.1: GHS Gefahrgutklassen²

Klasse	Bezeichnung
GHS01	Instabile explosive Stoffe
GHS02	Entzündbare Stoffe
GHS03	Oxidierende Stoffe
GHS04	Verdichtete, unter Druck stehende Stoffe
GHS05	Korrosiv, ätzend wirkende Stoffe
GHS06	Akut toxische Stoffe
GHS07	Diverse Stoffe
GHS08	Gesundheitsschädigende Stoffe
GHS09	Umweltschädigende Stoffe

Im Gegensatz dazu stehen terroristische Handlungen. Terroristische Handlungen sind Akte einer ideologischen, politischen oder gläubigen Bewegung. Die Ziele terroristischer Handlungen werden seit den Neunziger Jahren immer konkreter ausgewählt und sollen eine breite Masse der Bevölkerung physisch oder psychisch erreichen. Der Massenvernichtungswaffen-Terrorismus erschwert es den abwehrenden Behörden eine Ablaufkontrolle eines Ereignisses im Gegensatz zu konventionellen terroristischen Attacken (z. B. Entführungen oder Bombenanschläge auf öffentliche Räume) zu erarbeiten. Bei diesen Massenvernichtungswaffen handelt es sich um Ausbringungsmethoden gefährlicher Stoffe. Darunter fallen Angriffe mit chemischen Kampfstoffen wie Sarin oder Tabun, biologischen Kampfstoffen wie Milzbranderreger und radioaktiven und nuklearen Kampfstoffen (CBRN-Kampfstoffe) [16, S. 9]. Das Problem der CBRN-Tatmittel gegenüber konventionellen Methoden ist die Wirkungsweise. Während bei Anschlägen mit konventionellen Tatmitteln der direkte physische Schaden der Umgebung im Vordergrund steht, liegt bei CBRN-Tatmitteln das Hauptziel auf den direkten körperlichen und auf den psychischen Schäden. Aufgrund der effektiven Wirkweise von CBRN-Kampfstoffen werden diese in Fachkreisen auch als Massentötungswaffen bezeichnet [17, S. 149–154]. Wie aus der Global Terrorism Database der Universität Maryland hervorgeht, ist ein Attentat dieser Form in Deutschland nicht undenkbar. In Europa hat es zwischen 1970 und 2018 insgesamt 65 terroristische Angriffe mit einer Beteiligung chemischer Waffen gegeben [18].

²Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG

Der Umgang mit diesen Gefahren ist für die Behörden der Gefahrenabwehr eine Herausforderung. Die Auswirkungen sind sowohl bei Unfällen mit Gefahrstoffen, als auch bei terroristischen Handlungen nicht absehbar. Deshalb sind bei einer Stofffreisetzung unterschiedliche Faktoren zu berücksichtigen. Zum einen sind dies die Umgebungseinflüsse wie Wind, Temperatur, Uhrzeit und Niederschlag, welche das Feuerwehrwesen als „allgemeine Lage“ betitelt; zum anderen spielt die Stoffeigenschaft eine große Bedeutung. Durch unterschiedliche chemische und physikalische Prozesse können komplexe Probleme entstehen. [19, S. 8–12]

Das Zusammenspiel der Umgebungseinflüsse und der Stoffeigenschaften effiziert eine schädliche Wirkung auf die Umgebung. Diese Wirkung kann energetischer und/oder stofflicher Art sein. Sie können mit einer Schädigung von Menschen, Tieren, Sachwerten und der Umwelt einhergehen. Energetische Ereignisse (ausgenommen ionisierende Strahlung) sind beispielsweise die Explosion eines Stoffes oder eine exotherme Reaktion in Form eines Brandes [19, S. 8–12]. Für diese Formen der Wirkung (ob versehentlich oder willentlich herbeigeführt) ist die Technik und Ausbildung einer regulären ersteintreffenden Einheit der Feuerwehr ausgelegt. Für stoffliche Ereignisse hingegen werden Sonderkomponenten mit nötigen Mittel zur Bewältigung der speziellen Lagen vorgehalten. Aufgrund der verhältnismäßig kleinen Anzahl an Ereignissen mit CBRN-Stoffen werden geeignete Einheiten nur in geringer Dichte bereitgestellt. So besteht das Problem, dass die ersteintreffenden Kräfte oftmals nicht ausreichend geschult sind und ihnen nicht die nötige Technik zur Beseitigung der Gefahr zur Verfügung steht [4, S. 17] [6].

Wie Uth [19, S. 9] in seinem Buch über die Erfahrungen aus Störabläufen berichtet, sind besonders Transportunfälle, Brände in Chemikalienlagern oder Lagern mit brennbaren Flüssigkeiten und Anlagenbrände häufige Ursachen eines Unfalls mit einer einhergehenden Kontamination der Umgebung. Dies ergibt eine hohe Varianz der Ausbringungsmöglichkeiten und eine kaum realisierbare Trennung von Mensch und Gefahrstoff. [19, S. 8–12]

Eine Kontamination mit CBRN-Stoffen kann betroffene Menschen in eine lebensbedrohlichen Lage führen. Wie Pfenninger und Hauber [3, S. 84] im Zivilschutzbericht Nr. 44 berichten, ist das Rettungspersonal ausreichend auf die Versorgung von einzelnen Patienten geschult. Das zu evaluierende Problem liegt deshalb bei der Versorgung vieler Personen, bei einer großflächigen Exposition gefährlicher Stoffe.

2.2 Grundlagen der Massendekontamination

Bei einer Kontamination von Personen mit einem Gefahr- oder Kampfstoff ist eine schnellstmögliche Dekontamination ein wichtiger Faktor in der medizinischen Versorgung [4, S. 139 f.][20]. Das Konzept des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe unterscheidet hierbei drei Arten der Dekontamination betroffener Personen [4, S. 139 f.].

Eigendekontamination

Beschrieben wird die sogenannte Eigendekontamination. Dies ist die von den Betroffenen selbst bzw. die durch eine außenstehende Person durchgeführte Dekontamination. Durch das Ablegen der Kleidung oder durch das selbstständige Entfernen der Kontamination, in einem Reinigungsprozess, kann eine erste Stoffreduktion erfolgen. Es können bereits bis zu 90 % der Kontamination durch Ablegen der Kleidung entfernt werden. [21, S. 663] [4, S. 139 f.][10]

DekonP

Des Weiteren sieht der Bund eine Dekontamination von Personen (DekonP) vor, welche durch die Kräfte der Gefahrenabwehr mit speziellen Mitteln durchgeführt wird. Bei den Betroffenen handelt es sich hierbei um gefähige, unverletzte Personen. [4, S. 139 f.][10]

DekonV

Die dritte vorgesehene Art ist die Dekontamination verletzter Personen (DekonV). Sie wird ebenfalls, wie die DekonP, von geschulten Einsatzkräften mit speziellem Material durchgeführt und wird vorwiegend für nicht gefähige und verletzte Personen verwendet. [4, S. 139 f.][10]

Da die Einwirkzeit des Stoffes auf den menschlichen Körper eine wesentliche Rolle spielt, ist die Eigendekontamination die erste und einzige Maßnahme, die eine signifikante Reduktion des Schadens durch die stofflichen Eigenschaften hervorrufen kann. Die Hilfsfristen in Deutschland sind über die jeweiligen Landesgesetze geregelt und umfassen eine Zeitspanne von 5 bis 20 Minuten von Alarmierung bis Eintreffen am Einsatzort [22]. Dies trifft allerdings nur auf die erstetreffenden Kräfte der Feuerwehr und des Rettungsdienstes zu. Bis zur Einrichtung und Herstellung der Einsatzbereitschaft einer DekonP und einer DekonV vergehen zwischen 60 und 90 Minuten. [4, S. 140 ff.][8]

Ein zurückhaltend etabliertes System zur Dekontamination vieler Betroffener in Notsituationen ist die sogenannte Massendekontamination [8] [10]. Sie stellt eine Möglichkeit dar, die Zeit zwischen der Eigendekontamination und der in Betrieb gehenden DekonP zu überbrücken. Die vfdB Richtlinie 10/04 beschreibt diese Maßnahme als den Einsatz von viel Wasser zur Stoffreduktion. Als möglicher Aufbau wird die Verwendung zweier Löschfahrzeuge, welche einen Waschkorridor bilden, genannt (vgl. Abbildung 2.1). [10, S. 22]

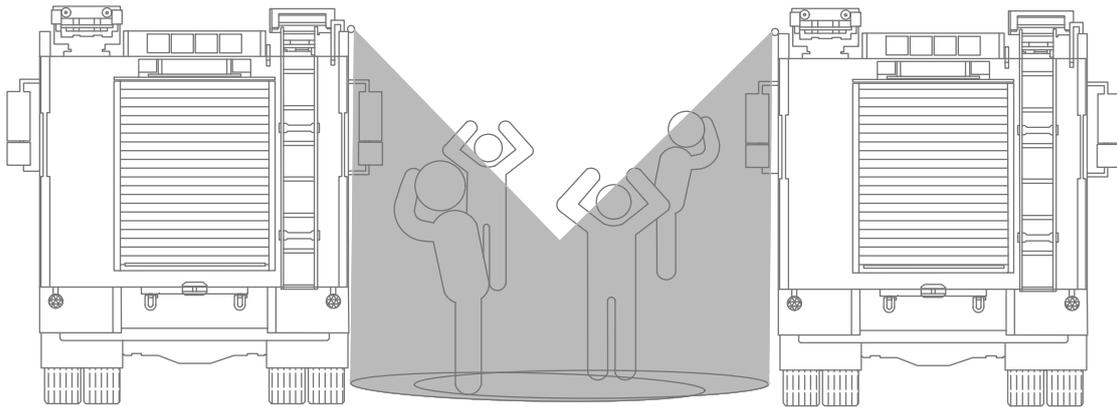


Abbildung 2.1: Aufbau der Massendekontamination³

Das Prinzip der Massendekontamination ist trivial. Die kontaminierten Personen begeben sich aus dem Gefahrenbereich in einen von der Feuerwehr ausgewählten Bereich. Durch das Entkleiden der Patienten wird ein Großteil der Kontamination bereits durch die betroffene Person selbst entfernt [23, S. 154 f.] [12]. Die Dekontaminationsstrecke besteht aus zwei parallel stehenden Löschfahrzeugen, welche einen Tunnel bilden, der mit einem Wassernebel geflutet wird. Durch das Wasser und die mechanische Reinigungsarbeit wird die Hautoberfläche von der Kontamination befreit [9] [12] [11].

Der Erfolg einer Massendekontamination ist abhängig von verschiedenen Variablen, wie sie von Boos et al. [11], Hartart et al. [12] und Amlôt et al. [24] beschrieben werden. Die Dekontamination steht demnach in Korrelation mit der Duschzeit, dem mechanischen Reinigungsverfahren, der Wassermenge, den chemischen Zusatzstoffen und dem Wasserdruck. Weitere Einflussfaktoren können die Wassertemperatur und die Hydrophilie des Schadstoffes sein, welche jedoch nicht durch die Akteure der Gefahrenabwehr beeinflusst werden können. Nur durch spezielle Vorrichtungen ist die Wassertemperatur beeinfluss-

³Quelle: Eigene Darstellung; in Anlehnung an das HLF 20 (MB ATEGO) der Albert Ziegler GmbH

bar, welche jedoch nicht auf den ersteintreffenden Fahrzeugen mitgeführt werden. Sie zählt deshalb zu den nicht beeinflussbaren Faktoren einer Massendekontamination. Die Hydrophilie ist abhängig vom ausgebrachten Gefahrstoff und ist somit zu Beginn eines Einsatzes festgelegt. Deshalb muss für eine Betrachtung der Wirkungsweise einer Massendekontamination eine Untersuchung der beeinflussbaren Faktoren erfolgen. Hierzu ist eine Analyse des aktuellen Forschungsstandes nötig.

2.3 Stand der Forschung

Durch die Unfälle der Vergangenheit und des daraus resultierenden Forschungsbedarfs gibt es bereits wissenschaftliche Beiträge und Studien über die Massendekontamination. Dennoch wird das Thema in Deutschland weiterhin kontrovers diskutiert, da die Wirksamkeit der Anwendung in Frage gestellt wird.

Wie Boos et al. [11] in einem Artikel darlegen, ist eine Dekontamination großer Personengruppen mit alleiniger Verwendung von Wasser kaum möglich. In ihrem Versuch wurde der Aufbau mit zwei parallel stehenden Löschfahrzeugen verwendet, über welchen durch an Leitern angebrachte Hohlstrahlrohre der Wasserdampf erzeugt wurde. Sechs Versuchspersonen wurden mit verschiedenen Kontrastmitteln (Quarzsand, wasserlösliches Gefahrstoffdarstellungsmittel, Gleitfett) auf der Oberbekleidung kontaminiert und durch die Duschstrecke geschickt. Anschließend konnte durch die Verwendung von UV-Licht die Kontamination ausgewertet werden. Das Ergebnis der Datenerhebung brachte zum Ausdruck, dass weitere Untersuchungen im Bereich der Massendekontamination angeordnet werden müssen, unter der Berücksichtigung der unter Abschnitt 2.2 beschriebenen Variablen.

Hartart et al. [12] gingen in einem Versuch im Rahmen einer Großübung des EU-Projektes „HAZARD“ an die von Boos et al. [11] beschriebenen Problemstellungen heran. Bei dieser Erhebung wurde die Variable „Duschzeit“ genauer betrachtet. Die 62 Probanden wurden anders als von Boos et al. [11] beschrieben auf der Hautoberfläche mit speziellen Kontrastmitteln (TOXsim Hochviskos der OWR GmbH und handelsüblichem Holi-Pulver) bemalt. Die Studienteilnehmer durchliefen die Massendekontamination zwischen 43 und 165 Sekunden. Bei der Auswertung der Daten konnte jedoch keine Korrelation zwischen der Aufenthaltsdauer und der entfernten Stoffmenge festgestellt werden.

Eine sehr ähnliche Studie fand in Großbritannien statt, welche die dort existierenden Vorgehensweisen bei einer Dekontamination von Personen optimieren sollte. Hierbei handelte es sich allerdings nicht um eine wie in Abschnitt 2.2 vorgestellte Massendekontamination, sondern um eine Dekontamination von Personen. Gegenstand der Untersuchung war die Verwendung von Waschlappen, die Duschzeit und die Verwendung von Piktogrammen zur Selbstreinigung. Das Verfahren zur Auswertung wurde wie in den beiden deutschen Untersuchungen durch fluoreszierende Substanzen ermöglicht. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass alle drei Arten der Dekontamination effektiv sind. Es konnte festgestellt werden, dass es eine signifikante Verbesserung bei Verwendung eines Waschlappen gab. [24]

Aufgrund dieser bereits durchgeführten Untersuchungen kann festgestellt werden, dass keine einheitliche Aussage über die Funktion einer Massendekontamination gemacht werden kann und dass verschiedene Faktoren den Reinigungserfolg beeinflussen. Aus diesen Untersuchungen lassen sich weitere Forschungsfragen ableiten.

2.4 Forschungsfrage

Angrenzend an die vorgebrachten Erkenntnisse des heutigen Forschungsstandes, stellt sich die Frage, ob eine Massendekontamination im Falle einer Kontamination vieler Betroffener zu einer signifikanten Reduktion des Stoffes von der Hautoberfläche beitragen kann. Dazu müssen die im Abschnitt 2.2 vorgebrachten Variablen untersucht und überprüft werden. Da die Duschzeit, wie es von Hartart et al. [12] und Amlôt et al. [24] dargelegt wurde, keinen Einfluss auf den Dekontaminationserfolg hat, muss eine andere Variable betrachtet werden.

Die folgende Arbeit beschäftigt sich deshalb mit der Untersuchung der Wirkungsweise eines mechanischen Reinigungsverfahrens auf den Dekontaminationserfolg der Massendekontamination. Anders als die von Amlôt et al. [24] verwendeten Piktogramme soll eine Animation der Probanden durch eine eingewiesene Person zur Anwendung kommen. Das Vorzeigen des Duschablaufs durch einen Helfer wird verwendet, da die bereits untersuchten Piktogramme keine signifikante Verbesserung in der Reinigung erzielten [24]. Ebenfalls wird durch diese Arbeit die generelle Wirksamkeit der Massendekontamination, wie sie von Boos et al. [11] in Frage gestellt wird, überprüft.

Ausgehend von den beiden Artikeln von Boos et al. [11] und Hartart et al. [12] wird die Nullhypothese aufgestellt, dass keine signifikante Reduzierung der Kontamination durch eine Massendekontamination und einer Massendekontamination mit animierter Hilfestellung herbeigeführt werden kann.

Nicht Gegenstand dieser Untersuchungen sind äußere Einflüsse wie das Wetter, die Außentemperatur und Örtlichkeiten. Auch werden keine Erhebungen zu ethischen und ethnischen Problemen durchgeführt. Auf Basis der aufgestellten Nullhypothese und der Einschränkungen wurden zu Beginn der Untersuchung Methoden zur Bewertung der Massendekontamination entwickelt und angewandt.

3 Methode

3.1 Szenario

Die Datenerhebung zur Massendekontamination erfolgte in einer von der Hamburger Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz (BGV) durchgeführten Übung zur Dekontamination von Personen. Die Übung fand am 01.08.2019 in Kooperation mit der Asklepios Klinik Nord und der Berufsfeuerwehr Hamburg statt. Hierfür wurde das von der Klinik bereitgestellte Gelände der Notaufnahme genutzt. Ziel der Übung war es, die notfallmäßige Dekontamination einer großen Anzahl von Patienten durchzuführen und eine durch die Klinik bereitgestellte Feindekontamination zu beüben und zu evaluieren (Diese Evaluation, ist kein Bestandteil dieser Arbeit).

Folgendes Narrativ wurde für die Übung ausgewählt. Aufgrund eines technischen Unfalles in einem Chemiebetrieb kommt es am 01.08. zu einer Freisetzung toxischer Chemikalien. Dieser Unfall führt zu einer großflächigen Kontamination von Beschäftigten und der Bevölkerung in unmittelbarer Nähe des Betriebs. Durch die Freisetzung der Chemikalie werden insgesamt 100 Personen kontaminiert (da es schwierig ist freiwillige Probanden zu finden, entspricht die tatsächliche Stichprobengröße $n= 47$). Die Patienten begeben sich selbstständig zur weiteren Behandlung in die nahegelegene Notaufnahme der Asklepios Klinik Nord. Aufgrund der Verunreinigung mit Gefahrgut und der hohen Zahl an Patienten wird durch die bereits alarmierte Feuerwehr Hamburg eine Massendekontamination vor der Notaufnahme errichtet, um einen Großteil des Stoffes zu entfernen und die Einwirkzeit der toxischen Substanz zu verringern. Wie das interne Konzept der Klinik vorsieht, müssen betroffene Personen durch eine Feindekontamination gereinigt werden, bevor eine weitere Behandlung stattfinden kann. Durch das Klinikpersonal wird deshalb eine Feindekontamination im Anschluss an die Massendekontamination betrieben.

3.2 Aufbau der Massendekontamination

Der in dieser Untersuchung verwendete Aufbau einer Massendekontamination (bei der Feuerwehr Hamburg als „Sofortdekontamination“ geführt) entspricht den Richtlinien der Berufsfeuerwehr Hamburg. Diese verwenden für einen einfachen Aufbau zwei Hamburger Löschfahrzeuge (HLF), welche parallel zueinander einen Korridor bilden. Die kontaminierten Personen durchlaufen diesen Abschnitt, welcher mit Wasser vernebelt wird (vgl. Abbildung 2.1). Hierzu wird ein speziell entwickeltes System angewandt, welches über eine Rohrführung und angebrachten Düsen das Wasser großflächig verteilt. Diese Düsen sind an dem Dachumlauf der Löschfahrzeuge angebracht, wodurch das Wasser von oben auf die Patienten auftrifft. Die HLF hatten in der Untersuchung einen Abstand von ca. 4 m. Die Wasserversorgung wurde an beiden HLF über einen Unterflurhydrant (H 80) sichergestellt. [25]

3.3 Stichprobenbeschreibung

Als statistisch relevante Einheiten dieser Feldstudie (Grundgesamtheit) können alle Personen betrachtet werden, die im öffentlichen Raum präsent sind. Alle Altersklassen sind folglich in der Grundgesamtheit repräsentativ. Die Teilpopulation, mit welcher die Grundgesamtheit repräsentiert wird, bestand aus 47 an der Übung teilhabenden Personen ($n=47$), davon 22 Frauen (46,8 %) und 25 Männer (53,2 %). Die Auswahl der Stichprobe erfolgte über eine freiwillige Teilnahme durch verschiedene Werbeverfahren. In Summe meldeten sich auf eine öffentliche Ausschreibung Studenten der HAW Hamburg, Mitglieder des DRK Hamburg Altona Mitte und der DLRG Poppenbüttel. Daraus ergab sich eine Altersvarianz von 14 bis 63 Jahren, wobei die Probanden größtenteils zwischen 14 und 30 Jahre alt waren. Diese sehr punktuelle Altersspanne muss in der weiterführenden Ergebnisbetrachtung beachtet werden, da Personen höheren Alters zunehmend in ihrer Bewegung eingeschränkt sind.

