

Notfall Rettungsmed  
<https://doi.org/10.1007/s10049-025-01543-2>  
Angenommen: 28. März 2025

© The Author(s) 2025



# Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf Ereignisse mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen (CBRN) Gefahrstoffen

Umfrage unter den Leitern deutscher Notaufnahmen über das gemeinsame Notaufnahmeverzeichnis der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin und der Deutschen Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin

M. Bollinger<sup>1,2,3</sup> · S. Bushuven<sup>4,5,6,7</sup> · M. Bentele<sup>4,8</sup> · S. Bentele<sup>4,9</sup> · S. Wenske<sup>10</sup> · D. Goertz<sup>11</sup> · M. Kohl<sup>2</sup> · A. D. Shapeton<sup>12,13</sup> · P. Tralls<sup>14</sup> · B. Kumle<sup>2,15</sup>

<sup>1</sup> Fakultät für Gesundheit, Department Humanmedizin, Universität Witten/Herdecke, Witten, Deutschland;

<sup>2</sup> Fakultät Health, Medical and Life Sciences, Hochschule Furtwangen, Villingen-Schwenningen, Deutschland;

<sup>3</sup> Klinik für Anästhesiologie, Intensiv-, Notfall- und Schmerzmedizin, Schwarzwald-Baar-Klinikum, Villingen-Schwenningen, Deutschland;

<sup>4</sup> Notfallmedizinisches Trainingszentrum in Singen (NOTIS e.V.), Engen, Deutschland;

<sup>5</sup> Institute for Infection Control and Infection Prevention, Hegau-Jugendwerk Gailingen, Health Care Association District of Constance, Gailingen, Deutschland;

<sup>6</sup> Institute for Medical Education, University Hospital, LMU Munich, Munich, Deutschland;

<sup>7</sup> Department of Anesthesiology and Critical Care, Medical Center, University of Freiburg, Freiburg, Deutschland;

<sup>8</sup> Institut für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Hegau-Bodensee-Klinikum Singen, Gesundheitsverbund Landkreis Konstanz, Singen, Deutschland;

<sup>9</sup> Zentrale Notaufnahme, Universitätsklinikum Augsburg, Augsburg, Deutschland;

<sup>10</sup> Zentrale Notaufnahme, Vivantes Humboldt Klinikum Berlin, Berlin, Deutschland;

<sup>11</sup> Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein, Koblenz, Deutschland;

<sup>12</sup> Boston Veterans Affairs Healthcare System, Boston, USA;

<sup>13</sup> Tufts University School of Medicine, Boston, USA;

<sup>14</sup> Zentrale Notfallambulanz, Städtisches Klinikum Solingen, Solingen, Deutschland;

<sup>15</sup> Klinik für Akut- und Notfallmedizin, Schwarzwald-Baar-Klinikum, Villingen-Schwenningen, Deutschland

## Einleitung

Chemische Stoffe kommen ubiquitär in unserer Gesellschaft vor. Infektionskrankheiten haben das Leben seit jeher begleitet. Vergiftungen, Verätzungen oder infektiöse Erkrankungen stellen daher Notfallbilder dar, mit denen Notaufnahmen häufig konfrontiert werden.

Anlagen der chemischen Industrie oder Kernkraftwerke befinden sich wegen der Verfügbarkeit von Arbeitskräften und Infrastruktur oft in unmittelbarer Nähe zu dicht besiedelten Gebieten. Bei Störfällen oder Austritten von Gefahrstoffen kann eine Vielzahl an Menschen von solchen