Bei der Registrierung der Probanden wurden ID Nummern vergeben, welche eine automatische Gruppeneinteilung implizierte (ID 100–123: Kontrollgruppe; ID 124–246: Treatmentgruppe). Die Gruppenzuteilung der Probanden erfolgte nach ihrem Eintreffen, wovon 24 Probanden (51,1 %) der Kontrollgruppe und 23 Probanden (48,9 %) der Treatmentgruppe zugeteilt wurden. Bei Probanden der DLRG wurde aufgrund der nachfolgenden Feindekontamination durch das Krankenhaus eine gerade Nummer vergeben. Alle

weiteren erhielten ungerade ID Nummern. Darüber hinaus wurden die beiden Gruppen nochmals in Untergruppen zu je vier Personen aufgeteilt, da bei einem Durchlaufen der Massendekontamination von allen Probanden gleichzeitig möglicherweise die hinteren oder vorderen Personen nicht derselben Menge Wasser oder demselben Druck ausgesetzt gewesen wären. Aus diesem Grund wurden kleinere Gruppen gewählt, um die Vergleichbarkeit der Probanden gewährleisten zu können.

Wie unter Kapitel 2.2 bereits dargestellt, sind die Variablen Duschzeit, mechanische Reinigungsverfahren, Wassermenge, chemische Zusatzstoffe und Wasserdruck, mögliche Faktoren einer signifikanten Reduktion von Kontaminationen. Da die Forschungsfrage die Wirkung des Reinigungsverfahrens auf den Dekontaminationsprozess klären soll, wurden die verbliebenen Variablen als statisch betrachtet. Die Duschzeit wurde nach ausführlicher Recherche auf einen Wert von 120 Sekunden festgelegt ($t = 120$ s). Bei einem größeren Zeitwert bestünde die Gefahr einer Unterkühlung und bei einem kleineren Zeitwert kann keine gründliche Reinigung aller Körperareale stattfinden. Chemische Zusatzstoffe als Variable wurden dem Duschwasser nicht hinzugefügt, wodurch dieser Faktor nicht berücksichtigt werden musste. Ebenfalls wurden der Wasserdruck und die Wassermenge konstant gehalten, wodurch die Versuchsumgebung nicht beeinflusst wurde. Die abhängige Variable, das mechanische Reinigungsverfahren wurde im Laufe der Übung geändert, um die Effektivität der angeleiteten Reinigung zu überprüfen.

Durch die Aufteilung der Stichprobe in eine Kontroll- und Treatmentgruppe soll ein Vergleich zwischen einem unangeleiteten und einem angeleiteten Reinigungsverfahren ermöglicht werden. Die Kontrollgruppe wurde nur durch die Zeitkonstante t begrenzt, da eine eigenständige Reinigung erfolgte. Ihnen wurde vor und während des Versuchs keinerlei Hilfestellung durch Außenstehende gegeben. Lediglich die verbleibende Zeit wurde durch einen Helfer mitgeteilt. Die Treatmentgruppe wurde wie die vorausgegangene Kontrollgruppe ebenfalls durch die Zeitkonstante t begrenzt. Zusätzlich zu t wurde die Duschanimation durch einen in Neopren gekleideten Helfer vorgespielt. Der Animator verfolgte ein vorgegebenes Schema wie es in Tabelle 3.1 und Anhang A dargestellt ist. Dazu wurden von einem zweiten Helfer die jeweiligen Wechsel angesagt. Die Probanden der Treatmentgruppe übertrugen das ihnen vorgegebene Reinigungsverfahren auf den eigenen Körper.

Tabelle 3.1: Zeiteinteilung des Duschverfahrens

Item	t in s	\sum t in s	Körperareal
1	5	5	Hände
2	15	20	Kopf
3	20	40	Schulter/Oberarme
4	20	60	Brust
5	20	80	Bauch/Rücken
6	15	95	Oberschenkel
7	10	105	Unterschenkel/Füße
8	15	120	Hände

3.4 Forschungsmodell

Für das Feldexperiment, im Rahmen der unter Abschnitt 3.1 beschriebenen Übung, wurde ein Modell zur Datenerhebung, wie bereits von Hartart et al. [12] und Amlôt et al. [24] beschrieben, verwendet. Hierzu wurden die Probanden durch 20 Helfer der Hochschule für Angewandte Wissenschaften betreut. Jeder Proband lief im Verlauf des Experiments dieselben, wie unter Anhang C dargestellten Stationen ab, um die Reliabilität des Versuches gewährleisten zu können. Die im Folgenden gelisteten Stationen des Forschungsmodells wurden in derselben Reihenfolge von den Probanden durchlaufen wie sie nachfolgend aufgeführt sind.

Check Point

Für die Registrierung und Umkleide der Probanden konnten die Räumlichkeiten der Klinik verwendet werden. Der dort eingerichtete „Check Point“ diente der Registrierung aller Probanden. Diese wurden an der Station in ihre Gruppen eingeteilt und erhielten ihre persönliche ID, welche die Privatsphäre und den Datenschutz gewährleisten sollte. Die ID, bestehend aus drei Ziffern, diente der eindeutigen Identifizierung der Probanden während der Übung und bei der Auswertung der Forschungsdaten (Stelle 1: 1. Kontrollgruppe, 2. Treatmentgruppe; Stelle 2/3: laufende Nummer). Die ID wurde von jedem Probanden durch ein am Handgelenk befestigtes Armband getragen, um eine spätere Zuordnung der Bilder oder im Falle eines Notfalls, schnelle Hilfe gewährleisten zu können. Am „Check Point“ wurden die Informationsschreiben, wie in Anhang D aufgeführt, sowie die Teilnahmebedingungen ausgehändigt und erklärt. Die Einverständniserklärung zur Studienteilnahme,

wie sie im Informationsschreiben zu finden ist, musste von jedem Studienteilnehmer unterschrieben und abgegeben werden. Auch konnten am „Check Point“ alle offenen Fragen vor der Übung abgeklärt werden. Nach den Formalitäten wurden für die Aufbewahrung der Bekleidung Kleidersäcke ausgeteilt und eine mündliche Einweisung in die Räumlichkeiten gegeben.

Kleider Sammelstelle

Die „Kleider Sammelstelle“ war die logistische Komponente, welche sich um den störungsfreien Transport der zu den Probanden gehörenden Gegenstände kümmerte. Die Hauptaufgabe dieser Station bestand in der Kollektion der Kleidersäcke. Diese mussten zu Beginn mit der richtigen Probanden ID versehen werden, um eine eindeutige Zuordnung (Proband – Kleidersack) an Station „Kleiderrückgabe“ gewährleisten zu können. Die Säcke wurden parallel zu den in der Strecke befindlichen Gruppen, durch die Helfer zur „Kleiderrückgabe“ transportiert. Somit wurde sichergestellt, dass alle Probanden nach Beendigung des Versuches ihre Kleidersäcke zurück erhielten. Neben der Logistik war auch das koordinierte Aufrufen und Vorbereiten der Gruppen ein Bestandteil der „Kleider Sammelstelle“. Staubildung und Verzögerungen im Ablauf konnten durch diese Maßnahme vermieden werden.

Painting

Zur realistischen Darstellung der Kontamination erfolgte an der Station „Painting“ die Präparation der Probanden für das Experiment. Um eine Auswertung der Restkontamination zu ermöglichen, wurde ein Kontrastmittel verwendet, welches fluoreszierende Eigenschaften besitzt und durch UV-Licht darstellbar ist. Bei dem aufgebrachten Stoff handelte es sich um das Produkt „TOXsim Typ: V3-F1-H3-D0 HD/THD-Simulant“ der OWR GmbH. Das verwendete Kontrastmittel ist speziell für die Simulation von ätzenden und blasenbildenden Hautkampfstoffen gefertigt. Ein darin enthaltener Zusatzstoff ermöglicht es, das Referenzmittel unter UV-Licht sichtbar zu machen. In diesem Fall wurde das Präparat mit einer hohen Viskosität von 2000 mPa/s gewählt, um das Reinigungsverfahren maximal zu erschweren. Die Bemalung der Probanden erfolgte durch zwei Helfer mithilfe handelsüblicher Lackierrollen. Das Präparat wurde über Plastischablonen mit einer Fläche von 200 cm² aufgetragen. Aufgebracht wurde das Kontrastmittel auf alle Extremitäten mit einer länglichen Schablone (5 cm x 40 cm) und auf den Bauch- und Rückenbereich mit einer kompakteren Schablone (10 cm x 20 cm). Es ergab sich dadurch jeweils eine Gesamtkontamination von 1200 cm² auf der Hautoberfläche der Testpersonen. Die Auswahl der Areale wurde in den Vorversuchen ermittelt und ist

abhängig von der guten Sichtbarkeit auf den fotografischen Aufnahmen.

UV-Zelt 1

Um den Ausgangszustand der Kontamination festzuhalten wurde ein Zelt (FLEX-TENT PRO 3 m x 3 m schwarz der Firma Dancover) zu einer Dunkelkammer ausgebaut. Das Zelt, ausgestattet mit einer lichtundurchlässigen Außenverkleidung, diente der Abschirmung von Licht, um äußere Lichteffekte zu vermeiden. Das Zelt wurde benutzt, um eine einheitliche Umgebung für die fotografischen Aufnahmen zu schaffen und um eine maximale Sichtbarkeit der Fluoreszenz gewährleisten zu können. Für die fotografische Aufnahme wurde die Kamera (Canon EOS 6D) in einem Abstand von zwei Metern zum Probanden positioniert. Die fluoreszierende Substanz auf der Hautoberfläche wurde mithilfe von 2 UV-Lampen à 48 Watt und einer Wellenlänge von $\lambda = 365 \text{ nm}$ sichtbar gemacht. Die beiden UV-Lampen

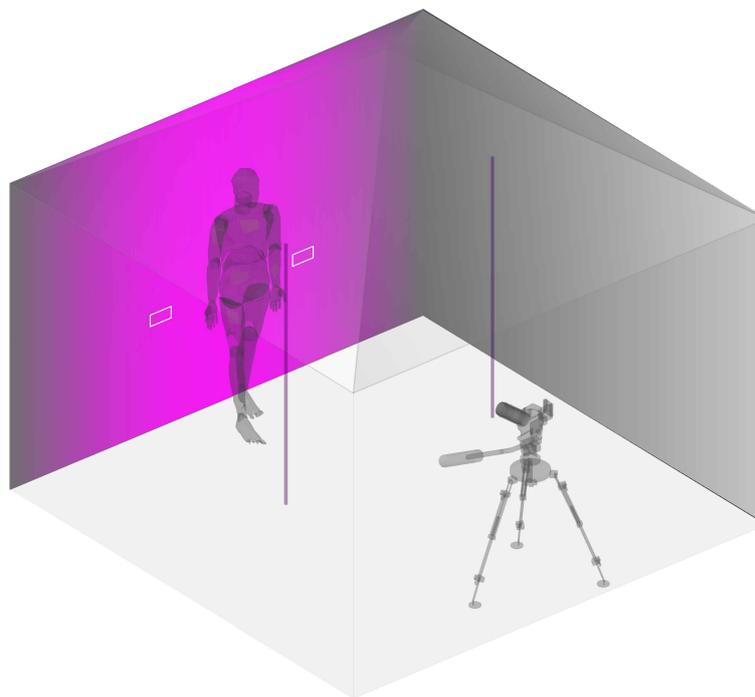


Abbildung 3.1: Schematischer Aufbau eines UV-Zeltes⁴

⁴Quelle: Eigene Darstellung

wurden senkrecht in einem Abstand von einem Meter zur Testperson an den horizontalen Verstreben der Zelte befestigt. Somit ergab sich ein Einstrahlwinkel des Lichtes auf den Probanden von $\alpha = 26,6^\circ$, wodurch die, wie in vorangegangenen Versuchen ermittelt, beste Darstellung des Kontrastmittels erfolgen konnte. Sie wurden auf ihrer Vorder- und Rückseite abgelichtet, um alle kontaminierten Flächen zu erfassen. Bei der Ablichtung der Studienteilnehmer hat es sich als nützlich erwiesen, die zugeordneten ID's mithilfe eines DIN A5 Vordrucks im Bild festzuhalten. Die optimalen Kameraeinstellungen für die Aufnahme wurden in zwei vorangegangenen Tests ermittelt. Es ergab sich eine optimale Belichtungszeit von acht Sekunden (vgl. Abbildung 3.1).

Stop Point

Der „Stop Point“ wurde als Sichtbarriere und Puffer für nachrückende Gruppen verwendet. Da diese die Aktivität der bereits duschenden Gruppen hätten beobachten können, wurde um jedem Probanden den gleichen Wissensstand zu geben, die Sicht auf die vorangehende Gruppe versperrt. Somit hatte keine Gruppe einen Vorteil gegenüber einer anderen. Diese Zeit wurde genutzt, um Sicherheitshinweise zu geben und auf die kommende Situation vorzubereiten. Die Sicherheitshinweise bezogen sich vorwiegend nochmals auf die gesundheitlichen Risiken, die durch das kalte Wasser der Massendekontamination hätten hervorgerufen werden können.

Massendekontamination

Die Hauptstation des Forschungsmodells war die Massendekontamination. Die Probanden durchliefen in ihren Untergruppen, bestehend aus vier Personen, die wie in Abschnitt 3.2 beschriebene Massendekontamination. Studienteilnehmer der Kontrollgruppe führten eine Selbstreinigung nach eigenem Ermessen durch. Probanden der Treatmentgruppe wurden unter Anleitung eines Helfers durch die Massendekontamination geleitet. Die Massendekontamination wurde statisch betrieben, weshalb kein langsames Durchlaufen, wie von Boos et al. [11] beschrieben, erfolgte. Die Dekontamination wurde nach 120 Sekunden durch ein Signal beendet.

UV-Zelt 2

Zuletzt wurde eine erneute fotografische Aufnahme der Testpersonen getätigt, um einen Vergleich zum Ausgangszustand herstellen zu können. Dazu wurde wie unter Station „UV-Zelt 1“ beschrieben, ein weiteres Zelt mit zwei UV-Lampen aufgebaut (vgl. Abbildung 3.1). Mit einer Sony SLT-A57 und einer gleich bleibenden Belichtungszeit von acht Sekunden konnte somit die Restkontamination der Pro-

banden festgestellt und festgehalten werden. Die Vergleichbarkeit der Bilder wurde durch den identischen Aufbau der beiden Zelte gewährleistet.

Kleiderrückgabe

Nach Beendigung des Versuches wurde den Probanden der Kleidersack mit den Kleidungen und Wertgegenständen zurückgegeben. Dabei wurden die Nummern der Säcke mit der Probanden ID überprüft. Somit konnte einem Verlust von Wertsachen vorgebeugt und eine rasche Versorgung mit warmen Kleidern sichergestellt werden.

Dusche

Im Anschluss an die Übung bestand die Möglichkeit sich in den Sanitäreinrichtungen der Klinik die Restkontamination unter warmem Wasser abzuwaschen.

3.5 Zeitlicher Übungsablauf

Durch die Sperrung der Notaufnahme stand am Übungstag ein Zeitraum von vier Stunden zur Übungsdurchführung und Vor- und Nachbereitung zur Verfügung. Von 16 – 20 Uhr konnten keine Notfallpatienten in die Klinik aufgenommen werden. Diese Zeitspanne war begrenzender Faktor in der Studienplanung. Der Aufbau der Massendekontamination und die zur Auswertung benötigten Stationen begann um 16:00 Uhr.

Die Registrierung der Probanden erfolgte bereits 30 Minuten nach Sperrung der Notaufnahme um 16:30 Uhr. Dies war notwendig um einen pünktlichen Übungsstart um 17:00 Uhr zu ermöglichen. Untergruppe 1 (ID 100 – 103) der Kontrollgruppe startete als erste Gruppe in den Versuch. Bei der Berechnung der Dauer, die Probanden zum Bemalen, Fotografieren und Durchlaufen der Massendekontaminationsstrecke benötigen, wurde wie in Tabelle 3.2 dargestellt, ein Zeitansatz von 10 Minuten je Gruppe berechnet. Dieser setzte sich aus 4 min Bemalen, 4 min Fotografieren und 2 min Dekontaminieren zusammen. Die Zeitspanne wurde sehr knapp berechnet, da ein Puffer für nicht belegte Stationen berücksichtigt werden konnte.

Alle weiteren Gruppen wurden in einem Abstand von 10 Minuten in die Massendekontamination und zur Auswertung geschickt. Berechnet wurde die Startzeit mit Beginn der Station „Painting“ und endete an Station „UV-Zelt 2“. Die in Tabelle 3.2 dargestellte zeitliche Planung konnte nicht exakt eingehalten werden, da die Probanden teils schneller präpariert wurden als angenommen, was zu einem schnelleren Gesamtprozess führte.

Beendet wurde die Übung um 18:30 Uhr. Eine Beeinträchtigung des Forschungserfolgs aufgrund der schnelleren Ablaufzeit konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 3.2: Zeitlicher Übungsablauf

ID	Untergruppe	Beginn	Dauer in min	Ende
Kontrollgruppe				
100 – 103	1	17:00	10	17:10
104 – 107	2	17:10	10	17:20
108 – 111	3	17:20	10	17:30
112 – 115	4	17:30	10	17:40
116 – 119	5	17:40	10	17:50
120 – 123	6	17:50	10	18:00
Treatmentgruppe				
124 – 127	7	18:00	10	18:10
128 – 131	8	18:10	10	18:20
132 – 135	9	18:20	10	18:30
136 – 139	10	18:30	10	18:40
140 – 143	11	18:40	10	18:50
144 – 146	12	18:50	10	19:00

3.6 Datenerhebung

Die Datenaufnahme erfolgte mittels eines bildgebenden Verfahrens in den UV-Zelten. Hierfür wurden wie in Abschnitt 3.4 beschrieben Kameras installiert, welche die Anfangs- und Restkontamination auf der Hautoberfläche fotografisch festhielten. Die Restkontamination konnte aufgrund der in dem Kontrastmittel enthaltenen Fluoreszenz visuell dargestellt werden. Durch die Fotografien konnte die Restkontamination digital erfasst werden, wodurch die Auswertung gegenüber der von Hartart et al. [12] verwendeten Methode (Verwendung von konventionellen Dokumentationsbögen) optimiert wurde. Bei der Auswertung der digitalen Daten wurden zwei Methoden zur Operationalisierung der Variablen verwendet. Es wurde ein Flächenvergleich der kontaminierten Bereiche angefertigt, welcher Auskunft über die Flächenreduktion und eine mögliche Kontaminationsverschleppung geben soll. Da bei dieser Methode keine Erfassung der verbleibenden Stoffkonzentration erfolgen konnte, wurde daher in einer zweiten Auswertung die Quantisierung der Variablen anhand eines 5 Item Systems (vgl. Tabelle 3.3) von zwei unabhängigen Personen (Rater) durchgeführt.

3.6.1 Kontaminationsfläche

Für die Flächenbestimmung der Restkontamination wurde ein spezielles Programm zur Vermessung von 2D Daten verwendet. Es handelt es sich um das Programm „Measure“ der datinf GmbH. Das Programm ist zur flexiblen Vermessung von Längen- und Flächenmaßen geeignet. Über ein virtuelles Vektorraaster, welches über das Bild gelegt wird, können direkte Messungen an 2D Bildern erstellt werden. Zur Berechnung der Längen- und Flächenmaße muss ein Maßstab durch den User festgelegt werden. Dies kann durch eine manuelle Eingabe oder über im Bild befindliche Markerpunkte erfolgen. Eine Kontrolle der Maße kann anhand mehrerer Festpunkte erfolgen. Da das Programm die Messdaten auf einem anderen Layer als die Bilddaten speichert, können diese separat gesichert werden.

Die Vermessung erfolgte anhand einer absoluten Flächenberechnung über die in jedem Bild vorhandenen Markerpunkte. Die Markerpunkte wurden repräsentiert durch zwei an der Zelthaut horizontal angebrachten DIN-A4-Blätter, welche aufgrund ihrer Normung exakt dieselbe Größe (DIN A4= 210 mm x 297 mm) hatten. Das rechte Blatt wurde in seiner vertikalen Länge als Maßstabsvorgabe verwendet, wodurch in jedem Bild eine Maßstabslänge von 210 mm angegeben wurde. Durch die Verwendung eines absoluten Maßstabes konnte eine direkte Übertragung der einzelnen Flächen (linker Arm, rechter Arm, linkes Bein, rechtes Bein, Bauch, Rücken) in eine Excel Tabelle erfolgen. Die erhobenen Werte eines einzelnen Probanden wurden zu einer Gesamtfläche aufsummiert, um die Gesamtkontamination festlegen zu können. Diese Aufarbeitung der Daten wurde für beide „UV-Zelte“ durchgeführt.

Ausgewertet wurden die vermessenen Flächen über das Programm „SPSS Statistics“ der Firma IBM. Über das Programm konnte eine deskriptive Analyse der Flächendaten erfolgen. Dabei fand die Beurteilung der Daten mithilfe einer Boxplot-Darstellung statt. Die Ergebnisse der Gesamtflächenreduktion wurden des Weiteren mithilfe des Wilcoxon-Test überprüft und untersucht. Die Effektivität der angeleiteten Dekontamination konnte durch die Anwendung des Mann-Whitney U-Test ergänzt werden.

3.6.2 Kontaminationsdichte

Um die Kontaminationsdichte (Stoffkonzentration) zu bestimmen, wurde ein ordinales Beurteilungsverfahren entwickelt, welches die Reduktion der Kontamination anhand

der Strahlungsintensität der Restkontamination bestimmt. Die Quantisierung der Restkontamination kann nach den Items, wie in Tabelle 3.3 dargestellt, umgesetzt werden. Dazu wurden die Bilder aus UV-Zelt 2 von zwei Ratern unabhängig voneinander begutachtet und klassifiziert. Die Beurteilung erfolgte in den verschiedenen Körperarealen (linker / rechter Ober / Unterschenkel; linker / rechter Ober / Unterarm; Bauch; Rücken), wodurch ein Vergleich mit dem Grad der Ausgangskontamination durchgeführt werden konnte. Die Kontaminationsdichte in UV-Zelt 1, welche als Referenz diente, wurde als 100% betrachtet und hatte somit die Kategorie 3. Die beiden verwendeten Kameras, unterschiedlichen Modells, hatten dadurch keine Einwirkung auf das Ergebnis.

Tabelle 3.3: Kategorisierung der Restkontaminationsdichte

Item	Restkontamination in %
0	= 0
1	< 50
2	> 50
3	= 100
5	keine Erfassung möglich

Da die Datenerhebung durch ein visuelles Verfahren nur subjektiv betrachtet werden kann, wurde ein zweiter Rater zur Auswertung der Daten herangezogen. Auch er bewertete die Bilder anhand der in Tabelle 3.3 beschriebenen Klassifikationen. Um die Reliabilität der Methode bewerten zu können, wurde die Interrater-Reliabilität mithilfe des Cohens Kappa Koeffizienten bestimmt. Er vergleicht die beiden Datensätze anhand ihrer Übereinstimmungsmerkmale und gibt Aufschluss über den Grad der Übereinstimmung beider Rater.

Die Datenaufbereitung wurde ebenfalls mithilfe des Programms „SPSS Statistics“ durchgeführt. Für die deskriptive Darstellung der ordinakskalierten Daten wurde eine Boxplot-Analyse angewandt, wodurch Lage- und Streuungsparameter bewertet werden können. Um einen Vergleich zwischen Treatment- und Kontrollgruppe herzustellen, wurde mithilfe des Mann-Whitney U Test die Signifikanz des angeleiteten Waschverfahrens bestimmt. Der Gesamterfolg der Konzentrationsreduktion beider Gruppen wurde mithilfe des Wilcoxon Test ermittelt. Auf Basis dieser Methoden erfolgte die Anwendung und die Darstellung der Ergebnisse.

4 Ergebnisse

Diese Erhebung umfasst Flächenangaben über die Reduktion oder Erhöhung von kontaminierten Flächen, wie sie bei einem Gefahrgutunfall zu erwarten sind. Außerdem werden Angaben über die verbliebene Restkontamination anhand der Leuchtintensität des aufgetragenen Referenzmittels gemacht. Erfasst wurden die Daten mithilfe zweier Beurteilungsmethoden auf Basis fotografischer Aufnahmen. Die Bilder stammen aus einer eigens für diese Datenerhebung angepassten Dekontaminationsübung. Das folgende Kapitel wird unterteilt in die Ergebnisdarstellung der Fläche und die der Stoffkonzentration.

4.1 Effektivität der Massendekontamination anhand der Kontaminationsfläche

Die Flächenvermessung ist ausschlaggebend für eine Beurteilung der Effektivität einer Massendekontamination. Sie trifft eine Aussage über die Vergrößerung oder Verkleinerung der kontaminierten Fläche. Eine Vergrößerung der Fläche würde einen negativen Effekt auf die Gesundheitslage des Patienten bewirken. Eine Reduzierung hingegen würde das gesundheitliche Risiko verringern. Von einer Massendekontamination wird deshalb eine Verringerung der kontaminierten Fläche erwartet. Die Ergebnisdarstellung der Kontaminationsfläche teilt sich in eine Betrachtung der Gesamtreduktion der Fläche anhand aller Probanden und in die Betrachtung der Effektstärke des Gruppenvergleichs auf.

Zur Betrachtung der Restkontaminationsfläche wurde die gemessene Fläche in „UV-Zelt 2“ in ein Verhältnis zur gemessenen Fläche in „UV-Zelt 1“ gesetzt. Daraus ergibt sich die prozentuale Restkontaminationsfläche, wobei 100 % die an der Station „Painting“ aufgetragene Kontamination entspricht. Die vermessenen Flächendaten zeigen ein Intervall von $\{F \in \mathbb{R} \mid 0\% \leq F \leq 203\%\}$ auf. Anhand dieser Berechnungen kann eine Einschätzung über eine Reduktion ($< 100\%$) oder über eine Vergrößerung ($> 100\%$) erfolgen.

In Abbildung 4.1 ist die Restkontamination auf den einzelnen Körperarealen aller Probanden dargestellt. Abbildung 4.2 beschreibt den Vergleich zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe. Die Ergebnisse stützen sich auf die ermittelten Perzentile (P_{25} und P_{75}) in Relation zum errechneten Median (vgl. Tabelle 4.1 und 4.3). Die Boxplots werden charakterisiert durch:

25. Perzentil

(P_{25}): Das 25. Perzentil ist die Verteilung der Messwerte anhand einer prozentualen Aufteilung. So liegen unter dem 25. Perzentil 25 % der Messwerte. Das Perzentil wird repräsentiert durch den linken Rand der Box im Boxplot. [26, S. 40]

75. Perzentil

(P_{75}): Über dem 75. Perzentil liegen 25 % aller gemessenen Werte. Somit sind zwischen dem 25. und 75. Perzentil 50 % der Messwerte. Das Perzentil wird durch den rechten Rand der Box im Boxplot dargestellt. [26, S. 40]

Median

(P_{50}): Der Median ist ein Lageparameter, der die Mitte einer Häufigkeitsverteilung angibt. 50 % der Probanden haben eine Eigenschaft, die kleiner oder größer dem Median ist. Dazu werden alle erhobenen Daten aufsteigend der Merkmalsausprägung sortiert. Der mittlere Wert der Datenreihe ist der Median. Bei geraden Datenreihen werden die beiden mittleren Zahlen addiert und im Anschluss halbiert ($\frac{a+b}{2}$). Der Median wird durch einen vertikalen Strich in der Box des Boxplots dargestellt. [26, S. 40]

Interquartilabstand

(IQA): Der Interquartilabstand ist ein Dispersionsmaß, welches die Range zwischen dem 25. und 75. Perzentil beschreibt ($IQA = P_{75} - P_{25}$). Über den Interquartilabstand können Extremwerte und Ausreißer bewertet werden ($IQA \cdot 1,5 \leq \text{Ausreißer} \mid IQA \cdot 3 \leq \text{Extremwerte}$). [26, S. 40]

4.1.1 Gesamtbetrachtung

Nach der Auswahl der Methoden und der Operationalisierung der Variablen erfolgt die Gesamtbetrachtung der Massendekontamination bei der Untersuchung der Kontaminationsfläche. Betrachtet wird die Verteilung der Skalenwerte anhand einer Boxplot-Darstellung. Mathematisch wird diese grafische Analyse durch die Verwendung des Wil-

coxon-Test unterstützt, welcher für die nicht normalverteilten Daten Aussage über einen gerichteten Effekt gibt.

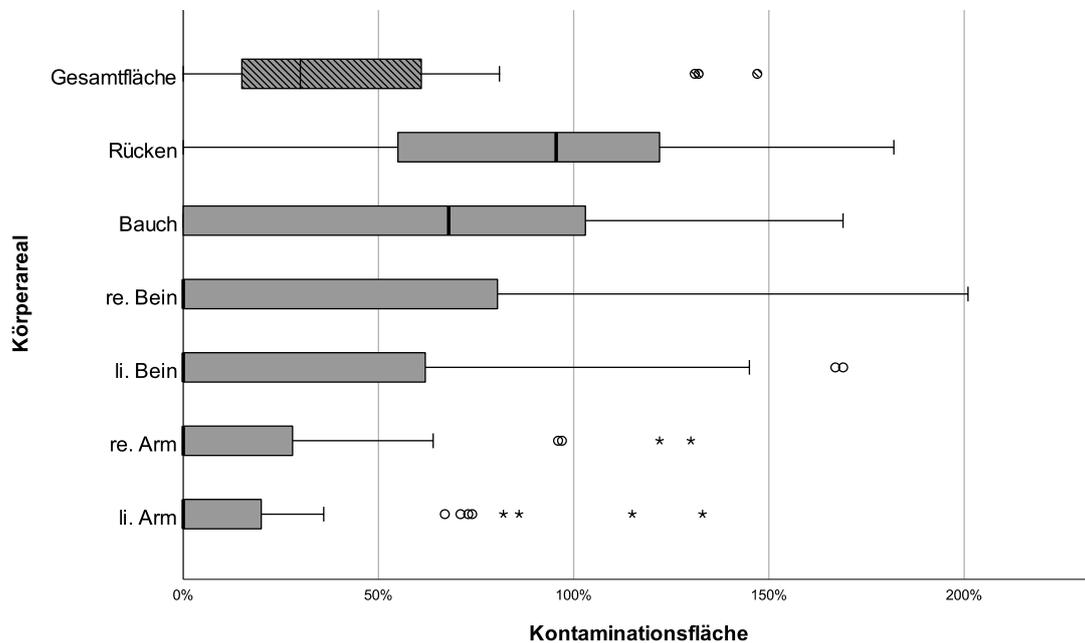


Abbildung 4.1: Boxplot-Darstellung der relativen Restfläche – Gesamtbetrachtung

Im ersten Schritt wird die Kontaminationsverschleppung der Gesamtgruppe betrachtet, um eine Darstellung der allgemeinen Effektivität der Massendekontamination zu erhalten. Folgende Untergruppen werden betrachtet: li. Arm, re. Arm, li. Bein, re. Bein, Bauch, Rücken und die Gesamtfläche. Die Variation der Stichprobengröße n ist auf die Badekleidung zurückzuführen. So hatten weibliche Probanden häufig einen Badeanzug an, welcher den Bauchbereich verdeckte. Männliche Probanden hingegen trugen lange Badeshorts, wodurch eine teilweise Verdeckung der Oberschenkel zu bemängeln ist. Diese Daten sind aus der Datenbewertung ausgenommen.

Zunächst fällt auf, dass die Extremitäten der Probanden eine hohe Übereinstimmung des Medians aufweisen. Diese entsprechen in allen vier Fällen einem Wert von 0, wie aus Tabelle 4.1 hervorgeht. Hingegen kann bei den Dimensionen „Rücken“ und „Bauch“ ein erhöhter Median erkannt werden. Besonders auffällig ist der der Dimension „Rücken“. Er hat im Verhältnis zu den anderen Dimensionen die höchste Ausprägung ($P_{50} = 96\%$). Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass bei allen betrachteten Körperdimensionen der Median unterhalb der aufgetragenen Kontaminationsfläche liegt. Dies zeigt auch der linksseitige Median der Gesamtgruppe.

Tabelle 4.1: Relative Restkontamination in Prozent – Gesamtbetrachtung

	N	Median P_{50}	25. Perzentil P_{25}	75. Perzentil P_{75}	IQA P_{25-75}
li. Arm	46	0	0	20	20
re. Arm	46	0	0	28	28
li. Bein	44	0	0	62	62
re. Bein	44	0	0	81	81
Bauch	34	68	0	103	103
Rücken	46	96	55	122	67
Gesamtfläche	47	30	15,00	65	50

Im Bezug auf die Korrespondenz der einzelnen Flächendaten kann eine gute Übereinstimmung des li. Arms, des re. Arms und der Gesamtfläche erkannt werden ($IQA \leq 50\%$). Den größten Interquartilabstand weist die Dimension „Bauch“ mit einem Wert von 103% auf.

Auffällig sind die Ergebnisse der Dimension „Rücken“ und „Bauch“, welche gegensätzlich zu den anderen Dimensionen eine rechtsseitige Verteilung der Daten in Abbildung 4.1 aufweisen. In der Dimension „Rücken“ deuten die Lagemaße auf ein Problem in diesem Bereich hin. Ursache hierfür könnte die schlechte Erreichbarkeit des Areals sein. Auch könnte die Körperhaltung einen Effekt bei der Dekontamination des Rückens gehabt haben. Im Bauchbereich kann aufgrund der erhöhten Lagemaße ebenfalls auf ein Problem geschlossen werden. Die Körperhaltung kann ein Grund für diese verteilten Werte gewesen sein. Um die Erkenntnisse der grafischen Ergebnisanalyse mathematisch zu beweisen, wurde der Test nach Wilcoxon angewandt.

Der Wilcoxon-Test soll die Beurteilung der Effektivität einer Massendekontamination anhand des empirischen Parameters z belegen. Hierzu wurde die Kontaminationsfläche vor- und nach der Massendekontamination erfasst und unter den Differenzen eine Rangordnung nach der Größe vergeben. Negative Rangzahlen und positive Rangzahlen werden gesondert markiert und zu Rangsummen aufsummiert (T / T'). Die Hypothese H_0 wird unwahrscheinlicher, je größer die Differenz der beiden T-Werte ist. [26, S. 153 ff.]

σ_T = Standardfehler von T_{min}

n = Summe der Paardifferenzen

$$z = \frac{T_{min} - n \cdot (n + 1)/4}{\sigma_T} \quad (4.1)$$

Da die Stichprobe $N \geq 25$ und somit hinreichend groß ist, kann die Hypothese anhand des, über die Formel 4.1 berechneten, z-Wertes geprüft werden. Dieser z-Wert muss mit dem Wert der Standardnormalverteilungstabelle verglichen werden. Der hat für das Signifikanzniveau 0,05 einen Wert von $\pm 1,96$. Somit folgt die Nullhypothese: [26, S. 153 ff.; 218 ff.][27, S. 354 ff.]

H_0 = Die Massendekontamination effiziert keine Flächenreduktion.

$$H_0 = \{z \mid -1,96 < z < 1,96\}$$

$$H_0 \neq \{z \mid -1,96 \geq z \geq 1,96\}$$

Tabelle 4.2: Wilcoxon-Test – Gesamtbetrachtung der Kontaminationsfläche

		Ränge	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
UV-Zelt 2 - UV-Zelt 1	T' Negative Ränge		218 ^a	142,99	31172,00
	T Positive Ränge		42 ^b	65,67	2758,00
	Bindungen		0 ^c		
	Gesamt		260		
^a UV-Zelt 1 > UV-Zelt 2					
^b UV-Zelt 1 < UV-Zelt 2					
^c UV-Zelt 1 = UV-Zelt 2					
Mathematische Bewertung					
z			-11,705		
Asymptotische Signifikanz (2-Seitig)			0,000		

Bei der Anwendung des Wilcoxon-Tests konnte für T' ein Wert von 218 und für T ein Wert von 42 ermittelt werden. Es wird festgestellt, dass die Werte stark voneinander abweichen, was auf eine Ablehnung der Nullhypothese hindeutet. Da die negativen Ränge vermehrt auftreten ($n = 218$), kann bei der Gegenüberstellung von „UV-Zelt 2“ zu „UV-Zelt 1“ eine Reduzierung der Fläche erkannt werden. Unterstützt wird die Aussage durch die Asymptotische Signifikanz, für welche ein Wert von 0,000 berechnet wurde (vgl. Tabelle 4.2). Die Signifikanz ist somit kleiner als das Signifikanzniveau ($\alpha = 0,05$). Dadurch ist die Kontaminationsfläche in „UV-Zelt 1“ signifikant verschieden zu „UV-Zelt 2“. Die Berechnung des z-Wertes ergibt einen Betrag von -11,705 (vgl. Tabelle 4.2). Da $z < -1,96$ ist, muss die Nullhypothese abgelehnt werden. – Die Nullhypothese wird abgelehnt – [26, S. 113 ff.; 218 ff.]

4.1.2 Gruppenbetrachtung

Im nächsten Schritt der Auswertung der Kontaminationsfläche, wird der Vergleich zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe hergestellt. Über die Boxplot-Darstellung können Unterschiede der beiden Gruppen abgeleitet werden. Um die grafische Auswertung zu stützen und um eine numerische Einschätzung der Ergebnisse zu bekommen, wird eine Analyse mithilfe des Mann-Whitney U-Tests durchgeführt.

Zunächst ist die Gegenüberstellung der beiden Gruppen (Kontroll- und Treatmentgruppe) darzustellen, um die Effektivität einer angeleiteten Massendekontamination abzuleiten. Hierzu wurden wie bei der Gesamtbetrachtung folgende Untergruppen berücksichtigt: li. Arm, re. Arm, li. Bein, re. Bein, Bauch, Rücken und die Gesamtfläche. In Abbildung 4.2 sind die Skalenwerte in Form von Boxplots zu erkennen. Tabellarisch sind die Perzentile der Dimensionen in Tabelle 4.3 dargestellt. Auch bei dieser Betrachtung hängt die Variation der Stichprobengröße von verdeckten Körperteilen ab.

Die Mediane der Dimensionen sind verglichen mit der jeweils zugehörigen Gruppe sehr konsistent und haben eine hohe Übereinstimmung. Nur die Mediane des „Bauches“ weichen stark voneinander ab. Die Kontrollgruppe hat dort einen linksseitigen Median von 0%. Der Median der Treatmentgruppe hingegen weist einen Wert von 74% auf, was auf ein Problem in dieser Gruppe hindeutet. Bei der „Gesamtfläche“ ist zu sehen, dass die beiden Mediane der Treatment- und Kontrollgruppe einen Wert $< 50\%$ aufweisen, was auf eine Reduzierung der Kontamination hinweist.

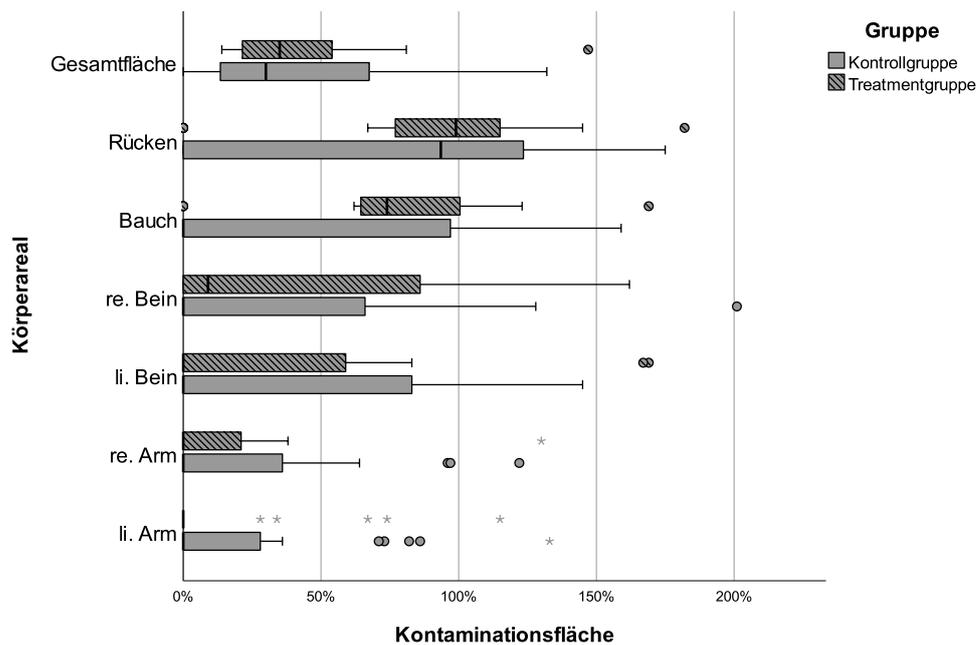


Abbildung 4.2: Boxplot-Darstellung der relativen Restfläche – Gruppenbetrachtung

Alle Interquartilabstände der Treatmentgruppe, bis auf den des „re. Beins“, haben eine kleinere Range als die der Kontrollgruppe (vgl. Tabelle 4.3), was auf die identische Ausführung des Waschvorgangs hindeutet. Der Interquartilabstand der Dimension „Rücken“ in der Kontrollgruppe ist im Verhältnis zur Treatmentgruppe auffällig groß. Auch im Bereich „Bauch“ ist eine große Differenz zwischen den Gruppen festzustellen. Wie bereits in der Dimension „Rücken“ zu sehen ist, ist auch in der Dimension „Bauch“ der Interquartilabstand der Kontrollgruppe größer. Bei den Dimensionen „li. Arm“, „re. Arm“, „li. Bein“, kann ein inverses Verhalten des Interquartilabstandes beobachtet werden.

Generell hat die Kontrollgruppe auf Grundlage der Mediane eine kleinere Fläche. Hingegen hat die Treatmentgruppe eine höhere Korrespondenz der Messdaten, mit Ausnahme des „re. Beins“. Bei Betrachtung der Gesamtfläche wird diese Beobachtung unterstützt, denn wie in Abbildung 4.2 zu sehen ist, liegen die beiden Mediane der Gruppen sehr nahe, wobei der Median der Kontrollgruppe kleiner ist als der der Treatmentgruppe. Die Perzentile haben eine ähnliche Verteilung, was auf eine Vergleichbarkeit der Gruppen hindeutet. Die Treatmentgruppe weist einen kleineren Interquartilabstand ($IQA = 36\%$), verglichen mit der Kontrollgruppe ($IQA = 54\%$) auf. Daraus lässt sich schließen, dass die Durchführung der angeleiteten Massendekontamination einen Effekt auf die Restkontamination hat.