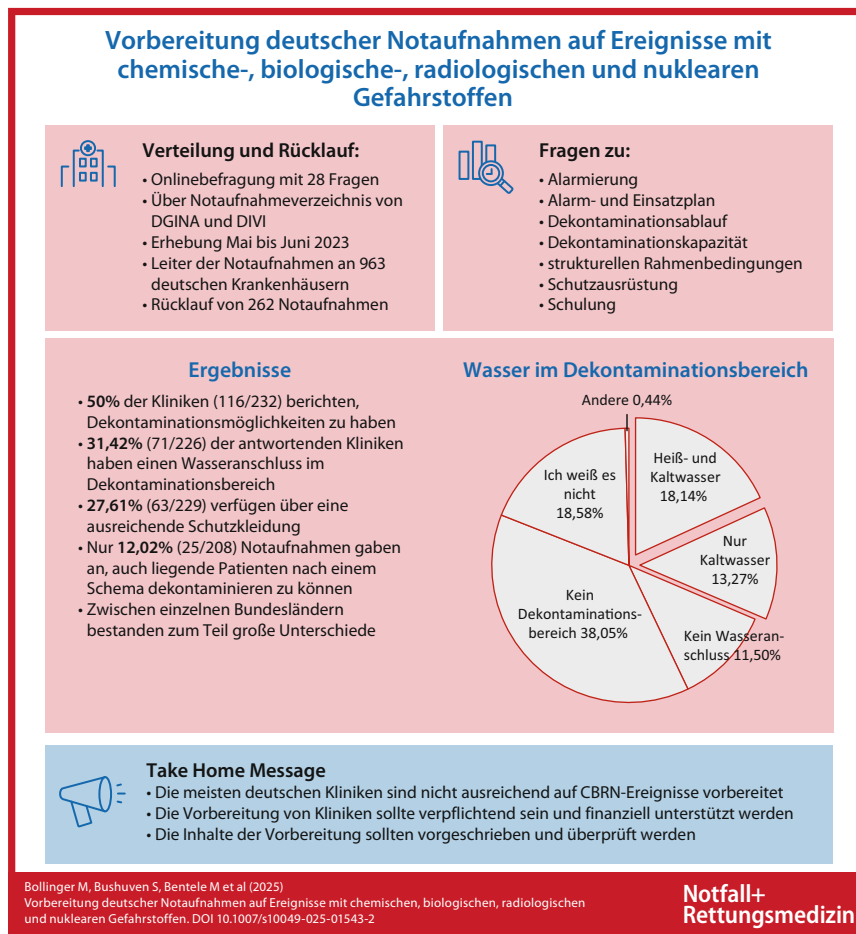
Ereignissen betroffen sein [1, 2]. Als Ergebnis von Globalisierung, Urbanisierung und des Klimawandels ist die Gefahr für den Ausbruch von Pandemien gestiegen [3, 4]. Terroristische Bedrohungen, bewaffnete Konflikte und Kriege, mit Nutzung von chemischen, biologischen oder nuklearen Waffen, stellen eine weitere Bedrohung dar [5, 6].

Während bei einem Unfall mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen (CBRN)-Gefahrstoffen die Noxe in der Regel bekannt oder schnell zu ermitteln ist, ist bei einem Anschlag mit CBRN-Gefahrstoffen davon auszugehen, dass zunächst noch nicht einmal klar ist, dass es



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

## Graphic abstract



sich überhaupt um einen Anschlag mit CBRN-Stoffen handelt. Insbesondere bei einem Anschlag muss damit gerechnet werden, dass sich ein Großteil der noch gefährlichen Patienten selbstständig in der nächsten erreichbaren Notaufnahme vorstellt, wie dies z. B. beim Saringasanschlag in Tokyo 1995 der Fall war. Hier hatten sich innerhalb kürzester Zeit über 5000 Personen in umliegenden Krankenhäusern vorgestellt [5, 6]. Darüber hinaus muss davon ausgegangen werden, dass Feuerwehren zunächst nicht unmittelbar über freie Kapazitäten verfügen, um eine Dekontamination am Krankenhaus übernehmen zu können.

Hieraus ergibt sich, dass Notaufnahmen über die Versorgung einzelner Patienten hinaus in der Lage sein müssen, mit Massenanfällen von Verletzten (MANV) nach Ereignissen mit CBRN-Gefahrstoffen umzugehen und auf diese vorbereitet sein müssen.

Insbesondere nach den Anschlägen auf das World Trade Center 2001 und die nachfolgenden Anschläge mit Anthrax-Briefen in den USA rückte die Vorbereitung auf CBRN-Lagen bzw. CBRN-MANV in den Fokus [7, 8]. In Deutschland war 2006 die Fußball-Weltmeisterschaft Anlass, sich mit der Vorbereitung auf CBRN-Lagen auseinander zu setzen [9]. So wurde 2006 ein Rahmenkonzept zur Dekontamination von Verletzten (DEKON-V), welches die Dekontamination an der Einsatzstelle vorsieht, eingeführt [10]. Außerdem wurde durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz- und Katastrophenhilfe (BBK) ein Forschungsprojekt initiiert; dieses sollte den Stand der aktuellen Vorbereitungen deutscher Krankenhäuser ermitteln und ein Konzept zur Dekontamination von Verletzten im Krankenhaus entwickeln. Eine in diesem Zusammenhang im Jahr 2007 durchgeführte Umfrage unter deutschen Krankenhäusern ergab, dass diese – mit

Ausnahme der Berliner Krankenhäuser – auf Unfälle oder Anschläge mit CBRN-Stoffen nicht ausreichend vorbereitet waren [11].

Ziel dieser Studie war, den gegenwärtigen Stand der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf Ereignisse mit CBRN-Gefahrstoffen zu untersuchen und die aktuellen Umfrageergebnisse mit denen von 2007 hinsichtlich Verbesserungen im Bereich der Vorbereitungen zu vergleichen. Die Hauptergebnisse dieser Untersuchung wurden bereits in dieser Zeitschrift veröffentlicht [12].

## Methodik

Ein Fragebogen mit 28 Fragen wurde entwickelt, um den Stand der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf Ereignisse mit CBRN-Gefahrstoffen zu erfassen. Dieser umfasste neben Angaben zur G-BA-Stufe der Notaufnahme und des Bundeslandes Fragen zu Alarm- und Einsatzplänen, Alarmierungswegen der Notaufnahme, organisatorischen, strukturellen und logistischen Rahmenbedingungen, vorhandener Schutzausrüstung, Schulung des Personals und Dekontaminationsablauf und -kapazität. Zudem baten wir die Leiterinnen und Leiter deutscher Notaufnahmen darum, 5 vorgegebene Antworten zu einem ggf. notwendigen Unterstützungsbedarf von Notaufnahmen in der Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse entsprechend ihrer Wichtigkeit in eine Rangfolge einzuordnen. Der Fragebogen wurde mit Umfrageonline (Fa. enuvo GmbH, Pfäffikon, Schweiz) erstellt und durch eine, aus 8 Personen bestehende, Gruppe von Notfallmedizinern von verschiedenen Institutionen validiert.

Die Befragung wurde von Mai bis Juni 2023 durchgeführt. Hierzu wurde ein Link zum Fragebogen über das Deutsche Notaufnahmeverzeichnis, welches durch die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) und die Deutsche Gesellschaft Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin (DGINA) betrieben wird, an Leiter von Notaufnahmen an 963 deutschen Krankenhäusern per E-Mail versendet. Es erfolgten zweimalige Erinnerungen per E-Mail in einem Abstand von jeweils ca. 2 Wochen. Ende Juni 2023 wurde die Datenerhebung beendet.

Die Antworten wurden in eine Excel-Tabelle (Excel; Fa. Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) übertragen und mit R (R Core Team 2023, Vienna, Austria) ausgewertet. Ergebnisse wurden als absolute Zahlen und Prozentzahlen dargestellt. Die Inhalte der Ausbildung zu Intoxikationen und zur Dekontamination wurden mittels Freitextantworten abgefragt. Die Antworten wurden Kategorien zugeordnet und die Anzahl der Antworten ausgewertet. Dekontaminationskapazitäten wurden mittels Box-and-Whisker-Plots dargestellt. Für eine detailliertere Auswertung der Vorbereitung nach Bundesländern und G-BA-Stufen wurden 3 Fragen (nach Wasserversorgung am Dekontaminationsplatz, Wasserentsorgung und vorhandener Schutzkleidung) als Tracer-Fragen ausgewählt und die verschiedenen Antwortmöglichkeiten in 2 Gruppen, welche als suffiziente oder insuffiziente Vorbereitung klassifiziert wurden, dichotomisiert. Wir wählten die Fragen nach Schutzkleidung und zur Wasserversorgung aus, da diese klar zu beantworten sind und eine detailliertere Einschätzung der tatsächlichen Vorbereitung auf CBRN-Lagen ermöglichen.