Tabelle 4.3: Relative Restkontamination in Prozent – Gruppenbetrachtung

	N	Median P_{50}	25. Perzentil P_{25}	75. Perzentil P_{75}	IQA P_{25-75}
Kontrollgruppe					
li. Arm	24	0	0	28	28
re. Arm	24	0	0	36	36
li. Bein	22	0	0	83	83
re. Bein	22	0	0	66	66
Bauch	19	0	0	103	103
Rücken	24	94	0	124	124
Gesamtfläche	24	30	14	68	54
Treatmentgruppe					
li. Arm	22	0	0	0	0
re. Arm	22	0	0	21	21
li. Bein	22	0	0	59	59
re. Bein	22	0	0	86	86
Bauch	15	74	62	105	43
Rücken	22	99	77	115	38
Gesamtfläche	23	35	21	57	36

Um einen mathematischen Nachweis für die ermittelten Erkenntnisse liefern zu können, folgt eine Analyse mithilfe des Mann-Whitney U-Test. Ähnlich wie der Wilcoxon-Test bildet auch der U-Test eine Rangordnung und vergleicht die zentralen Werte anhand ihrer Ränge auf signifikante Unterschiede.

Zuerst werden die Differenzen der Merkmalsausprägungen (Fläche „UV-Zelt 1“ – Fläche „UV-Zelt 2“) in eine aufsteigende Reihe gebracht und anhand ihrer Ränge nummeriert. Flächen mit dem gleichen Rang erhalten das Mittel der beiden Rangnummern, wobei die Vorzeichen der Differenzen auf die Ränge übertragen werden. Die Summe der Ränge ergibt die Rangsumme der negativen und positiven Ränge (R_- und R_+). Die Prüfgröße U (vgl. Gleichung 4.2) berechnet die Häufigkeit von Rangplätzen, die größer sind, als die der anderen Gruppe. Anhand dieser Kennzahl kann der empirische Wert z ermittelt werden (vgl. Gleichung 4.3). Durch den z -Wert wird die Nullhypothese anhand des ermittelten kritischen Werts verworfen oder beibehalten. [26, S. 150 ff.; 218 ff.]

n = Summe der Paardifferenzen

$$U = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} - R_{\pm} \quad (4.2)$$

$$z = \frac{|U - n_1 \cdot n_2 / 2|}{\sqrt{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12}} \quad (4.3)$$

Da es sich bei der Nullhypothese um eine gerichtete Fragestellung handelt, muss das Ergebnis einseitig geprüft werden. Aus der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung lässt sich ein kritischer Wert von $-1,65$, bei einem Signifikanzniveau von 5% (0,05) ermitteln. Sollte der z -Wert kleiner dem kritischen Wert sein, so ist die Nullhypothese zu verwerfen. Folgende Nullhypothese wird angenommen: [26, S. 813]

H_0 = Die Animation erzielt keinen Effekt auf die Reduzierung der Kontaminationsfläche.

$$H_0 = \{z \mid z > -1,65\}$$

$$H_0 \neq \{z \mid z \leq -1,65\}$$

Tabelle 4.4: U-Test – Gruppenbetrachtung der Kontaminationsfläche

	Gruppe	Ränge N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Kontaminationsfläche	Kontrollgruppe	135	125,25	16908,50
	Treatmentgruppe	125	136,17	17021,50
	Gesamt	260		
Mathematische Bewertung				
	z		-1,277	
	Asymptotische Signifikanz (2-Seitig)		0,202	

Aus Tabelle 4.4 können die Ergebnisse des U-Tests entnommen werden. Zu erkennen ist, dass die Fläche des mittleren Rangs der Treatmentgruppe (136,17) über dem mittleren Rang der Kontrollgruppe (125,25) liegt. Das deutet an, dass die Treatmentgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe schlechter in der Massendekontamination abgeschlossen hat. Die asymptotische Signifikanz der Daten lässt auf einen zufälligen Effekt der Differenzen

schließen, denn diese hat einen Wert von 0,202, welcher über dem Signifikanzniveau von 0,05 liegt. Die Bewertung des z-Wertes (-1,277) ergibt, dass die Nullhypothese angenommen werden muss, da $z > -1,65$ ist. – Die Nullhypothese wird angenommen – [26, S. 813]

4.2 Effektivität der Massendekontamination anhand der Kontaminationsdichte

Die alleinige Berechnung der Flächenänderung reicht nicht aus, um die Wirksamkeit einer Massendekontamination zu bestimmen. Durch die Flächenberechnung kann keine Erfassung der Stoffdichte erfolgen, welche ebenfalls ausschlaggebend für die gesundheitliche Auswirkung eines Stoffes ist.

Die Quantifizierung der Stoffdichte kann durch die Kategorisierung der Kontaminationsdichte anhand der Restleuchtstärke des Kontrastmittels erfolgen. Mithilfe eines Kodierleitfadens, wie in Tabelle 3.3 dargestellt, wurde diese durch zwei Rater erfasst. Aus den beiden Datensätzen wurde zu jeder Position das Arithmetische Mittel zur Bewertung der Ergebnisse gebildet. Es erfolgte eine Ergebnisdarstellung, die zum einen die Gesamtwirkung der Massendekontamination anhand aller Probanden beurteilt und zum andern den Gruppenvergleich herstellt.

4.2.1 Interrater-Reliabilität

Da eine Auswertung durch Beobachtungen nicht objektiv ist, wurde anhand des Cohens Kappa Koeffizienten (κ) die Interrater-Reliabilität berechnet. Dieser berechnet die prozentuale Übereinstimmung der beiden Rater und berücksichtigt dabei die Wahrscheinlichkeit einer zufälligen Übereinstimmung anhand einer quadratischen Kontingenztafel. Dabei wird durch P_0 (vgl. Formel 4.4) der Anteil bestimmt, der tatsächlich die gleiche Merkmalsausprägung besitzt, wobei P_0 der Summe der relativen Übereinstimmungen entspricht ($P_0 = 0,821$). P_e (vgl. Formel 4.5) berechnet hingegen den Anteil zufällig zutreffender Merkmalsausprägungen und wird aus der Summe der relativen Multiplikation der Gesamtwerte berechnet ($P_e = 0,422$). [28, S. 363 ff.][26, S. 581 f.][29]

$$P_0 = \frac{\sum_{i=1}^k f_{ii}}{n} \quad (4.4)$$

$$P_e = \frac{\sum_{i=1}^k f_i \cdot f_i}{n^2} \quad (4.5)$$

$$\kappa = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e} \quad (4.6)$$

Aus Tabelle 4.5 kann die Übereinstimmung der Rater entnommen werden. Die hervorgehobenen Zahlen beschreiben die Summen der Fälle, in denen beide Rater dieselbe Antwort gegeben haben.

Tabelle 4.5: Kontingenztafel zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität

		Rater 2					Gesamt
		0	1	2	3	5	
Rater 1	0	262	26	2	0	0	290
	1	14	67	8	0	0	89
	2	1	18	18	0	0	37
	3	0	5	10	7	0	22
	5	0	0	0	0	32	32
Gesamt		277	116	38	7	32	470
Maß der Übereinstimmung		Kappa	0,691				
Anzahl der gültigen Fälle		470					

Über die Formel 4.6 erfolgt die Berechnung des Cohens Kappa. Tabelle 4.5 zeigt, dass die Übereinstimmung der beiden Rater nach Cohens einen Wert von 0,691 haben. Somit liegt bei der Auswertung der Daten eine Übereinstimmung von 69,1% vor. Als Bewertungsgrundlage für diese Maßzahl werden die von Landis und Koch [28] beschriebenen Klassifizierungen angewandt. Demnach haben die beiden Datensätze eine substantielle Übereinstimmung (0,61 – 0,80= substantielle Übereinstimmung) und können somit für die weitere Auswertung verwendet werden.

4.2.2 Gesamtbetrachtung

Nachdem die Daten der beiden Rater substantiell übereinstimmen, wurde die Skalenverteilung mithilfe von Boxplots dargestellt, welche die Kontaminationsdichte anhand der im Voraus definierten Items zeigen. Die folgenden Ergebnisse werden aufgeteilt in eine visuelle Analyse der Gesamtreduktion und eine numerische Bewertung der Daten anhand des Wilcoxon-Tests.

Die Boxplots besitzen zwei Dimensionen. Die erste Dimension beschreibt die Körperareale, aufgeteilt in re. Unterschenkel (re. US), re. Oberschenkel (re. OS), li. Unterschenkel (li.US), li. Oberschenkel (li.OS), Bauch, Rücken, re. Unterarm (re. UA), re. Oberarm (re. OA), li. Unterarm (li. UA), li. Oberarm (li. OA). Die zweite dargestellte Dimension der Boxplots gibt die Items 1 – 4 der Kontaminationsdichte an. Es kommt durch das Arithmetische Mittel der beiden Rater zu Zwischenschritten, wodurch die Skala um 3 weitere Items erweitert wurde. Ergänzt wurde sie deshalb um die Werte 0,5, 1,5, 2,5. Item 5 wird aus der Beurteilung ausgenommen, da es sich um nicht einsehbare Körperareale handelt, die durch Badekleidung verdeckt wurden.

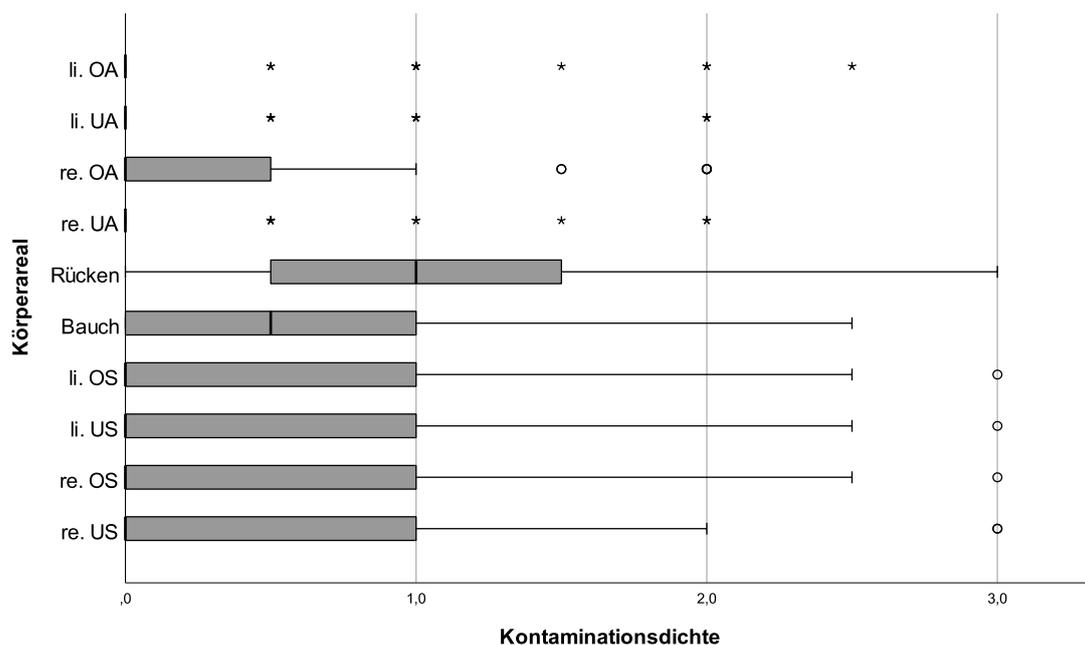


Abbildung 4.3: Boxplot-Darstellung der Restkontaminationsdichte – Gesamtbetrachtung

Im ersten Schritt der Ergebnisdarstellung der Restkontaminationsdichte wird die allgemeine Reduzierung des Referenzstoffes bei einer Massendekontamination begutachtet.

Tabelle 4.6: Quantisierte Restkontaminationsdichte – Gesamtbetrachtung

	N	Median P_{50}	25. Perzentil P_{25}	75. Perzentil P_{75}	IQA P_{25-75}
re. US	45	0,0	0,0	1,0	1,0
re. OS	40	0,0	0,0	1,0	1,0
li. US	45	0,0	0,0	1,0	1,0
li. OS	40	0,0	0,0	1,0	1,0
Bauch	34	0,5	0,0	1,0	1,0
Rücken	46	1,0	0,5	1,5	1,0
re. UA	47	0,0	0,0	0,0	0,0
re. OA	47	0,0	0,0	0,5	0,5
li. UA	47	0,0	0,0	0,0	0,0
li. OA	47	0,0	0,0	0,0	0,0

Sie soll, zusammen mit dem „Gesamtvergleich der Restkontaminationsfläche“ (vgl. Abbildung 4.1), Aufschluss über die allgemeine Effektivität der Massendekontamination geben. Zur Darstellung der Daten wurden die im „UV-Zelt 2“ ermittelten Werte herangezogen. Die numerische Darstellung der Perzentile in Tabelle 4.6 wird zur Unterstützung der Grafik verwendet.

Zuerst kann festgestellt werden, dass alle Mediane kleiner oder gleich 1,0 sind und somit auf der Skala eine sehr starke Verteilung in das linke Viertel aufweisen. Auffällig sind die Mediane der Extremitäten. Sie alle haben einen Wert von 0,0. Der höchste Median mit 1,0 kann in der Dimension „Rücken“ erkannt werden, was auf ein Problem in diesem Bereich hindeutet. Die schlechte Erreichbarkeit des Areals oder eine Schonhaltung könnte Grund für diese Ausprägung sein.

Die Range der einzelnen Dimensionen ist konsistent $\leq 1,0$ (vgl. Tabelle 4.6). Der „Rücken“ fällt hinsichtlich der Lage seiner Perzentile auf, denn das 25. Perzentil ist nicht wie bei den anderen Dimensionen bei einem Wert von 0,0, sondern befindet sich bei 0,5. Das 75. Perzentil liegt bei 1,5 und hat den größten Wert aller Perzentile. Auch wird erkannt, dass die Arme einen vergleichsweise geringen Interquartilabstand haben. Mit Ausnahme des „re. OA“ haben diese einen IQA von 0,0. Der IQA des re. OA ist mit 0,5 dennoch sehr gering. Generell kann eine Reduktion des Referenzmittels erkannt werden. Lediglich im „Rücken“ und „Bauch“ Bereich sind Probleme bei dem Waschvorgang auffällig.

Eine Bestätigung der Erkenntnisse soll nun anhand des Wilcoxon-Test durchgeführt wer-

den. Das Ergebnis soll eine Aussage über die Effektivität einer Massendekontamination ohne Fremdeinwirkung treffen. Die Berechnung erfolgt nach demselben Ablaufschema des Wilcoxon-Test der Flächenberechnung (vgl. Kapitel 4.1.1). Da die Stichprobe ebenfalls $N \geq 25$ ist, kann die Nullhypothese ebenfalls anhand des z-Wertes und der Signifikanz geprüft werden. Folgende Nullhypothese wird für die Berechnung angenommen: [26, S. 153 ff.]

H_0 = Die Massendekontamination effiziert keine Reduktion der Kontaminationsdichte.

$$H_0 = \{z \mid -1,96 < z < 1,96\}$$

$$H_0 \neq \{z \mid -1,96 \geq z \geq 1,96\}$$

Tabelle 4.7: Wilcoxon-Test – Gesamtbetrachtung der Kontaminationsdichte

		Ränge	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
UV-Zelt 2 - UV-Zelt 1	T' Negative Ränge		0 ^a	0,00	0,00
	T Positive Ränge		428 ^b	214,50	91806,00
	Bindungen		8 ^c		
	Gesamt		436		
<hr/>					
^a UV-Zelt 1 < UV-Zelt 2					
^b UV-Zelt 1 > UV-Zelt 2					
^c UV-Zelt 1 = UV-Zelt 2					
<hr/>					
Mathematische Bewertung					
<hr/>					
z			-18,405		
Asymptotische Signifikanz (2-Seitig)			0,000		
<hr/>					

Bei der Beurteilung der Daten nach dem Wilcoxon-Test ergibt sich für T' ein Wert von 428 und für T ein Wert von 0. Bindungen werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Bei den T-Werten kann eine hohe Differenz festgestellt werden, was für eine Ablehnung der Nullhypothese spricht. Somit kann eine Reduzierung der Kontaminationsdichte durch die Massendekontamination vermutet werden. Diese Vermutung wird gestützt durch die asymptotische Signifikanz, welche wie bei der Flächenberechnung einen Wert von 0,000

besitzt (vgl. Tabelle 4.7). Die Signifikanz ist kleiner als das Signifikanzniveau ($\alpha = 0,05$). Daraus folgt, dass eine signifikante Änderung der Kontaminationsdichte in „UV-Zelt 2“ festgestellt werden kann und somit ein zufälliges Auftreten der Nullhypothese unwahrscheinlich ist. Bei Betrachtung des z-Wertes ($z < -1,96$), wird eine Ablehnung der Nullhypothese deutlich. Der z-Wert hat einen Wert von $-18,405$, wie aus Tabelle 4.7 zu entnehmen ist.– Die Nullhypothese wird abgelehnt – [26, S. 113 ff.]

4.2.3 Gruppenbetrachtung

Bei der Betrachtung der Gruppenunterschiede wird die Wirkung der angeleiteten Massendekontamination auf die Reduktion der Stoffdichte untersucht. In den Boxplots wird zwischen der Kontroll- und Treatmentgruppe unterschieden. Durch diese Analyse kann die unangeleitete Massendekontamination mit der angeleiteten verglichen werden, woraus Schlüsse auf eine Effektivität der Animation gezogen werden können. Die grafische Darstellung der Boxplots in Abbildung 4.4 wird ergänzt durch die Tabelle 4.8.

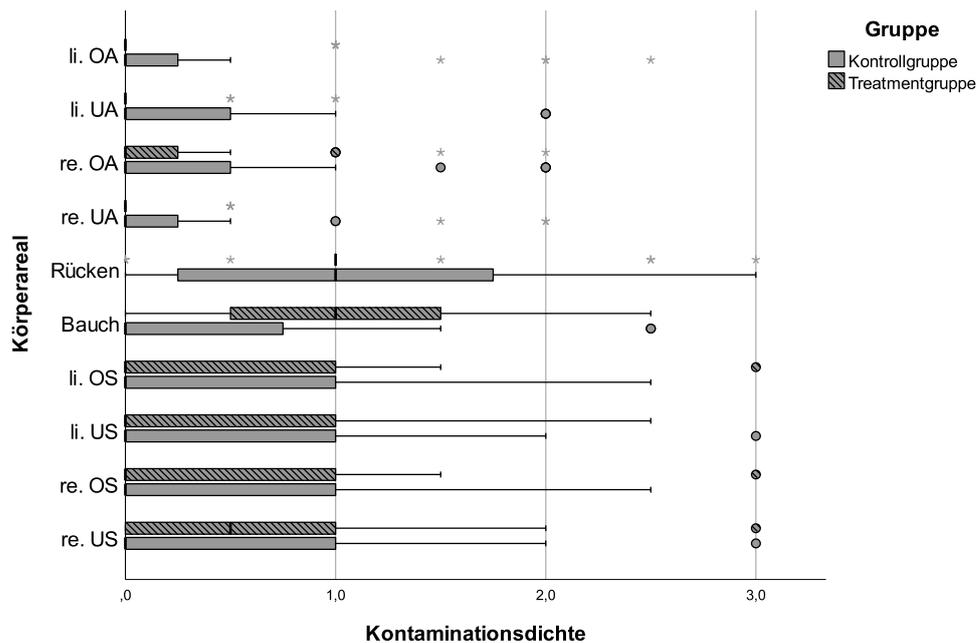


Abbildung 4.4: Boxplot-Darstellung der Restkontaminationsdichte – Gruppenbetrachtung

Zunächst kann festgestellt werden, dass fast alle Extremitäten in beiden Gruppen einen Median von 0,0 haben. Lediglich der „re. US“ der Treatmentgruppe weist einen leicht

Tabelle 4.8: Quantisierte Restkontaminationsdichte – Gruppenbetrachtung

	N	Median P_{50}	25. Perzentil P_{25}	75. Perzentil P_{75}	IQA P_{25-75}
Kontrollgruppe					
re. US	22	0,0	0,0	1,0	1,0
re. OS	21	0,0	0,0	1,0	1,0
li. US	22	0,0	0,0	1,0	1,0
li. OS	21	0,0	0,0	1,0	1,0
Bauch	19	0,0	0,0	1,0	1,0
Rücken	24	1,0	0,25	1,75	1,5
re. UA	24	0,0	0,0	0,25	0,25
re. OA	24	0,0	0,0	0,5	0,5
li. UA	24	0,0	0,0	0,5	0,5
li. OA	24	0,0	0,0	0,25	0,25
Treatmentgruppe					
re. US	23	0,5	0,0	1,0	1,0
re. OS	19	0,0	0,0	1,0	1,0
li. US	23	0,0	0,0	1,0	1,0
li. OS	19	0,0	0,0	1,0	1,0
Bauch	15	1,0	0,5	2,0	1,5
Rücken	22	1,0	1,0	1,0	0,0
re. UA	23	0,0	0,0	0,0	0,0
re. OA	23	0,0	0,0	0,5	0,5
li. UA	23	0,0	0,0	0,0	0,0
li. OA	23	0,0	0,0	0,0	0,0

erhöhten Median von 0,5 auf. Die Dimensionen „re. US“ und „Bauch“ zeigen einen Unterschied in der Verteilung ihrer Mediane. Jeweils angehoben ist der Median der Treatmentgruppe, wobei der „re. US“ eine Differenz von 0,5 und der „Bauch“ eine Differenz von 1,0 hat.

Bei der Betrachtung der Interquartilabstände fällt auf, dass die Treatmentgruppe in fast allen Fällen eine kleinere oder gleiche Range wie die der Kontrollgruppe hat (vgl. Tabelle 4.8). Nur der „Bauch“ als einzige Dimension hat einen höheren Interquartilabstand in der Treatmentgruppe. Speziell im Rückenbereich der Kontrollgruppe ist eine große Verteilung der Messwerte zu erkennen ($IQA = 1,5$). Der Parameter der Treatmentgruppe ist hingegen invers bei 0,0. Die größten Differenzen der Interquartilabstände können im Rückenbereich und den oberen Extremitäten festgestellt werden. Die oberen Extremitäten

der Treatmentgruppe weisen einen sehr geringen Interquartilabstand auf ($IQA \leq 0,5$), wobei die Dimensionen „li. OA“, „li. UA“, „re.UA“ einen Interquartilabstand von 0,0 haben.

Im Gesamten auffällig ist die Dimension „Bauch“, wobei die Kontrollgruppe eine linksseitige Verteilung aufzeigt und die Treatmentgruppe im Verhältnis eine rechtsseitige Verteilung besitzt. Auch die Dimension „Rücken“ deutet mit ihrem Median ($P_{50} = 1,0$) auf ein Problem hin. Denkbar ist, dass die Faktoren Körperhaltung und Zeit, Ursachen für diese Konflikte darstellen. Die Interquartilabstände der Treatmentgruppe, welche meist kleiner sind als die der Kontrollgruppe, weisen auf einen Effekt der Animation hin.

Im letzten Schritt des Ergebnisteils wird die Wirksamkeit der Animation anhand des Mann-Whitney U-Tests berechnet. Hierzu wurden Berechnungen wie im Kapitel 4.1.2 anhand der Formeln 4.2 und 4.3 durchgeführt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte anhand der asymptotischen Signifikanz und des z-Wertes. Für die Berechnungen werden die einzelnen Dimensionen der Kontaminationsdichte der Kontrollgruppe mit der der Treatmentgruppe verglichen. Folgende Nullhypothese wird angenommen:

H_0 = Die Animation erzielt keinen Effekt auf die Reduzierung der Stoffkonzentration.

$$H_0 = \{z \mid z > -1,65\}$$

$$H_0 \neq \{z \mid z \leq -1,65\}$$

Tabelle 4.9: U-Test – Gruppenbetrachtung der Kontaminationsdichte

		Ränge		
Gruppe		N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Kontaminationsdichte	Kontrollgruppe	228	209,24	47707,00
	Treatmentgruppe	201	221,53	44528,00
	Gesamt	260		
<hr/>				
Mathematische Bewertung				
z		-1,155		
Asymptotische Signifikanz (2-Seitig)		0,248		

Tabelle 4.9 beinhaltet die Ergebnisse des Mann-Whitney U-Test, der angeleiteten Massen-

dekontamination für die Kontaminationsdichte. Die mittleren Ränge weisen einen Wert von 209,24 in der Kontrollgruppe und 221,53 in der Treatmentgruppe auf. Ein kleinerer mittlerer Rang in der Kontrollgruppe ist ein Indiz, dass die Animation keinen Effekt auf die Reduktion des Referenzstoffes hat. Die asymptotische Signifikanz hat einen Wert von 0,248. Da diese über einem Wert von 0,05 liegt, kann darauf geschlossen werden, dass die Nullhypothese angenommen werden muss. Sie weist auf eine zufällig entstandene Verteilung hin. Dies bestätigt auch der z-Wert. Mit einer Höhe von $-1,155$ liegt er über dem aus der Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung entnommenen kritischen Wert von $-1,65$, was zu einer Annahme der Nullhypothese führt. – Die Nullhypothese wird angenommen – [26, S. 813]

5 Diskussion und Fazit

Im folgenden Kapitel sollen die erarbeiteten Ergebnisse zur Wirksamkeitsuntersuchung der Massendekontamination zusammengefasst und interpretiert werden. Dem vorangestellt ist eine Zusammenfassung aller wichtigen Erkenntnisse aus dieser Untersuchung. Eine detailliertere Aufschlüsselung der Ergebnisse erfolgt in der Erörterung der ausgewerteten Daten. Außerdem wird mit einer kritischen Auseinandersetzung der verwendeten Methoden die Güte der Studie bewertet und mögliche Fehlbetrachtungen und methodische Alternativen aufgezeigt. Zum Abschluss des Kapitels werden die resultierenden Schlussfolgerungen auf die praktische Anwendung im Bereich der Gefahrenabwehr impliziert und ein Fazit aus der vorliegenden Arbeit gezogen.

5.1 Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit wurde zur Beurteilung der Wirksamkeit einer Massendekontamination durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung waren zwei Forschungsfragen, die mithilfe der angewandten fotografischen Methode beurteilt wurden.

Die Studie untersuchte zuerst die Frage der generellen Wirksamkeit einer Massendekontamination anhand aller an der Untersuchung teilhabenden Probanden. Wie die Flächenberechnung zeigt, kann eine signifikante Verringerung der Kontaminationsfläche erkannt werden. Unterstützend wirken die Ergebnisse der Kontaminationsdichte hinsichtlich der Reduktion des Stoffes. Diese weisen ebenfalls eine signifikante Verminderung des Referenzstoffes auf. Auffällig sind in beiden Fällen die Extremitäten, die sowohl in der Fläche, als auch in der Dichte einen Median von 0,0 aufweisen und somit bei mindestens der Hälfte aller Probanden eine Reduzierung des Stoffes um 100% stattgefunden hat. Probleme konnten im Bereich des „Bauches“ und des „Rückens“ festgestellt werden. Jedoch befinden sich die Mediane sowohl in der Fläche als auch in der Dichte unterhalb des Anfangszustandes. Zusammengefasst bedeutet dies, dass in beiden Untersuchungsmethoden eine

Verringerung des Stoffes erkannt werden kann, was die Nullhypothese aus Kapitel 2.4 falsifiziert. Somit bewirkt die Massendekontamination, nach dem in dieser Untersuchung verwendeten Versuchsaufbau, eine signifikante Reduktion der Fläche, ohne eine Kontaminationsverschleppung zu bewirken.

Bei Betrachtung der „mechanischen Reinigungsarbeit“ kann sowohl bei der Flächenbetrachtung als auch bei der Dichtebetrachtung kein signifikanter Unterschied in der Stoffreduktion der Treatmentgruppe gegenüber der Kontrollgruppe festgestellt werden. Somit hat die „mechanische Reinigungsarbeit“, wie sie durch das vorgegebene Schema (vgl. Anhang A) durchgeführt wurde, keinen Effekt auf die Massendekontamination. Jedoch ist zu erkennen, dass die Treatmentgruppe sehr homogene Interquartilabstände hat. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die Animation der Duschanleitung einen Effekt auf die Reinigung in Korrelation mit dem Faktor „Zeit“ hat und zu einer homogenen Reduzierung des Stoffes bei allen Probanden führt. Eine ausführliche Diskussion der Daten folgt im nächsten Abschnitt.

5.2 Erörterung der Ergebnisse

Bei der Erörterung der Ergebnisse werden die untersuchten Daten zusammengefasst, interpretiert und in Korrelation zu den gestellten Forschungsfragen gebracht. Es erfolgt im ersten Schritt eine Analyse der Gesamtbetrachtung der Massendekontamination, welche Aufschluss über die generelle Wirksamkeit geben soll. Anschließend wird die angeleitete Massendekontamination untersucht und hinsichtlich Auffälligkeiten und Unterschieden betrachtet.

5.2.1 Beurteilung der Massendekontamination

Der folgende Abschnitt untersucht die generelle Wirksamkeit der Massendekontamination und dient der Beantwortung der Forschungsfrage, ob eine Massendekontamination mit der ausschließlicher Verwendung von Wasser ausreichend für eine signifikante Verringerung der Kontamination ist.

Allgemein ist bei der Betrachtung des Effekts der Massendekontamination eine Reduktion der Kontaminationsfläche bei einem Großteil der Probanden festzustellen. Wie aus der berechneten Gesamtfläche zu entnehmen ist, kann bei allen Studienteilnehmern, mit

Ausnahme von drei Versuchsteilnehmern, eine Verringerung der Fläche erkannt werden. Für die Gesamtfläche bedeutet dies, dass es bei 44 Probanden zu einer Verkleinerung der Kontaminationsfläche kam. Es muss jedoch beachtet werden, dass es sich hierbei um eine Aufsummierung der einzelnen Teilflächen handelt. Diese Reduzierung der Gesamtfläche impliziert nicht, dass es in einzelnen Bereichen keine Kontaminationsverschleppung gab. Deshalb müssen die Areale einzeln in die Bewertung mit einfließen, welche in den folgenden Absätzen aufgeschlüsselt sind.

Die Extremitäten liegen mit einem Großteil aller Messwerte unter der aufgetragenen Kontaminationsfläche, was eine Wirksamkeit der Massendekontamination in diesen Arealen bestätigt. Im Bereich der Arme können nur zwei Probanden identifiziert werden, die eine Kontaminationsverschleppung ($F > 100\%$) aufweisen. Diese ist möglicherweise auf eine zeitliche Vernachlässigung des jeweiligen Areals zurückzuführen. Alle Mediane der Extremitäten haben einen Wert von 0,0. Was bedeutet, dass eine vollständige Entfernung des Referenzstoffes bei mindestens 50% der Probanden in diesen Arealen stattgefunden hat. Die signifikante Reduktion der Kontamination in den Extremitäten kann der guten Erreichbarkeit und der geringen Oberfläche geschuldet sein, denn diese Areale sind auch in der Schonhaltung, wie sie die Probanden unter dem kalten Wasser eingenommen haben, gut zu erreichen.

Wird das Ergebnis der Kontaminationsdichte betrachtet, so kann ebenfalls ein Median von 0,0 in den Bereichen der Extremitäten festgestellt werden. Auch hier ist das Ergebnis vermutlich der geringen Oberfläche und der guten Erreichbarkeit zuzuschreiben. Eine kleine Oberfläche, die gereinigt werden muss, spielt für den Zeitfaktor eine Rolle. Kleinere Areale können in der gleichen Zeit gründlicher gereinigt werden, als eine größere Fläche wie der Dimension „Bauch“. Die Extremitäten haben alle ein 75. Perzentil $\leq 1,0$, was einer Dichtereduktion von mindestens 75% entspricht. Der rechte Oberarm ist mit seinem 75. Perzentil (0,5) antagonistisch gegenüber den anderen Arm-bereichen. Diese Feststellung wurde auch schon von Hartart et al. [12] gemacht. Ursache des Problems kann das häufigere Vorkommen von Rechtshändern sein, die in der linken Hand geringere motorische Fähigkeiten besitzen und die Hauptreinigungsarbeit vorwiegend mit der rechten Hand durchführen [30]. Eine Erhebung der präferierten Hand von Probanden wurde jedoch nicht durchgeführt, wodurch keine Überprüfung dieser These möglich ist. Nachfolgenden Untersuchungen wird empfohlen, die Links- oder Rechtshändigkeit eines Probanden festzustellen, um die Hypothese zu falsifizieren.

Anders als die Extremitäten verhalten sich die Dimensionen „Bauch“ und „Rücken“ bei

der Flächenberechnung. Die Mediane der beiden Dimensionen sind größer 50%, was im Vergleich zu den Extremitäten für eine erhöhte Fläche spricht. Größtenteils liegen die ermittelten Flächen dennoch unterhalb der aufgetragenen Fläche, was im Allgemeinen auf eine Reduktion in diesen Bereichen deutet, welche jedoch nicht so stark ausgeprägt ist. Bei Betrachtung der Interquartilabstände kann festgestellt werden, dass die Dimension „Bauch“ eine sehr heterogene Range besitzt. Ursachen hierfür lassen sich nicht aus der Untersuchung ableiten. Ein Grund könnte die eingenommene Körperhaltung sein, wobei männliche Probanden weniger kälteempfindlich als weibliche Probanden sind und deshalb weniger schnell eine Schonhaltung einnehmen, welche für die Reinigungsarbeit hinderlich ist [31]. Auch könnte eine Fokussierung auf andere Bereiche und somit eine zeitliche Vernachlässigung Ursache für das große Streuungsmaß sein. Die Streuung der Daten des „Rückens“ mit einem Interquartilabstand von 67% ist möglicherweise ebenfalls auf die Körperhaltung zurückzuführen. Vermutlich kann durch die Schonhaltung, bei der sich die Probanden nach vorne beugen, eine größere Wassermenge den Rücken erreichen, als bei aufrecht stehenden Personen. So könnten Menschen, die keine Schonhaltung eingenommen haben eine schlechtere Reduktion in diesem Bereich gehabt haben. Ein weiter Grund für die hohe Streuung ist, dass eine Reinigung in diesem Bereich aufgrund der schlechten Erreichbarkeit nur schwer oder kaum realisierbar ist. Dies führt dazu, dass Probanden sich eher auf Bereiche konzentriert haben, die gut zu erreichen sind. Problemgruppen könnten beispielsweise ältere Menschen mit einer eingeschränkten Beweglichkeit oder stark muskulöse Personen sein.

Bei der Untersuchung der Kontaminationsdichte im Bereich des Rückens und des Bauches kann ein ähnliches Muster in den Daten festgestellt werden. In der Dimension „Rücken“ ist der Median bei einem Wert von 1,0. Dies entspricht einem Kontaminationsrückstand von $\leq 25\%$, was eine deutliche Reduktion des Referenzstoffes zeigt. Verglichen mit den Flächendaten wird deutlich, dass im Rückenbereich weniger eine Reduktion der Fläche stattfindet, als eine Reduktion der Kontaminationsdichte. Das selbe Verhalten ist im Bauchbereich zu erkennen. Auch dort ist vorwiegend eine Reduzierung der Kontaminationsdichte festzustellen. Diese Erkenntnis spricht für eine Wirksamkeit der Massendekontamination, denn trotz einer konstanten Fläche, kann durch die Reduktion des Stoffes ein gesundheitlicher Schaden geringer gehalten werden.

Die Datenanalyse zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen mithilfe des Wilcoxon-Test weist sowohl in der Flächenberechnung, als auch in der Dichtebestimmung eine signifikante Reduzierung der Kontamination nach. Es kann somit ein zufällig entstandener Effekt der Verringerung des Stoffes ausgeschlossen werden. Die z-Werte der beiden Tests

zeigen auf, dass die jeweils aufgestellte Nullhypothese abgelehnt werden muss. Dieses Erkenntnis korreliert mit den Beobachtungen der deskriptiven Analyse der Boxplots und unterstützt die aufgestellte Forschungsfrage.

Zusammenfassend kann für die Effektivität der Massendekontamination gesagt werden, dass es in den Arealen der Extremitäten zu einer signifikanten Reduktion sowohl in der Fläche, als auch in der Dichte kommt. Der größte Dekontaminationserfolg kann in den oberen Extremitäten festgestellt werden, was auf die gute Erreichbarkeit des Areals zurückzuführen ist. Folgenden Studien wird bei Betrachtung der Extremitäten empfohlen eine Erhebung über die bevorzugte Hand der Probanden zu implementieren, um eine mögliche Korrelation zwischen der vorwiegend verwendeten rechten Hand und der rechtsseitig schlechter dekontaminierten Seite nachzuweisen. Die schlechter abschneidenden Dimensionen „Bauch“ und „Rücken“ können trotz der höheren Werte einen Dekontaminationserfolg aufzeigen. Dennoch weisen sie auf Probleme in diesem Bereich hin, weshalb weitere Untersuchungen angestellt werden sollten, die sich mit einer effektiven Reinigung des Bauches und des Rückens beschäftigen. Möglicherweise könnte es ausreichen, wenn diesen Arealen eine höhere Gewichtung des Zeitfaktors zur Dekontamination zugeschrieben wird. Wie aus den Grafiken entnommen werden kann, gibt es Ausreißer in dem Datensatz. Es konnte keine Erkenntnis zur Ursache der erhöhten Werte ermittelt werden. Es wird davon ausgegangen, dass es sich um Einflüsse wie die Körperbehaarung oder der falschen zeitlichen Einteilung der Körperareale beim Waschvorgang handelt. Eine mögliche Untersuchung der Ausreißer könnte in folgenden Forschungsvorhaben durch eine Videoaufzeichnung in Verbindung mit GPS-Tracking während der Station „Massendekontamination“ sein. Entgegen der von Boos et al. [11] aufgestellten Hypothese kann ein Kontaminationserfolg allein mit Wasser verzeichnet werden. Zwar kann keine vollständige Reduktion in der Fläche und der Dichte erfolgen, dennoch zeichnen sich signifikante Reduzierungen, speziell in den Bereichen der Extremitäten ab. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Forschungsmodelle einen unterschiedlichen Aufbau besitzen. So trugen die Probanden in der von Boos et al. [11] durchgeführten Erhebung Kleidung, auf welche die Kontamination aufgetragen wurde. Diese trägt dazu bei, dass Stoffe eher haften bleiben als die, die direkt auf die Körperoberfläche aufgetragen werden. Es ist dennoch zu klären, ob ein weiterer ausschlaggebender Faktor die Differenz der Ergebnisse beeinflusst.

Die Forschungsfrage zur generellen Wirksamkeit der Massendekontamination kann bestätigt werden. Die Nullhypothese aus Kapitel 2.4 wird abgelehnt.

5.2.2 Beurteilung der angeleiteten Massendekontamination

Der nächste Abschnitt widmet sich der Analyse der angeleiteten Massendekontamination, welche durch eine Animation der Probanden mithilfe einer eingewiesenen Person, nach einem Ablaufschema durchgeführt wurde. Die erhobenen Daten dienen zur Beantwortung der Forschungsfrage, ob die „mechanische Reinigungsarbeit“, als Faktor für die Wirksamkeit einer Massendekontamination, einen Effekt auf die Reduzierung des Stoffes hat.

Um einen Überblick über die Unterschiede der reduzierten Flächen zu bekommen, wird die Dimension „Gesamtfläche“ zur Beurteilung der Effektivität einer Animation herangezogen. Wie aus der „Gesamtfläche“ hervorgeht, besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Lediglich der Median der Kontrollgruppe ist um 5% niedriger, als der der Treatmentgruppe. Hingegen ist die Treatmentgruppe mit einem Interquartilabstand von 36% um 18% geringer als die Kontrollgruppe. Dadurch wird angedeutet, dass die in diesem Versuchsaufbau verwendete Animation keinen Effekt auf die Reduktion des Stoffes hatte. Um jedoch genauere Schlüsse aus den Daten ziehen zu können, bedarf es einer Analyse der einzelnen Körperpartien.

Bei näherer Betrachtung der Extremitäten wird festgestellt, dass die Mediane der beiden Gruppen nahezu vollständig übereinstimmen. Lediglich das rechte Bein hat einen leicht erhöhten Median. Für den Erfolg einer Animation bedeutet dies, dass sowohl die Kontroll- als auch die Treatmentgruppe keine signifikanten Unterschiede in der Flächenreduktion aufweisen. Es fällt jedoch auf, dass die Homogenität der Restflächen in der Treatmentgruppe besser ist. Zurückzuführen ist dies auf die zeitliche Begrenzung der Reinigung der einzelnen Areale, die durch die Duschanleitung aus Anhang A vorgegeben ist. Somit könnte, entgegen der Untersuchung von Hartart et al. [12], der zeitliche Faktor eine wesentliche Rolle in der Massendekontamination spielen.

Die Kontaminationsdichte spiegelt die Ergebnisse der Kontaminationsfläche in den Bereichen der Extremitäten wider. Die Mediane sind ebenfalls konsistent bei 0, wobei der rechte Unterschenkel in der Treatmentgruppe, wie auch schon das rechte Bein in der Untersuchung der Kontaminationsfläche, eine leichte Erhöhung des Medians von 0,5 aufweist. Es lässt sich aus den Ergebnissen der Studie keine Ursache für diesen asymmetrischen Effekt ableiten. Möglicherweise könnte wie schon bei der Beurteilung der Gesamtkontamination festgestellt, eine Korrelation zwischen den in der Population häufiger vorkommenden Rechtshändern bestehen [30]. Bei der Betrachtung der Interquartilabstände lassen sich

Parallelen zur Kontaminationsfläche ableiten, denn auch dort kommt es in den Armbereichen zu einer höheren Range der Kontrollgruppe, verglichen mit der Treatmentgruppe. Im Beinbereich hingegen sind die Interquartilabstände in beiden Gruppen konsistent bei 1,0. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die Animation durch einen eingewiesenen Helfer auch einen Einfluss auf den Effekt der Massendekontamination in der Dichtereduktion hat, denn die Konsistenz der Daten weist auf einen konstanten Waschvorgang hin. Auch wenn die Interquartilabstände der Beine in der Treatmentgruppe gleich denen der Kontrollgruppe sind, kann die These beibehalten werden, dass die Animation einen Effekt auf das Ergebnis der Reinigung hat.