Für die Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches wurde das Vorhandensein einer Wasserversorgung (Kalt- und/oder Warmwasser) als suffizient angenommen, alle anderen Angaben als insuffiziente Vorbereitung. Für die Abwasserentsorgung wurde ein Auffangen und Entsorgen der Abwässer (auch behelfsmäßig) oder eine Entsorgung in die Kanalisation in Rücksprache mit der Wasserschutzbehörde (d.h. ein vorhandenes Konzept zum Umgang mit Abwässern) als suffiziente Vorbereitung angenommen; alle anderen Antworten wurden als insuffiziente Vorbereitung gewertet. Das Vorhandensein von Chemieschutzanzügen (gasdicht und nichtgasdicht) mit umluftunabhängigem Atemschutz (SC-BA) oder umluftabhängigem Atemschutz (Filter mit oder ohne Gebläse) wurde als suffiziente Vorbereitung (im Sinne der Vorhaltung einer für C-, B- und RN-Lagen empfohlenen Mindestausrüstung und/oder höherwertiger Schutzkleidung gemäß Fw-DV 500) gewertet, wohingegen alle anderen Antworten als insuffiziente Vorbereitung gewertet wurden [10, 11,

**Hintergrund:** Postpandemische Erfahrungen und Lehren aus Terroranschlägen, Kriegen und Katastrophen weltweit zeigen, dass Notaufnahmen auf einen Massenanfall Verletzter mit chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen (CBRN-)Gefahrstoffen vorbereitet sein müssen. Ziel dieser Untersuchung war es, die Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf derartige Ereignisse zu untersuchen. Die Hauptegebnisse dieser Untersuchung wurden bereits veröffentlicht. Dieser Beitrag enthält noch weitere Ergebnisse zum Stand der Vorbereitung in den verschiedenen Bundesländern.

**Methode:** Wir erstellten einen Online-Fragebogen, welcher an alle Leiter von Notaufnahmen in Deutschland über das gemeinsame Notaufnahmeverzeichnis versendet wurde. Primärer Endpunkt war die suffiziente Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in absoluten Zahlen und Prozent dargestellt. Die Dekontaminationskapazitäten wurden grafisch als Box-and-Whisker-Plots dargestellt.

**Ergebnisse:** Von 963 Krankenhäusern mit Notaufnahmen beantworteten 262 (27,21 %) der Leiter von Notaufnahmen unseren Fragebogen. Von den antwortenden Krankenhäusern hatten 80,43 % (189/235) Krankenhausalarm- und -einsatzpläne für biologische Ereignisse, 49,36 % (116/235) für chemische Ereignisse und 34,47 % (81/235) für radionukleare Ereignisse. 50 % (116/232) berichteten über einen irgendwie gearteten Dekontaminationsbereich, allerdings war nur in 31,42 % (71/226) der Kliniken ein Wasseranschluss in diesem Bereich verfügbar. Eine ausreichende Schutzkleidung war nur in 27,61 % (63/229) der Notaufnahmen verfügbar. Nur 12,02 % (25/208) der Krankenhäuser waren in der Lage, auch liegende Patienten nach einem festen Schema, zu dekontaminieren.

**Schlussfolgerungen:** Die meisten deutschen Kliniken sind nicht ausreichend auf die Versorgung von Patienten nach einem CBRN-Ereignis vorbereitet. Vor dem Hintergrund der dargestellten Daten besteht ein dringender Handlungsbedarf, die Vorbereitung von Krankenhäusern auf CBRN-Ereignisse bundesweit systematisch zu verbessern.

#### Schlüsselwörter

Gefährliche Stoffe und Güter · Katastrophenmedizin · Bevölkerungsschutz · Zivilschutz · ABC

13, 14]. Der Exakte Test nach Fisher wurde verwendet, um Unterschiede zwischen G-BA-Stufen und Bundesländern zu untersuchen. Die *p*-Werte wurden mittels der Methode nach Holm adjustiert.