Bei Untersuchung der „Bauch“ und „Rücken“ Dimension in der Flächendarstellung ergeben sich wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. So haben die Mediane des Bauchbereiches eine Differenz von 74%, wobei die Treatmentgruppe den höheren Wert besitzt. Ein möglicher Grund dafür könnte die zeitliche Begrenzung und die Größe des zu reinigenden Areals sein, welche in der Treatmentgruppe mit 20s vorgegeben wurde. Bei den Interquartilabständen zeigt sich deutlich eine Tendenz, wie sie auch schon in den Extremitäten festgestellt wurde. Die Range der Kontrollgruppe ist sowohl im Rücken, als auch im Bauchbereich heterogen, wobei die der Treatmentgruppe homogen ist. Diese Feststellung ist ein weiterer Indikator dafür, dass der verwendete Zeiteinsatz in der Animation für die verschiedenen Areale zu gering gewählt wurde, woraus die Treatmentgruppe schlechter abschneidet als die Kontrollgruppe.

Ähnliche Verhaltensmuster wie in der Flächendarstellung sind in der Darstellung der Kontaminationsdichte zu erkennen. Auch hier besteht eine Differenz (1,0) der Mediane der Dimension „Bauch“, wobei die Kontrollgruppe kleiner als die Treatmentgruppe ist. Zurückzuführen ist dies möglicherweise ebenfalls auf die zeitliche Begrenzung der Reinigungsabschnitte. Deutlich wird auch hier der konsistent homogene Interquartilabstand der beiden Bereiche „Rücken“ und „Bauch“. Der Rückenbereich liegt mit dem 25. und 75. Perzentil auf dem Wert 1,0, wodurch mindestens 50% aller Merkmalsausprägungen denselben Wert haben. Es liegt nahe, dass diese Homogenität der Daten durch den Faktor „Zeit“ beeinflusst wurden.

Bei der Datenanalyse zur Überprüfung von Unterschiedshypothesen nach dem angewandten Mann-Whitney U-Test ist festzustellen, dass der Effekt, der von der Animation ausgeht, zufällig entstanden ist und diese somit keine Verbesserung oder Verschlechterung der Massendekontamination bewirkt hat. In diesem Fall muss aufgrund des z-Wertes die Nullhypothese angenommen und die Forschungsfrage kritisch hinterfragt werden.

In Summe betrachtet wird festgestellt, dass die in dieser Untersuchung angewandte Methode zur „mechanischen Reinigung“ nach dem dafür erstellten Schema aus Anhang A, einen zufällig entstandenen Effekt auf die Reduktion der Treatmentgruppe hat. Was jedoch deutlich wird, ist die einheitliche Homogenität der Daten in der Treatmentgruppe. Dies impliziert, dass eine vorgegebene Anleitung den Reinigungseffekt um einen Wert zentriert und der Dekontaminationserfolg dadurch gesteuert werden kann. Die Daten weisen auf ein Zusammenspiel des Faktors „Zeit“ mit dem Faktor „mechanische Reinigungsarbeit“ hin. Der von Hartart et al. [12] untersuchte Faktor „Zeit“ könnte somit doch einen Einfluss auf die Dekontamination haben. Denn wie Hartart et al. [12] in ihrem Bericht zur Massen- und Feindekontamination berichten, hat die Gesamtdurchlaufzeit eines Probanden keine signifikante Wirkung auf die Dekontamination. Es wurden jedoch nicht die Reinigungszeiten der einzelnen Körperareale erhoben, welche wie die vorliegende Untersuchung zeigt, eine Wirkung auf die Reduktion eines Stoffes auf der Hautoberfläche in Verbindung mit einer Reinigung durch die Hände hat. Es müssen weitere Untersuchungen folgen, die sich mit dieser Korrelation auseinandersetzen. Denkbar wäre die Erstellung eines Zeitschlüssels für die einzelnen Körperareale anhand ihrer Körperoberfläche, wodurch die Duschanleitung für den vorführenden Charakter angepasst werden könnte.

Die Forschungsfrage zur Wirksamkeit einer angeleiteten Massendekontamination kann nur partiell beantwortet werden. Eine Kontaminationsreduktion nach dem verwendeten Modell (vgl. Anhang A) zeigt keinen signifikanten positiven Effekt. Jedoch kann eine Korrelation der Faktoren „Zeit“ und der „mechanischen Reinigung“ nachgewiesen werden. Dies spricht für eine ungenaue Auslegung der in dieser Arbeit verwendeten Duschanleitung. Die Erörterung der Ergebnisse kommt zu einem klaren Ausdruck. Die Massendekontamination ist ein wirksames Mittel zur Kontaminationsreduktion, wobei die „mechanische Reinigungsarbeit“ und die Zeit eine wesentliche Rolle spielen und eine angepasste Form der Animation einen positiven Effekt auf die Reinigungsarbeit haben könnte. Bezogen auf diese Ergebnisse, stellt sich die Frage nach der Qualität der erhobenen Daten, welche ausschlaggebend für die praktische Implikation ist.

5.3 Kritische Auseinandersetzung mit den verwendeten Methoden

Ein wichtiger Teil der Diskussion ist die Untersuchung der Qualität der erhobenen Daten. Nur so können die Forschungsergebnisse in die Praxis aufgenommen und diskutiert

werden. Die kritische Auseinandersetzung bewertet die angewandten Methoden und die Güte der Studie, gefolgt von einer Fehlerbetrachtung, bezüglich der praktischen Anwendbarkeit.

5.3.1 Methodische Alternativen

Zur Bewertung der verwendeten Methode schließt sich die Diskussion alternativer Forschungsabläufe an. Zu Beginn der Untersuchung wurden Recherchen über mögliche Alternativen durchgeführt. Der verwendete Forschungsaufbau entspricht hierbei der bestmöglichen Durchführung der Datenerhebung für diese Untersuchung.

Eine mögliche Alternative zur Erfassung der Kontamination ist die Verwendung eines Dokumentationsbogens wie er von Hartart et al. [12] eingesetzt wurde. Dazu werden auf einem vorgefertigten Papierbogen die Bereiche der Kontamination mit einem Stift auf einer Darstellung eines menschlichen Körpers markiert, die unter UV-Licht auf einem Probanden zu sehen ist. Nachteil dieser Erfassung ist die Ungenauigkeit der Daten. So können keine objektiven Aussagen zur Fläche oder zur Dichte einer Restkontamination gemacht werden. Vorteile bietet jedoch die Sicherheit durch die Verwendung nichtelektronischer Geräte. Sie ist deshalb robust gegen äußere Einflüsse wie der Sonneneinstrahlung und hat keine große Anforderung an die technische Ausstattung. Diese Methode ist somit unanfällig gegenüber Fehlern. Bei der vorliegenden Studie wurde diese Methode als Redundanz verwendet und in jedem UV-Zelt ausgefüllt. Eine Auswertung dieser Papiere hat aufgrund der qualitativen Daten nicht stattgefunden.

Eine ebenfalls im Voraus diskutierte Methode ist das Auffangen des Wassers während des Reinigungsprozesses mit einer anschließenden Probenahme. Hierzu müsste ein geeigneter Referenzstoff gefunden werden, wodurch über eine chemische Analyse die Stoffkonzentration im Abwasser bestimmt werden kann. Bei dieser Methode handelt es sich um eine sehr genaue Bestimmung der Stoffdichte und der damit einhergehenden Reduktion. Auf eine Verwendung dieser Alternative wurde aufgrund des hohen Zeitaufwandes und der kaum repräsentativen Durchführung verzichtet. Somit ist die Auswertung anhand fotografischer Daten, wie sie verwendet wurde, Ergebnisorientierter als die weiteren bekannten Methoden aufgrund der hochwertigeren Daten und der praktischen Nähe.

5.3.2 Güte der Studie

Unter der Güte einer Studie wird die Objektivität, die Reliabilität und die Validität verstanden. Diese Gütekriterien geben Aufschluss über die Genauigkeit und die Verwendbarkeit der erhobenen Daten. Sie sind somit Qualitätsindikatoren der Ergebnisse. Begutachtet wird die Durchführung der Untersuchung sowie die Auswertung und die Interpretation der Ergebnisse. Folgender Absatz diskutiert die verwendeten Methoden anhand der Gütekriterien [26, S. 10] [32, S. 22 f.].

Bei der Beurteilung der Durchführungsobjektivität wird die Unabhängigkeit der Ergebnisse von den ausführenden Personen bewertet [33, S. 124]. Im Fall der vorliegenden Studie muss somit der Einfluss aller beteiligten Helfer auf die Massendekontamination betrachtet werden. Da am Versuchstag nur zwei Helfer an der Station „Massendekontamination“ positioniert waren, sind dies die beiden Personen, die Einfluss auf die Durchführungsobjektivität und somit die Reduktion des Referenzmittels gehabt haben könnten. Die Objektivität muss in diesem Fall für die Kontroll- und Treatmentgruppe separiert betrachtet werden, denn bei der Kontrollgruppe hatte lediglich ein Helfer direkten Einfluss auf den Reinigungsprozess. Der Einfluss dieses Helfers beschränkte sich auf die Zeitansage zum Verlassen der Massendekontamination. So könnte durch ungenaue Zeitansagen eine Beeinflussung der Ergebnisse stattgefunden haben. Da die Zeit jedoch vorgegeben wurde und der Helfer mit einer Stoppuhr ausgestattet war, ist das Risiko einer Beeinflussung des Ergebnisses durch den Helfer entsprechend gering. Die Durchführungsobjektivität in der Kontrollgruppe kann deshalb als hoch angesehen werden.

Auf die Treatmentgruppe hatte zusätzlich zu dem einen zeitansagenden Helfer, die Person, die für die Ausführung der Duschanimation zuständig war, Einfluss auf die Ergebnisse des Reinigungsprozesses. Die Durchführungsobjektivität wurde durch das Duschablaufschema weitestgehend standardisiert. Der anleitende Helfer bekam nach den vorgegebenen Zeitintervallen einen Wechsel von dem außenstehenden zweiten Helfer angesagt, mit dem Hinweis auf das nächste Körperareal. So war die Reinigungszeit in den einzelnen Arealen und die Reihenfolge der Körperpartien immer dieselbe. Die Durchführungsobjektivität muss in der Treatmentgruppe allerdings etwas reduzierter betrachtet werden, da der Faktor des immer gleich bleibenden Vorzeigens der Reinigung nicht erfasst wurde und im Nachhinein nicht kontrolliert werden konnte. Durch die standardisierte und triviale Duschanleitung, können Fehler in diesem Bereich jedoch weitestgehend ausgeschlossen und dem durchführenden Helfern eine konsistente Durchführung unterstellt werden, wodurch eine ausreichende Objektivität gegeben ist.

Ein weiterer Faktor der Objektivität eines Forschungsmodells ist die Auswertungsobjektivität, welche die Einflüsse eines Raters auf die Operationalisierung der Daten diskutiert [33, S. 124]. Dazu müssen die Flächenberechnung und die Dichtebestimmung separiert betrachtet werden. Die Auswertung der Flächenberechnung erfolgte durch einen einzelnen Rater, was für eine Konsistenz in der Auswertung spricht. Eine Veränderung des Arbeitsablaufes während der Erfassung hat es aufgrund eines möglichen Lernerfolgs nicht gegeben. Durch das Vermessungsprogramm gab es keinen Interpretationsspielraum für die Erfassung der Restkontamination. Die Auswertungsobjektivität ist deshalb für die Flächenberechnung ausreichend gegeben.

Die Dichtebestimmung wurde aufgrund des Interpretationsspielraums der Leuchtstärke von zwei Ratern durchgeführt. Es kann durch den Cohens Kappa Wert (κ) eine substantielle Übereinstimmung der beiden Rater verzeichnet werden, wodurch die Auswertungsobjektivität auch im Falle der Kontaminationsdichtebestimmung ausreichend gegeben ist.

Die Interpretationsobjektivität betrachtet die Objektivität einer Untersuchung anhand der individuellen Deutungen der Ergebnisse durch Personen, die an der Interpretation teilhaben [33, S. 124]. Es erfolgte eine Auswertung alleinig durch den Autor, was die Interpretationsobjektivität verringert. Es wurden jedoch die wesentlichen Verhalten und Muster mit den Betreuern dieser Studie diskutiert, um die Erkenntnisse aus den Daten abzugleichen. Da diese weitestgehend übereinstimmen kann die Interpretationsobjektivität als ausreichend betrachtet werden.

Die Objektivität als Gütekriterium für die Beurteilung der personellen Einflüsse auf die Ergebnisse ist ausreichend für eine qualitative Auswertung gegeben. Diese Beurteilung zieht allerdings keine Schlüsse über die Zuverlässigkeit des verwendeten Forschungsaufbaus. Deshalb muss diese anhand der Reliabilität (Reproduzierbarkeit) geprüft werden. Reliabel ist eine Messung dann, wenn die angewandte Methode zur Erhebung der Daten auch dieselben Daten bei einer erneuten Messung misst. [26, S. 10].

Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit von Daten muss eine Betrachtung zweier Abschnitte stattfinden. Zum einen muss die Flächenvermessung betrachtet werden, zum anderen die Dichtebestimmung. Die Flächenvermessung hat eine geringe Reliabilität. Dies ist auf das Messprogramm zurückzuführen. Bei der Wahl des Maßstabs können Abweichungen in den einzelnen Bilddaten entstehen, weshalb auch die Flächendaten der Probanden nur verhältnismäßig in Prozent verglichen werden konnten. Diese Ungenauigkeit ist auf die Abstände des Probanden zur Kamera zurückzuführen.

Denn durch die unterschiedlichen Körperproportionen und die beweglichen Extremitäten verändert sich die Distanz zur Aufnahmequelle, was eine Verzerrung der tatsächlichen Fläche auf dem 2D Foto bewirkt. Eine Überprüfung der Daten durch einen zweiten Rater konnte aufgrund der zeitaufwendigen Vermessung nicht durchgeführt werden. Bei den Ergebnissen der Dichtebestimmung konnten jedoch Korrelationen zu den Flächendaten erkannt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Daten, auch wenn sie nicht reliabel sind, eine Tendenz der Flächenveränderung geben können. Zurückzuführen ist dies auf die teilweise vollständige Entfernung des Referenzstoffes, was auch ohne Messprogramm eine Reduzierung impliziert. Aufgrund der geringen Reliabilität muss deshalb vorsichtig mit den Flächendaten umgegangen werden. Diese zeigen lediglich eine ungenaue Tendenz der tatsächlichen Fläche in Prozent zur aufgetragenen Fläche.

Bei der Kontaminationsdichte wurde zur Überprüfung der Daten die Interrater-Reliabilität zwischen den beiden Raten berechnet, welche Aussagen über die Objektivität und die Zuverlässigkeit der ermittelten Daten zulässt. So wurde eine substanzielle Übereinstimmung festgestellt, was einer hohen Reliabilität entspricht. Dieser Datensatz kann somit als zuverlässig anerkannt werden.

Zusammengefasst kann für die Reproduzierbarkeit erkannt werden, dass die Daten der Flächenberechnung nur Tendenzen darstellen, welche mit Vorsicht zu behandeln sind. Die Erfassung der Restkontaminationsdichte besitzt jedoch eine sehr hohe Reliabilität. Dennoch stellt sich die Frage, ob mit den angewandten Messmethoden auch das tatsächliche Ergebnis gemessen wurde. Dazu muss die Validität der Untersuchung betrachtet werden [33, S. 125 f.].

Bei der Beurteilung der Validität wird registriert, dass eine stärkere Ausprägung der internalen Validität bei diesem Experiment gegeben ist. Einschränkungen wurden durch die kleine Probandenzahl in den Gruppen vorgenommen, welche in der Realität größer gewählt werden würde. Nicht mit einbezogen wurden alle äußeren Einflüsse wie Schmerzen, Stress, Angst, ethische Probleme und mögliche psychologische Traumata. Eine hohe interne Validität kann beobachtet werden, da die Reduzierung des Referenzstoffes direkt auf die Massendekontamination zurückgeführt werden kann und somit keine anderen Einflüsse Auswirkung auf die Reduktion des Stoffes hatten. Auch konnte eine Verwechslung des Referenzstoffes mit anderen Oberflächen aufgrund der markant grünen Farbe des Referenzstoffes unter UV-Licht ausgeschlossen werden. Der einzige Faktor, der betrachtet werden muss, ist die niedrige Reliabilität der Flächenberechnung, welcher sich auf die Validität auswirkt.

Die Güte der Studie ist grundsätzlich gegeben. Lediglich die Flächenberechnung zeigt hinsichtlich ihrer Reliabilität Probleme auf. Da jedoch die Daten der Dichteberechnung die gleichen Ausprägungen und die daraus abgeleiteten Ergebnisse aufzeigen, weist die Untersuchung eine ausreichende Güte bei der Beantwortung der Forschungsfragen auf. Um die Ursache der Fehler aufzuschlüsseln sind im folgenden Abschnitt die Probleme der Studie aufgezeigt.

5.3.3 Fehlerbetrachtung

Im folgenden Absatz werden Fehler diskutiert, welche während und nach des Versuchs auftraten.

Probleme wurden bei der einheitlichen Beleuchtung in den Zelten festgestellt. Durch die starke Lichteinstrahlung der Sonne, auf das außenstehende „UV-Zelt 2“ ist eine unterschiedliche Beleuchtung in der Helligkeit der Bilder zu erkennen. Die Sichtbarkeit der Restkontamination wurde dadurch jedoch nicht beeinträchtigt, da die UV-Lichtstärke ausreichend war, um die fluoreszierende Substanz sichtbar abbilden zu können. Nachfolgenden Arbeiten wird empfohlen, die Dunkelzelte in einem vor direkten Sonnenstrahlen abgeschirmten Raum aufzubauen, wie es in dieser Untersuchung bei „UV-Zelt 1“ der Fall war. Eine völlige Abdunklung des umliegenden Raumes ist nicht nötig, da nur die direkte Sonneneinwirkung Probleme bereitete.

Ein weiteres Problem, das schon während des Aufbaus auftrat, war die Befestigung der Maßstabsreferenzen in den Zelten. Angedacht war, Klebestreifen auf der gespannten Zelt-
haut in einem Abstand von 20 cm anzubringen. Diese konnten jedoch aufgrund ihrer geringen fluoreszierenden Eigenschaft und ihrer Krümmung auf der Zelthaut nicht zur Bestimmung des Maßstabes verwendet werden. In dieser Untersuchung wurden deshalb zwei DIN-A4-Blätter als Maßstabsreferenz angebracht, was sich jedoch nicht als praktikabel erwiesen hat. Dies ist zum einen auf die leichte Krümmung der Zelthaut zurückzuführen, weshalb eine Referenzmessung am zweiten Blatt erfolgen musste. Zum anderen wurde der tatsächliche Maßstab aufgrund des Abstandes zum Körper des Probanden verzerrt. Dieser Effekt entsteht, wenn die Vermessung auf einem 2D Bild stattfindet, wodurch die Fläche des Blatt-Papiers kleiner dargestellt wird, als die gleiche Fläche auf dem Körper der Teilnehmer. Dieser Effekt kann auch bei Personen mit rundlicheren Körpermaßen festgestellt werden. Auch dort verzerrt sich die Fläche aufgrund der nicht messbaren Tie-

fe des Bildes. Deshalb konnten die Flächenwerte nur als Verhältnis angegeben werden, da die berechnete Fläche nicht der tatsächlichen entspricht.

Ebenfalls muss die Kontamination des Kopfes betrachtet werden. An der Station „Painting“ erfolgte bei keinem Probanden eine Bemalung des Kopfes, wodurch diese Körperpartie nicht in den Auswertungen berücksichtigt wurde. Dies ist dem Schutz der Probanden zuzusprechen, da ein Kontakt der Augen mit dem Referenzmittel, trotz der Unbedenklichkeit des Stoffes, vermieden werden sollte. Bei der Auswertung der Daten wurde der Kopf mit in die Operationalisierung einbezogen. Es konnte in diesem Bereich jedoch keine Kontaminationsverschleppung erfasst werden. Zu diskutieren ist jedoch, ob die Massendekontamination auch einen Effekt auf die Reinigung des Kopfes hat. Diese Fragestellung kann durch diese Forschungsarbeit nicht betrachtet werden.