## Ergebnisse

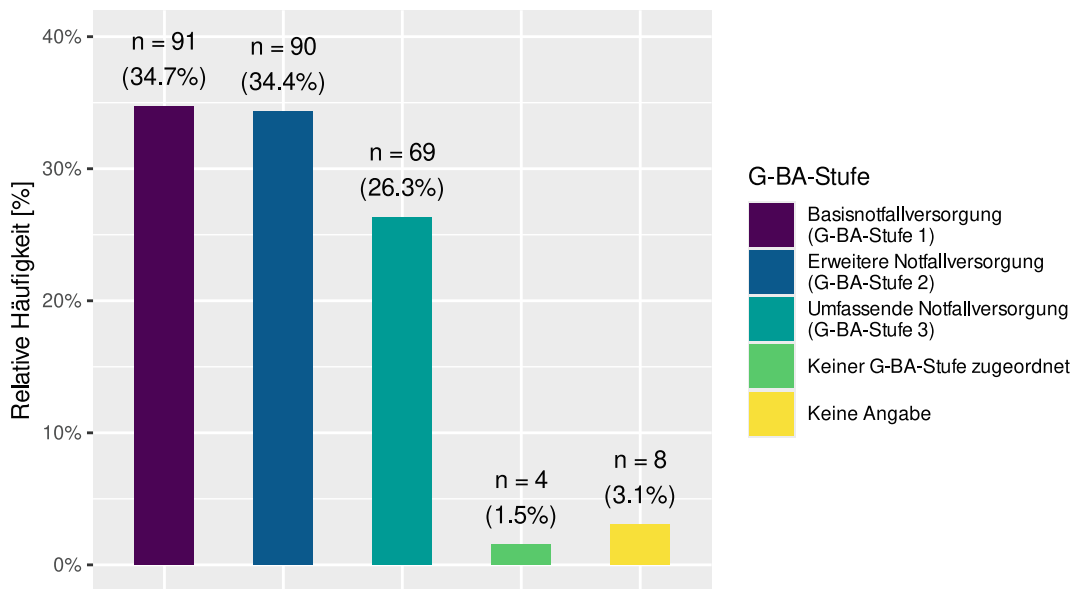
Von 963 Kliniken, deren Notaufnahmen über das gemeinsame Notaufnahmeverzeichnis der DIVI und DGINA kontaktiert wurden, erhielten wir Antworten von 27,21 % (262/963) der Krankenhäuser. Hiervon waren 34,7 % (91/262) der G-BA-Stufe 1 zugeordnet, was 20,17 % (91/451) aller deutscher Notaufnahmen der G-BA-Stufe 1 entspricht, 34,4 % (90/262) waren der G-BA-Stufe 2 zugeordnet, was 38,46 % (90/234) der Notaufnahmen der G-BA-Stufe 2 entspricht, und 26,3 % (69/262) waren der G-BA-Stufe 3 zugeordnet, was 41,57 % (69/166) der Notaufnahmen der G-BA-Stufe 3 entspricht. **Abb. 1** zeigt die Häufigkeitsverteilung der Zuordnung

zu den verschiedenen G-BA-Stufen unter den antwortenden Notaufnahmen.

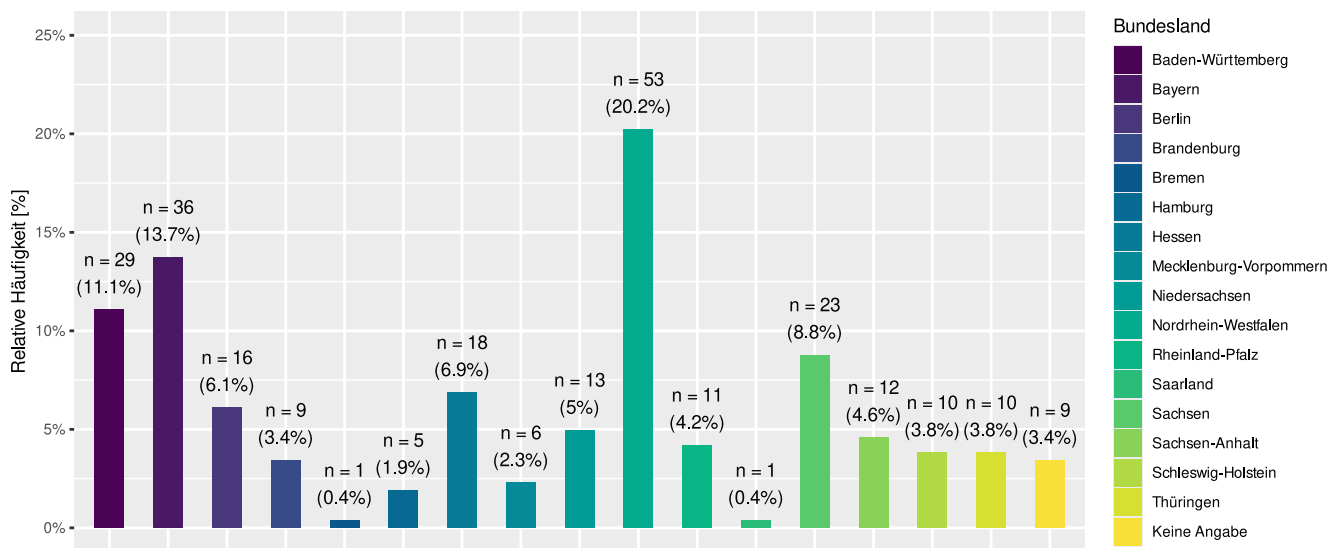
Die größte Zahl der Antwortenden kam aus Nordrhein-Westfalen, gefolgt von Bayern und Baden-Württemberg. Aus Bremen und dem Saarland erhielten wir jeweils nur eine Antwort. **Abb. 2** zeigt die relative Häufigkeit der Antworten sowie die absoluten Zahlen der Antworten.

## Krankenhausalarm- und -einsatzplan für CBRN-Ereignisse

80,43 % (189/235) der Krankenhäuser hatten Krankenhausalarm- und -einsatzpläne für biologische Ereignisse, 49,36 % (116/235) für chemische Ereignisse und 34,47 % (81/235) für radionukleare Ereignisse. 18,30 % (43/235) der Antwortenden gaben an, dass ihre Krankenhausalarm- und -einsatzpläne keine Planungen zu CBRN-Ereignissen enthielten.



**Abb. 1** ◀ Relative Häufigkeit der Zuordnung der verschiedenen G-BA-Stufen unter den antwortenden Notaufnahmen in Prozent (bezogen auf die Gesamtzahl der Antworten)



**Abb. 2** ▲ Relative und absolute Anzahl der antwortenden Notaufnahmen in Abhängigkeit vom Bundesland

## Alarmierung der Notaufnahme

Eine Rückmeldung an den diensthabenden Arzt bzw. Oberarzt der Notaufnahme bei einer Häufung von Patienten mit Zeichen einer Infektion und/oder Kontamination war in 85 % (174/204) der Notaufnahmen gewährleistet. Eine Übersicht über die Alarmierungswege der Notaufnahme gibt

### ■ Abb. 3.

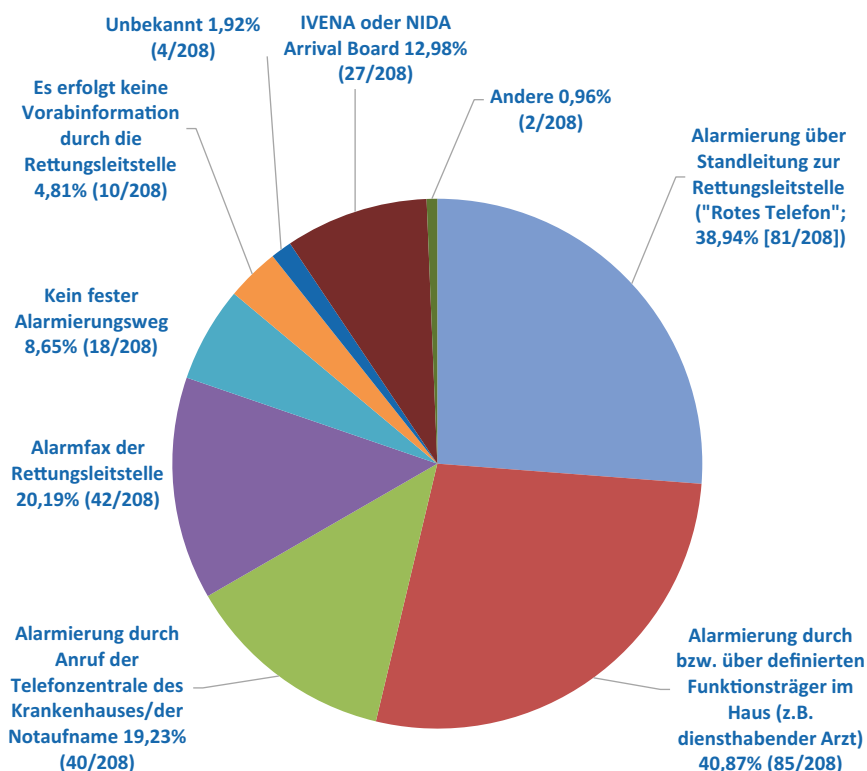
Die Alarmierungswege unterschieden sich bei 93,17 % (191/205) der Kliniken dabei nicht vom Alarmierungsweg für andere Lagen mit Massenanfall Verletzter.