Diskutiert werden muss auch die Visualität des Referenzstoffes auf der Haut. Durch die Viskosität und die Sichtbarkeit des Referenzstoffes, könnten Probanden die Kontamination spüren und sehen. Es könnte eine Fokussierung auf diese Bereiche gegeben haben, wodurch ein besserer Reinigungseffekt zu erwarten wäre. Der Referenzstoff ist allerdings nur bei einer starken Dichte noch zu fühlen und zu erkennen. Auch durch das kalte Wasser kann angenommen werden, dass die Aufmerksamkeit nicht den kontaminierten Flächen galt, weil diese aufgrund der Wassertemperatur nicht spürbar und durch das viele Wasser aus der Massendekontamination auch nicht sichtbar waren. Diese Annahme stützt sich auf die Erkenntnisse der Vorversuche, Beobachtungen aus der Übung und der Heterogenität der Daten in der Kontrollgruppe, welche keine Einschränkungen in der Waschdurchführung hatten und somit durch die Lokalisierung der Kontamination ein signifikant besseres Outcome haben müsste.

Zur Fehlerbetrachtung muss auch die Wahl des Referenzstoffes hinzugezogen werden. Diese Untersuchung verwendete ein hochviskoses Präparat, welches sich aufgrund seiner Viskosität in der von Hartart et al. [12] durchgeführten Erhebung und in Vorversuchen als geeignetes Mittel herausstellte. Da Gefahrstoffe jedoch in den drei verschiedenen Aggregatzuständen fest, flüssig und gasförmig vorkommen, repräsentiert der vorliegende Referenzstoff nur die Kategorie „flüssig“. Diese Kategorie wurde ausgewählt, da Gefahrstoffe in flüssiger Form den größten Gefährdungsfaktor aufgrund ihrer guten Haftung auf Oberflächen haben. Gasförmige Stoffe stellen mehr eine Gefahr für das respiratorische System dar, denn sie sind meist bei Verlassen des Gefahrenbereichs nicht mehr persistent und haben deshalb in den meisten Fällen keine andauernde Wirkung auf die Hautoberfläche. Bei festen Stoffen ist eine Massendekontamination nur bei pulver- oder

staubförmigen Gefahrstoffen denkbar, denn nur in dieser Form haben sie die nötige Persistenz auf der Hautoberfläche. Bezogen auf den Aggregatzustand ist die Auswahl des hochviskosen Referenzstoffes geeignet. Ein Diskussionspunkt ergibt sich jedoch auf Basis der Löslichkeit. Der verwendete Stoff ist hydrophil und somit wasserlöslich, was sich auch in den Ergebnissen der Studie widerspiegelt. In weiteren Untersuchungen sollte deshalb ein zweiter Referenzstoff mit einer differenzierten Farbe und einem lipophilen Verhalten verwendet werden, um einen Effekt der Massendekontamination auf diese Stoffgruppen zu implizieren. [4, S. 36 f.]

Nach der Diskussion der Ergebnisse, der Güte der Studie und der Fehlerbetrachtung, stellt sich nun die Frage, ob sich eine Implikation der Massendekontamination im Alltag der Gefahrenabwehr nach den untersuchten Methoden als sinnvoll erweist.

5.4 Praktische Implikation

Die vfdB-Richtlinie 10/04: 2014–10 (03) beschreibt unter Kapitel 8.3.4 „Dekontamination bei einem Massenansturm kontaminierter Verletzter“ den Einsatz der Massendekontamination als Notfallmaßnahme. Demnach ist die Massendekontamination vorwiegend nur für aggressive und hautresorptive chemische Gefahrstoffe einzusetzen. Diese Eigenschaften treffen beispielsweise auf chemical Warfare Agents zu. [10, S. 22]. Die Massendekontamination bietet eine Möglichkeit der schnellen und wie aus der Untersuchung hervorgeht signifikanten Dekontamination hydrophiler Gefahrstoffe bei einer Vielzahl verletzter Personen. Sie ermöglicht es den ersteintreffenden Einsatzkräften eine schnelle Teilreduktion der kontaminierten Hautoberfläche durchzuführen und einen Puffer für Spezialgeräte und Personal zu schaffen. Auch könnte durch diese Maßnahme eine Kontaminationsverschleppung in öffentliche Bereiche, wie sie 1995 in Tokyo [7] stattfand, durch die Zentrierung der Verletzten verhindert werden. Der in dieser Studie beschriebene Aufbau der Massendekontamination hat sich als praktikabel erwiesen.

Nach dem beschriebenen Aufbau ist es möglich eine Gruppe von ca. 10 Personen zur selben Zeit zu dekontaminieren. Dies impliziert bei Einhaltung der 120 s Duschzeit, eine Masse von 300 Personen pro Stunde. Von einem konstanten Durchlaufen der Massendekontamination, wie von Hartart et al. [12] und Boos et al. [11] beschrieben wird, ist abzuraten. Dies ist begründet durch die schwer einzuhaltende Dekontaminationszeit und der kaum möglichen Eigenreinigung in den unteren Extremitäten.

Die Anwendung ist trotz der positiven Ergebnisse nur als Notfallmaßnahme geeignet und sollte der allgemeinen Lage angepasst werden. Durch die Kälte des Wassers war eine längere Aufenthaltsdauer als 120s trotz des warmen Wetters kaum möglich und sollte deshalb auch nicht verlängert werden. Die Probanden empfanden das Wasser vorwiegend im Kopfbereich als gerade noch erträglich. Bei kalten Außentemperaturen sollte eine genaue Abwägung des Nutzens und des Schadens erfolgen, denn eine Reduzierung der Körperkerntemperatur kann wie Hartart et al. [12] herausgefunden haben um $0,9^{\circ}\text{C}$ erwartet werden. Eine Bereitstellung einer warmen Umgebung und einer rettungsdienstlichen Versorgung sollte im Anschluss an die Massendekontamination in kalter Umgebung nach Möglichkeit eingerichtet werden.

Die aus der Untersuchung hervorgehenden Problembereiche des Bauches und des Rückens, welche mit einer schlechteren Stoffreduktion einhergehen, müssen bei der praktischen Implikation beachtet werden. Denn es muss, trotz der meist durch Kleidung bedeckten Körperareale, von einer Kontamination durch das Durchnässen der Kleidung in diesen Bereichen ausgegangen werden. Denkbar wäre eine Implikation einer mündlichen Aufforderung zum Waschen dieser Problembereiche.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist die Massendekontamination eine wirksame Notfallmaßnahme zur Schadenregulierung auf kontaminierten Hautoberflächen. Die Massendekontamination sollte vorerst ohne die in dieser Studie beschriebenen Duschanleitung angewandt werden. Weitere Untersuchungen müssen ein Animationsschema erarbeiten, das sich signifikant auf die Effektivität der Massendekontamination auswirkt. Erst dann kann eine Implementierung einer Animation während einer Massendekontamination als sinnvoll betrachtet werden.

5.5 Fazit

Die große Menge an Gefahrgütern, wie sie in Deutschland präsent ist, gibt Anlass die bestehenden Konzepte der Gefahrenabwehr zu überprüfen und auf immer neu hinzukommende Gefahren anzupassen. Bislang gibt es wenige zuverlässige und valide Untersuchungen für die Dekontamination einer Vielzahl betroffener Personen, die das Outcome der Kontaminierten bewerten.

Durch die Verwendung der Massendekontamination, wie sie von der Feuerwehr Hamburg durchgeführt wird, konnten anhand eines Forschungsaufbaus mehrere wichtige Faktoren der Massendekontamination bestimmt werden. Ziel dieser Forschungsarbeit war es, die Wirksamkeit der Massendekontamination anhand eines Feldversuches zu belegen. Die Untersuchung konzentrierte sich auf die Beantwortung zweier Forschungsfragen. Zum einen sollte untersucht werden, ob eine Massendekontamination, welche nur mit Wasser durchgeführt wird, einen signifikanten Effekt auf die Reduzierung eines Stoffes auf der Hautoberfläche hat. Des Weiteren sollte überprüft werden, ob eine positive Auswirkung durch das angeleitete "mechanische Reinigungsverfahren" mittels eines Helfers erreicht werden kann. Anhand eines für Gefahrstoffe entwickelten Referenzstoffes, welcher unter UV-Licht sichtbar gemacht werden kann, erfolgte eine Flächenbestimmung durch ein Computerprogramm und eine Dichtebestimmung mithilfe zweier Rater. Hierzu duschten Probanden (n=47) für 120 s in der aufgebauten Massendekontamination.

Die Ergebnisse kommen zu einem eindeutigen Ergebnis. Die Massendekontamination, so wie sie in dieser Arbeit beschrieben wurde, weist einen positiven Effekt auf die Restkontamination auf. Es kann sowohl bei der Betrachtung der Kontaminationsdichte als auch bei der Kontaminationsfläche eine signifikante Reduzierung nachgewiesen werden. Probleme wurden am Körperstamm erkannt, was auf die große Oberfläche und die schlechte Erreichbarkeit zurückzuführen ist. Die zweite Forschungsfrage kann nur teilweise beantwortet werden. So wird in der Treatmentgruppe keine signifikant größere Reduktion der Kontamination gegenüber der Kontrollgruppe erkannt. Somit ist die nach dem vorgelegten Schema durchgeführte Massendekontamination nicht effektiv. Jedoch kann anhand der homogenen Interquartilabstände der Treatmentgruppe festgestellt werden, dass die Animation eine Wirkung auf die Zentralisierung der Daten hat, was eine Korrelation der Faktoren „Zeit“ und „mechanische Reinigungsarbeit“ impliziert. Die Erkenntnisse aus den Daten erfolgte vorwiegend über die Dichtebestimmung, da bei dieser eine zufriedenstellend Reliabilität nachgewiesen werden konnte.

Die Massendekontamination ist eine wirksame Maßnahme, zur Kontaminationsreduktion hydrophiler Gefahrstoffe, um die Zeit zum Tätigwerden von Spezialkräften zu überbrücken. Es müssen weitere Untersuchungen angestellt werden, um das Verhalten der Massendekontamination mit Gefahrstoffen lipophiler Eigenschaften zu überprüfen. Eine Einbindung der Animation wie sie in diesem Forschungsaufbau beschrieben wurde, ist aufgrund der Ergebnisse nicht zu empfehlen. Vielmehr sollte eine genauere Untersuchung der Korrelation der Faktoren „Zeit“ und „mechanische Reinigungsarbeit“ durchgeführt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse kann eine angepasste und wirksame Duschanleitung erarbeitet werden.

Literaturverzeichnis

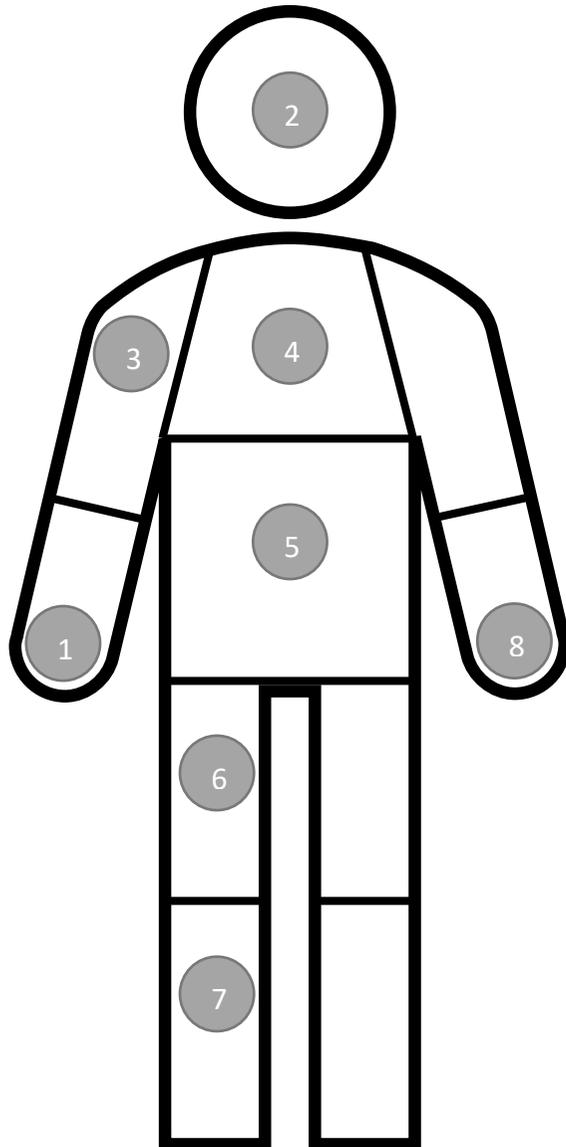
- [1] Statistisches Bundesamt. Gefahrguttransporte ergebnisse der gefahrgutschätzung. *Fachserie 8*, 1.4, 2019.
- [2] A Hütter. Gefahrguttransporte 2010. ergebnisse der gefahrgutschaetzung. *WIRTSCHAFT UND STATISTIK*, (10):856–863, 2012.
- [3] Ernst Pfenninger und Daniela Hauber. Medizinische versorgung beim massenanfall verletzter bei chemikalienfreisetzung. Technical report, Bundesverwaltungsamt, Zentralstelle für Zivilschutz, 2001.
- [4] Bernd Domres, Andreas Manger, Stefan Brockmann, und Rainer Wenke. Aufbau und ablauf der dekontamination und notfallversorgung verletzter bei zwischenfällen mit chemischen gefahrstoffen. Technical report, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2005.
- [5] Nicolas Dechy, Thomas Bourdeaux, Nadine Ayrault, Marie-Astrid Kordek, und Jean-Christophe Le Coze. First lessons of the toulouse ammonium nitrate disaster, 21st september 2001, azf plant, france. *Journal of hazardous materials*, 111(1-3):131–138, 2004.
- [6] Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung. Feuerwehr-dienstvorschrift fwdv 500 „einheiten im abc – einatz“, fwdv 500. In :. 2012.
- [7] Tetsu Okumura, Nobukatsu Takasu, Shinichi Ishimatsu, Shou Miyanoki, Akihiro Mitsuhashi, Keisuke Kumada, Kazutoyo Tanaka, und Shigeaki Hinohara. Report on 640 victims of the tokyo subway sarin attack. *Annals of emergency medicine*, 28(2): 129–135, 1996.
- [8] William A Lake, Paul D Fedele, und Stephen M Marshall. Guidelines for mass casualty decontamination during a terrorist chemical agent incident. Technical

- report, EDGEWOOD CHEMICAL BIOLOGICAL CENTER ABERDEEN PROVING GROUND MD, 2001.
- [9] Robert P Chilcott, Joanne Larner, Adam Durrant, Philip Hughes, Devanya Mahalingam, Samantha Rivers, Elliot Thomas, Nevine Amer, Mark Barrett, und Hazem Matar. Evaluation of us federal guidelines for mass decontamination of casualties during the initial operational response to a chemical incident. *Annals of emergency medicine*, 73(6):671–684, 2019.
- [10] Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. *Dekontamination bei Einsätzen mit ABC-Gefahren 10-04*, volume 3. VdS Schadenverhütung Verlag, 2014.
- [11] Joachim Boos, Alexander Grabowski, und Andreas Kühlar. Massendekontamination: wirksam oder nur zur beruhigung? *BRANDSchutz*, 01:46–48, August 2008.
- [12] Florian Hartart, Marc Schütte, und Matthias Freudenberg. Wirkung der massen- und feindekontamination. *BRANDSchutz*, 03:199–103, März 2018.
- [13] Patrick Sudhoff. Experimentelle untersuchung und optimierung der dekontamination von verletzten bei einer c (b) rn-gefahrenlage durch organisationen der nichtpolizeilichen gefahrenabwehr. B.S. thesis, Hochschule Magdeburg-Stendal, 2016.
- [14] Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemische Industrie. *Gefahrgutbeförderung in Pkw und in Kleintransportern*, volume 04. Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemische Industrie, 2014.
- [15] United Nations. Economic Commission for Europe. Secretariat. *Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)*., volume 07. United Nations Publications, 2017.
- [16] Kai Hirschmann. Terrorismus in neuen dimensionen. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 51:7–15, 2001.
- [17] Jan Peter Germann. *Terrorismus als hybride Bedrohung des 21. Jahrhunderts: Akteure, Mittel und die Notwendigkeit einer modernen Sicherheitsarchitektur in Deutschland*. Springer, 2019.
- [18] University of Maryland. Global terrorism database, Juli 2018. URL <https://www.start.umd.edu/gtd/>.
- [19] Hans-Joachim Uth. *Krisenmanagement bei Störfällen: Vorsorge und Abwehr der Gefahren durch chemische Stoffe*. Springer-Verlag, 2013.

- [20] Richard P Moody und Howard I Maibach. Skin decontamination: Importance of the wash-in effect. *Food and chemical toxicology*, 44(11):1783–1788, 2006.
- [21] Anthony B Wolbarst, Albert L Wiley Jr, Jeffrey B Nemhauser, Doran M Christensen, und William R Hendee. Medical response to a major radiologic emergency: a primer for medical and public health practitioners. *Radiology*, 254(3):660–677, 2010.
- [22] MS Schehadat, DA Groneberg, J Bauer, und MHK Bendels. Hilfsfristen des rettungsdienstes in den deutschen bundesländern. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 67(5):255–260, 2017.
- [23] Bernd Domres. Dekontamination und behandlung verletzter bei chemischen gefahrenlagen. *Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall*, 5:336, 2010.
- [24] Richard Amlôt, Joanne Larnier, Hazem Matar, David R Jones, Holly Carter, Elizabeth A Turner, Shirley Price, und Rob Chilcott. Comparative analysis of showering protocols for mass-casualty decontamination. *Prehospital and disaster medicine*, 25: 435–439, 10 2010. doi: 10.1017/S1049023X00008529.
- [25] Arbeitskreis Personendekontamination. Einsatzkonzepte zur dekontamination von personen bei unterschiedlichen gefahrenlagen durch atomare, biologische und chemische stoffe, unter berücksichtigung unterschiedlicher szenariogrößen in abhängigkeit der vorhandenen ressourcen. Internes Einsatzkonzept der Berufsfeuerwehr Hamburg.
- [26] Jürgen Bortz. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Number 6. Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2005.
- [27] Hans-Dieter Hippmann. *Statistik: praxisbezogenes Lehrbuch mit Beispielen*. Number 4. Schäffer-Poeschel, 2007.
- [28] J Richard Landis und Gary G Koch. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, pages 363–374, 1977.
- [29] Marcus Hammann, Janina Jördens, und Horst Schecker. Übereinstimmung zwischen beurteilern: Cohens kappa (κ). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, 2014.
- [30] Michael Oehl, Julia Stein, und Christine Sutter. Linkshändigkeit als privileg oder nachteil bei notebookeingabegeräten? In *Mensch & Computer*, pages 339–342, 2015.

- [31] WD McArdle, JR Magel, TJ Gergley, RJ Spina, und MM Toner. Thermal adjustment to cold-water exposure in resting men and women. *Journal of Applied Physiology*, 56(6):1565–1571, 1984.
- [32] Hans-Joachim Mittag. *Statistik: eine Einführung mit interaktiven Elementen*. Springer-Verlag, 2017.
- [33] Anja-Christina Hinrichs. Empirische ergebnisse teil i: Prüfung des erhebungsinstruments. In *Erfolgsfaktoren beruflicher Weiterbildung*, pages 123–163. Springer, 2016.

A Duschaufanleitung



Duschenleitung

1. Hände	5 sec.
2. Kopf	15 sec.
3. Schulden/Oberarme	20 sec.
4. Brust	20 sec.
5. Bauch	20 sec.
6. Oberschenkel	15 sec.
7. Unterschenkel/Füße	10 sec.
8. Hände	15 sec.

Σ Summe 120 sec.

B Gefährdungsbeurteilung für Probanden und Helfer

Gefährdungsbeurteilung Probanden

Gefährdungsgruppe	Lf. Nr.	Ermittelte Gefährdungen und Belastungen	Bisher getroffene Maßnahmen	Verbleibendes Risiko				Handlungsbedarf		Notwendiges Schutzziel	Zusätzlich notwendige Maßnahmen
				klein	mittel	groß	sehr groß	Nein	Ja		
Immer ausfüllen									bei Handlungsbedarf		
1. Mechanische Gefährdungen											
Bewegte Transportmittel	1.1	quetschen und schneiden an Patiententransportmitteln	keine		x				x	Schutz vor Quetschungen und Schnittwunden	Langsames Transportieren und vorsichtiger Umgang
Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken	1.2	Gefahr durch herumliegende Teile	keine	x					x	Keine Losen Teile auf Transport und Logistikwegen	Entfernen aller im Weg befindlichen Objekte Markierung aller nicht zu entfernenden Objekte
	1.3	Gefahr durch rutschigen Untergrund	keine		x				x	Ausrutschen verhindern	Sicherheitsunterweisung
	1.4	Gefahr durch schlechte Lichtverhältnisse	Keine		x				x	Optimale Sichtverhältnisse herstellen	Abgedunkelte Bereiche ausleuchten
2. Gefahrstoffe											
Aerosole	2.1	Rauch, Abgase, Staub	Keine		x				x	Exposition mit Aerosolen verhindern	Kein Aufenthalt in der Nähe von laufenden Motoren und Fahrzeugen Augenspülflaschen bereithalten/Notaufnahme

Flüssigkeiten	2.2	Toxim	Keine		x				x	Verhindern der Inkorporation des Stoffes	Einweisung auf den Stoff mit Vorlage des Stoffdatenblattes Expliziter Hinweis auf die Vermeidung von Augenkontakt
3. Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen											
Nichtionisierende Strahlung	3.1	Verwendung von UV Licht	Keine		x				x	Verhinderung von direktem Kontakt mit den Augen	Tragen einer geeigneten Schutzbrille gegen die UV-Strahlung
4. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen											
Klima	4.1	Hitze	kalte Getränke Medizinisches Personal vor Ort		x				x	Verhinderung von direkter Hitzeeinwirkung	Ausreichend Schattenplatz zur Verfügung stellen Kalte Getränke vorhalten
	4.2	Kälte durch den Duschvorgang	Warme Getränke Warme Klamotten Warme Duschen stehen zur Verfügung	x					x		
5. Physische Belastung											
Statische Haltung	5.1	Zwangshaltung für wenige Sekunden zur Bildaufnahme	Keine	x					x		
Kombination aus statischer und dynamischer Arbeit	5.2	Vorgeschriebene Bewegungshaltung beim Duschvorgang	Keine	x					x		

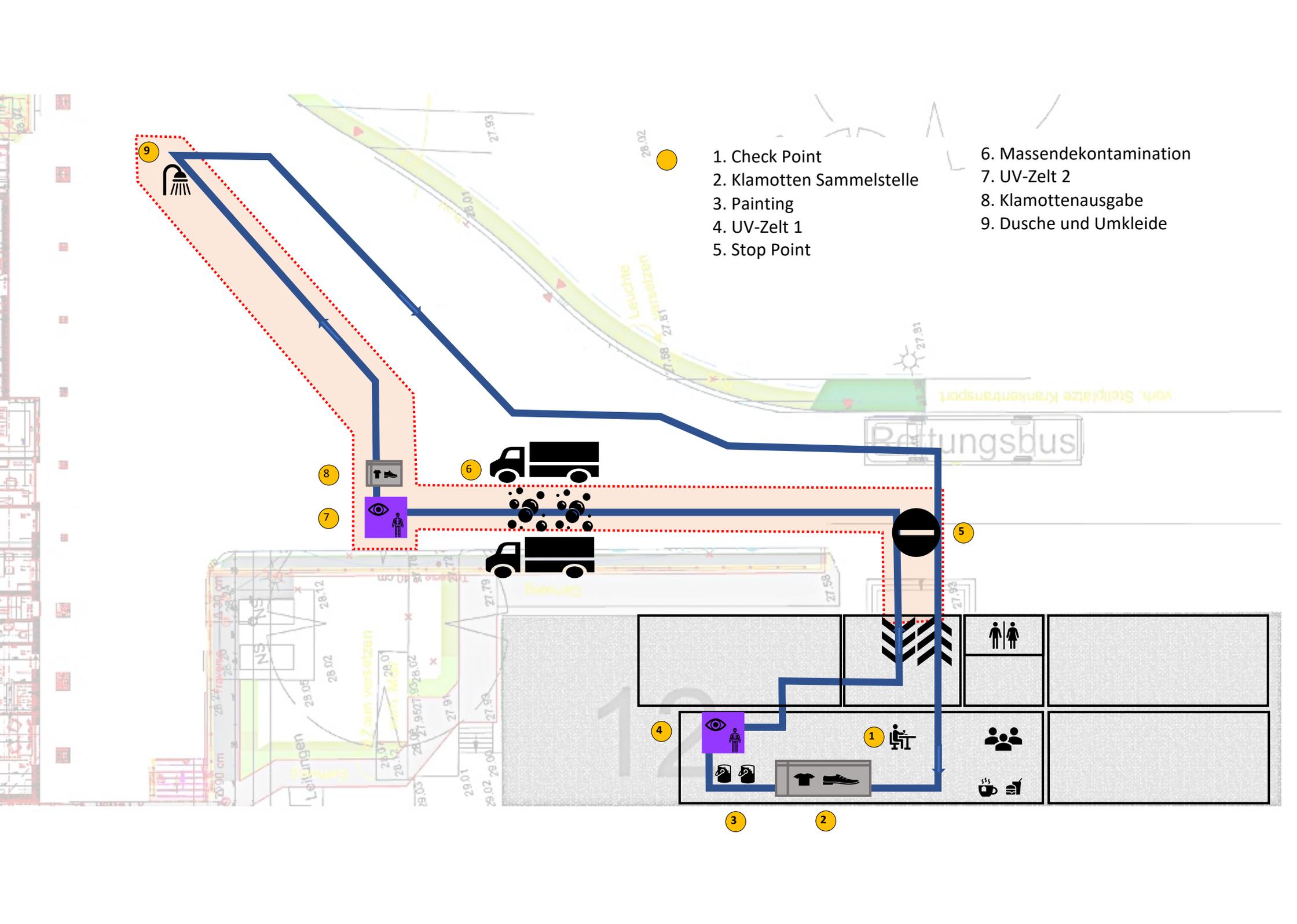
Gefährdungsbeurteilung für Versuchshelfer der HAW Hamburg

Gefährdungsgruppe	Lf. Nr.	Ermittelte Gefährdungen und Belastungen	Bisher getroffene Maßnahmen	Verbleibendes Risiko				Handlungsbedarf		Notwendiges Schutzziel	Zusätzlich notwendige Maßnahmen
				klein	mittel	groß	sehr groß	Nein	Ja		
Immer ausfüllen									bei Handlungsbedarf		
1. Mechanische Gefährdungen											
Teile mit gefährlichen Oberflächen	1.1	Spitze, scharfe Ecken	keine		x				x	Schutz vor Schnitten	Handschuhe
Bewegte Transportmittel	1.2	quetschen und schneiden an Patiententransportmitteln	keine		x				x	Schutz vor Quetschungen und Schnittwunden	Handschuhe
	1.3	Überfahren durch Patiententransportmitteln	Sicherheitsschuhe	x				x			
Sturz, Ausrutschen, Stolpern, Umknicken	1.4	Gefahr durch herumliegende Teile		x					x	Keine Losen Teile auf Transport und Logistikwegen	Entfernen aller im weg befindlichen Objekte Markierung aller nicht zu entfernenden Objekte
	1.5	Gefahr durch rutschigen Untergrund	Angepasstes Schuhwerk	x				x			
	1.8	Gefahr durch schlechte Lichtverhältnisse	Keine		x				x	Optimale Sichtverhältnisse herstellen	Abgedunkelte Bereiche ausleuchten
2. Elektrische Gefährdungen											
Lichtbögen	2.1	Kurzschlüsse	Ausschließliche Verwendung von geprüften Elektrogeräten	x				x			

3. Gefahrstoffe											
Aerosole	3.1	Rauch, Abgase, Staub	Keine		x				x	Exposition mit Aerosolen verhindern	Kein Aufenthalt in der Nähe von laufenden Motoren und Fahrzeugen
Flüssigkeiten	3.2	Toxim	Keine	x					x	Verhindern der Inkorporation des Stoffes	Einweisung auf den Stoff mit Vorlage des Stoffdatenblattes. Tragen von Einweghandschuhen.
	3.3	Diesel	Keine	x						Verhinderung der Inkorporation des Stoffes	Verwendung von Schutzbrillen. Waschmöglichkeit zur Verfügung stellen
4. Brand- und Explosionsgefährdungen											
Brennende Flüssigkeiten	4.1	Auslaufende Kraftstoffe	Wartung von befüll Anlagen, Wartung aller benutzter Geräte		x				x		
Explosionsfähige Atmosphäre	4.2	Auslaufende Kraftstoffe	Wartung aller benutzten Geräte		x				x	Austreten von Kraftstoffen verhindern.	Schließen aller Kraftstoffführenden Anlagen
5. Thermische Gefährdung											
Heiße Medien/Oberflächen	5.1	Verbrennung an heißen Oberflächen wie z.B. Aggregate, Heizungen und Wasserkochern	Einweisung auf die benutzten Geräte		x				x	Kontakt mit heißen Oberflächen verhindern	Tragen geeigneter Schutzkleidung Sicherheitsabstand
6. Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen											
Nichtionisierende Strahlung	6.1	Verwendung von UV Licht	Keine		x				x	Verhinderung von direktem Kontakt mit den Augen	Tragen einer geeigneten Schutzbrille gegen die UV-Strahlung

7. Gefährdungen durch Arbeitsumgebungsbedingungen											
Klima	7.1	Hitze	Getränke Medizinisches Personal vor Ort		X				X	Verhinderung von direkter Hitzeeinwirkung	Ausreichend Schattenplatz zur Verfügung stellen Kalte Getränke vorhalten Richtige Kleidung auswählen Helferwechsel
	7.2	Kälte	Getränke Medizinisches Personal vor Ort	X				x			Wärmedecken
8. Physische Belastungen											
Schwere dynamische Arbeit	8.1	Dynamische Ganzkörperarbeit	Einweisung in die UVV		X				X	Heben von schweren Lasten vermeiden	Richtiges Anheben von Lasten aus den Beinen Sicherheitsunterweisung
Einseitige dynamische Arbeit	8.2	Hohe Wiederholffrequenz bei der Animation	Ausreichend Sport	X				x			

C Laufplanangabe für teilnehmende Probanden



- 1. Check Point
- 2. Klamotten Sammelstelle
- 3. Painting
- 4. UV-Zelt 1
- 5. Stop Point
- 6. Massendekontamination
- 7. UV-Zelt 2
- 8. Klamottenausgabe
- 9. Dusche und Umkleide

Rettungsbus

von Stieplätze Krankentransport

12

Leitungen

Leuchte versetzen

9

8

7

6

5

4

1

3

2

28.02

27.93

28.01

27.58

27.81

27.91

27.58

27.93

26.90 cm

26.24

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

26.30

28.02

28.05

28.12

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.01

28.12

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

28.02

29.00

29.01

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.02

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

29.03

D Informationsschreiben für Probanden

Informationsschreiben Vergleichsstudie

*Informationsblatt für Probanden
„Vergleichsstudie zur Wirksamkeit der Massendekontamination“*

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

vielen Dank, für das Interesse an der geplanten Studie zur Massendekontamination in Notsituationen.

Dieser Informationsbrief, soll Ihnen alle wichtigen Informationen der geplanten Studie bereitstellen. Die Informationen im Folgenden, sollen die Studie transparent und nachvollziehbar machen. Bitte nehmen Sie sich die Zeit und lesen das Informationsblatt sorgfältig durch. Bei Fragen stehen wir Ihnen natürlich jeder Zeit zur Verfügung.

Zweck der Studie:

Die Massendekontamination ist eine Notfallmaßnahme, welche durch die ersteintreffenden Kräfte der Feuerwehr durchgeführt wird. Eingesetzt wird sie bei der Freisetzung von chemischen Stoffen und der damit verbundenen Kontamination von Betroffenen. Sie ist jedoch sehr umstritten, da es keine Beweise für eine positive Wirkung gibt. Die Studie soll Aufschluss darüber geben, ob ein Aufbau der Massendekontaminationsstrecke bei großflächigen Stoffexpositionen sinnvoll ist.

Warum werden Sie um eine Teilnahme an der Studie gebeten?

Je mehr Teilnehmer eine Studie begleiten, desto repräsentativer werden die erhobenen Daten. Deshalb ist es wichtig eine große Strichprobengröße zu benutzen, um die Ergebnisse fundiert belegen zu können.

Sie können an der Studie teilnehmen, wenn Sie:

- Älter als 14 Jahre sind.
- An keiner Hauterkrankung leiden.

Wie sieht eine Teilnahme an der Studie aus?

Die Teilnahme der Studie erfolgt am 01.08.2019 um 16:30 Uhr (Ende 20:00 Uhr) an der Notaufnahme der Asklepios Klinik Nord, Heidberg (Tangstedter Landstraße 400, 22417 Hamburg). Dort bekommen Sie die Möglichkeit, sich zu der Studie einzutragen und daran teilzunehmen.

Um die Exposition von Chemikalien zu simulieren, verwenden wir einen ungefährlichen Vergleichsstoff, welcher auf die Körperoberfläche aufgetragen wird. Um eine realistische Situation darstellen zu können, bitten wir Sie in Badeklamotten zu erscheinen oder diese mitzuführen. Wenn Sie von unseren Helfern präpariert wurden,



wird eine fotografische Aufnahme der kontaminierten Stellen unter UV-Licht erfolgen. Im Anschluss werden Sie eine Duschstrecke durchlaufen, um die Kontamination abzuwaschen. Der Duscherfolg wird durch eine zweite fotografische Aufnahme unter UV Licht festgehalten. Wenn Sie der Gruppe Feindekontamination unserer Studie angehören, werden Sie des Weiteren die Feindekontaminationsstrecke der Asklepios Klinik durchlaufen. Sie werden dort unter Anleitung duschen. Auch wird zur Bestimmung der Restdekontamination eine fotografische Aufnahme erfolgen.

Es besteht die Möglichkeit einer anschließenden Selbstreinigung in den Sanitäreinrichtungen der Klinik. Nach Beendigung bitten wir Sie, sich an unserem Check-Point auszutragen und das Beenden der Studie zu unterschreiben. Hierbei füllen Sie bitte auch den Ihnen ausgehändigten Fragebogen aus.

Die Studie wird einen Umfang von 3 1/2 Stunden haben. Das Durchlaufen der Strecke beträgt davon maximal 30 Minuten. Die Übung beginnt und endet mit einem Signalton der Feuerwehr. Nach dem Beenden Ihres Durchgangs und der Abmeldung bei unseren Helfern sind Sie entlassen. Getränke und kleine Snacks stehen während des Versuchs in den Aufenthaltsräumen zur Verfügung

Wie sehen Ihre Rechte in dieser Forschung aus?

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie haben zu jederzeit die Möglichkeit, die an Sie gestellten Aufgaben, ohne die Angabe von Gründen abzubrechen. Es besteht die Möglichkeit, sich bei einem medizinischen Vorfall sofort durch das Klinikpersonal behandeln zu lassen. Alle Informationen, die Sie uns überlassen haben, alle Daten, die erhoben werden und alle fotografischen Aufnahmen der Studie, werden vertraulich behandelt und vor der Weitergabe an Dritte geschützt. Die Rücknahme der Einverständniserklärung zur Studie ist jederzeit möglich, ohne dass dadurch Nachteile Ihnen gegenüber entstehen. Es ist Ihnen untersagt, fotografische Aufnahmen während des Versuchs zu tätigen. Dies dient Ihrem eigenen Schutz und dem der anderen Versuchsteilnehmer.

Was geschieht mit den erhobenen Daten?

Alle erhobenen Daten werden ausschließlich für die Auswertung der Studie im Rahmen des Forschungsprojektes zur Massendekontamination verwendet. Die Daten werden im Rahmen einer Bachelorarbeit zusammengefasst und ausgewertet. Es werden keinerlei Rückschlüsse auf Ihre Person möglich sein. Die Daten werden im Rahmen einer Veröffentlichung allgemein zugänglich sein, ein Rückschluss auf Ihre Person ist allerdings nicht gegeben. Es wird Ihre Anonymität gewahrt.

Wir bedanken uns für Ihre Unterstützung!

Florian Hartart und Markus Wiedemann

Bei Fragen können Sie sich vertrauensvoll an die Studienleitung wenden:

Markus Wiedemann
8. Semester Hazard Control
HAW Hamburg

Uebungsbeobachtung@HAW-Hamburg.de

Florian Hartart
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
HAW Hamburg

Checkliste:

- Tragen sie bereits bei Ankunft Ihre Badeklamotten
- Erscheinen sie pünktlich um 16:30 Uhr
- Melden Sie sich an der Anmeldung
- Packen Sie Ihre privaten Gegenstände in die ausgeteilten Beutel (Der Beutel wird Ihnen an der Dusche wieder überreicht)
- Warten Sie, bis Sie aufgerufen werden, um die Strecke zu durchlaufen
- Folgen Sie den Anweisungen unserer Helfer
- Folgen Sie den Ausschilderungen und den Markierungen auf dem Boden
- Melden Sie sich nach Beendigung Ihres Durchgangs bei unserem Check Point
- Füllen Sie den Fragebogen der BGV aus
- Unterschreiben sie Ihre Entlassung

Wichtige Informationen:

- Denken Sie an Wechselklamotten
- Denken Sie an ein Handtuch
- Passen Sie Ihre Klamotten den Außentemperaturen an
- Bitte folgen Sie den Anweisungen des Personals
- Bitte trinken Sie im laufe des Tages genug
- Parken Sie bitte nicht auf dem Gelände der Klinik
- Bringen sie zu dem Termin Ihre Krankenkassenkarte mit

„Bitte informieren Sie uns umgehend, wenn Sie sich unwohl fühlen! Wir kümmern uns um Sie.“

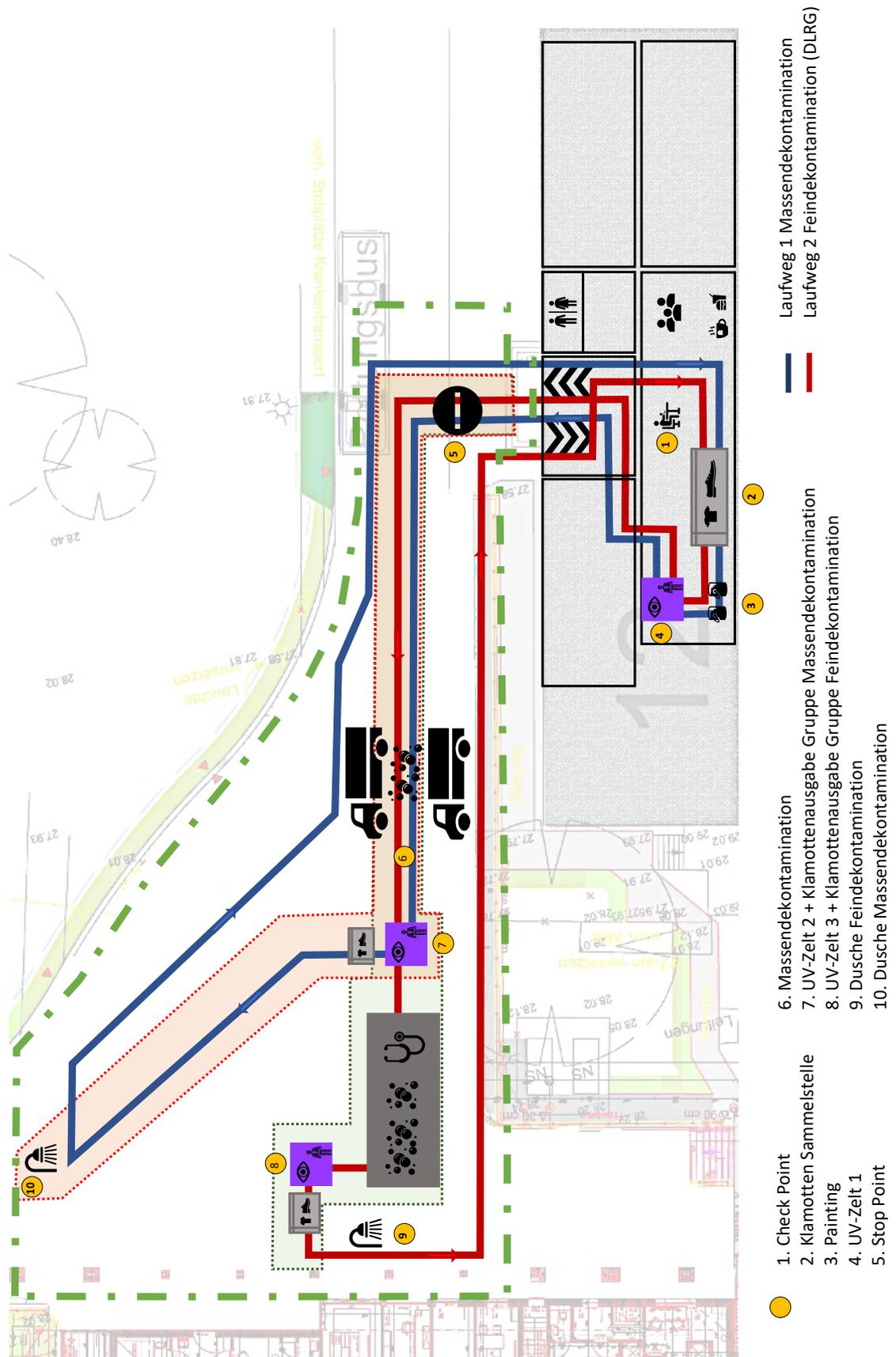


Abbildung 1: Laufplanangabe für Probanden der Vergleichsstudie zur Massendekontamination



***Einverständniserklärung zur Teilnahme
an der Vergleichsstudie zu Wirksamkeitsuntersuchung
der Massendekontamination***

Hiermit bestätige Ich, _____, dass ich das Informationsschreiben der Vergleichsstudie gelesen habe.

Ich bin einverstanden, dass die in der Studie durchgeführten Maßnahmen für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden können. Mit diesem Schreiben bestätige ich meine Teilnahme an der Studie und bin mit den, für die Erhebung der Daten notwendigen Schritten, einverstanden.

Mir ist bewusst, dass Fotografische Aufnahmen für Forschungs- und Dokumentationszwecke gemacht werden und stimme dem zu.

Hamburg; 01.08.2019

Unterschrift:

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Hiermit versichere ich,

Name: _____

Vorname: _____

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema:

Vergleichsstudie zur Wirksamkeitsuntersuchung der Massendekontamination

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort Datum Unterschrift im Original