## Organisatorische, strukturelle und logistische Aspekte

Ein abgetrennter (Infektions-)Bereich mit separatem Zugang für infektiöse Patienten war in 27,04 % (63/233) der Notaufnahmen vorhanden, wohingegen 24,46 % (57/233) der Notaufnahmen über einen abgetrennten Bereich ohne separaten Ein- bzw. Ausgang verfügten. Bei 35,62 % (83/233) der Notaufnahmen ließen sich die Patientenströme trennen, ohne dass eine bauliche Trennung gegeben war. Dagegen gaben 12,88 % (30/233) der Antwortenden an, dass eine Trennung der Patienten baulich bedingt nicht möglich ist.

Eine Hinzunahme weiterer Bereiche war in 55,17 % (128/232) der Notaufnahmen möglich, während 44,83 % (104/232) der Notaufnahmen nicht über die Möglichkeit verfügten, weitere Bereiche für die Isolation von Patienten abzutrennen.

Hinsichtlich der Möglichkeiten zur Dekontamination bestanden deutliche Unterschiede zwischen den befragten Notaufnahmen. Ein ausgewiesener Dekontaminationsbereich vor der Notaufnahme befand sich in 9,48 % (22/232) der Notaufnahmen im Freien, wohingegen ein ausgewiesener Dekontaminationsbereich in der Fahrzeughalle in 12,93 % (30/232) der Kliniken vorhanden war, und 5,17 % (12/232)



**Abb. 3 ▲** Alarmierungswege der Notaufnahme bei einem CBRN-Ereignis

der Notaufnahmen angaben, dass sie hierfür ein Zelt vorhalten würden. 26,29 % (61/232) der Befragten gaben an, dass hierfür ein Zelt durch externe Einheiten bereitgestellt werden würde. Im Vergleich dazu gaben 11,64 % (27/232) der Notaufnahmen an, dass die Dekontamination in einer Dusche in der Notaufnahme möglich wäre, und 3,45 % (8/232) gaben an, dass ein ausgewiesener Dekontaminationsbereich in der Notaufnahme vorhanden wäre. 42,67 % (99/232) der Notaufnahmen gaben an, über keinen ausgewiesenen Bereich für die Dekontamination zu verfügen. 2,16 % (5/232) der Leiter von Notaufnahmen gaben an, nicht zu wissen, ob ihre Notaufnahme über einen ausgewiesenen Bereich zur Dekontamination verfüge, und 5,17 % (12/232) gaben für die Dekontamination andere Lösungen an, ohne dies näher zu erläutern.

Eine Kalt- und Warmwasserversorgung war im Dekontaminationsbereich an 18,14 % (41/226) der Krankenhäuser vorhanden, 13,27 % (30/226) der Krankenhäuser verfügten nur über einen Kaltwasseranschluss im Dekontaminationsbereich, und 11,50 % (26/226) der Krankenhäuser verfügten über keine Was-

serversorgung im ausgewiesenen Dekontaminationsbereich. 38,05 % (86/226) der Krankenhäuser gaben an, über keinen Dekontaminationsbereich zu verfügen, und 18,58 % (42/226) gaben an, nicht zu wissen, ob ein Wasseranschluss im Dekontaminationsbereich vorhanden sei. 0,44 % (1/226) der Antworten konnten nicht interpretiert werden.

Bezüglich der bei der Dekontamination anfallenden Abwässer gaben 9,25 % (21/227) der Krankenhäuser an, die Abwässer separat aufzufangen und zu entsorgen, und 5,29 % (12/226) gaben an, die Abwässer behelfsmäßig auffangen zu können, wobei die Kapazitäten stark limitiert seien. Eine Entsorgung in die reguläre Kanalisation in Absprache mit der Wasserschutzbehörde wurde von 15,42 % (35/226) der Krankenhäuser genannt, wohingegen 6,61 % (15/226) angaben, die Abwässer ohne vorherige Rücksprache mit den zuständigen Behörden in die Kanalisation zu entsorgen. 26,87 % (61/226) gaben an, nicht über die Möglichkeit zur Dekontamination von Patienten zu verfügen, und 35,68 % (81/226) wussten laut der Befragung nicht, wie mit den anfallenden Abwässern an ihrem Krankenhaus verfahren

würde. 0,88 % (2/226) der Antworten konnten nicht interpretiert werden.

Bezüglich des Umgangs mit kontaminierter Patientenkleidung gaben 45,81 % (104/227) der Notaufnahmen an, hierfür über spezielle Behältnisse zu verfügen, wohingegen 23,79 % (54/227) der Antwortenden diese in handelsüblichen Patienteneigentumstaschen verpackten. 30,40 % (69/227) der Befragten verfügten nicht über eine Möglichkeit zum Sammeln und zum Aufbewahren der Kleidung oder generell nicht über die Möglichkeit zur Dekontamination von Patienten.

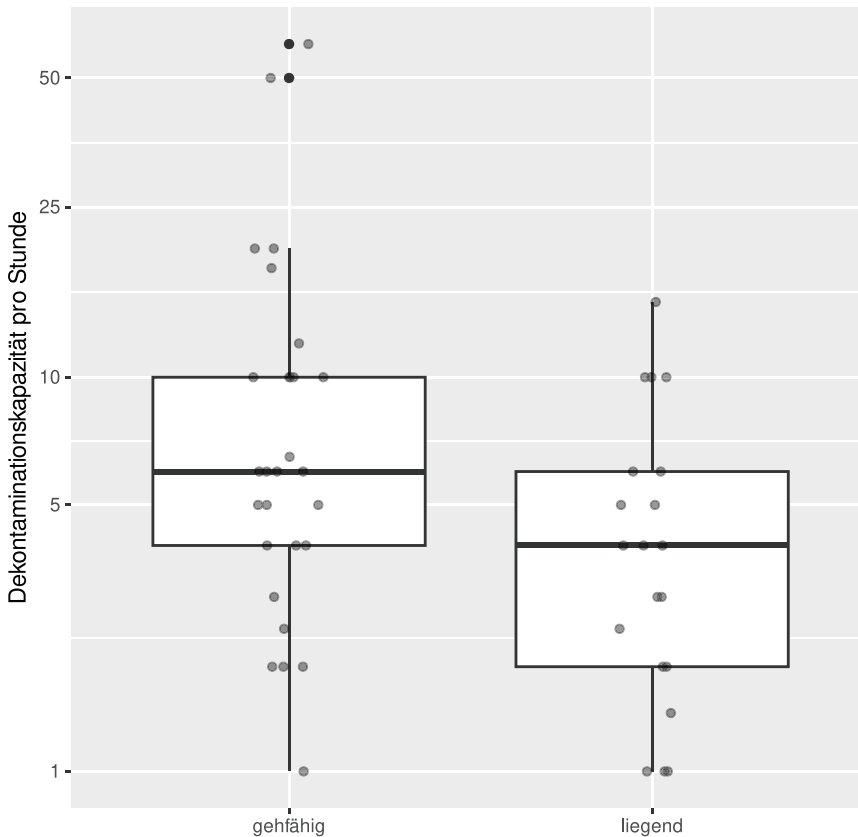
Wechselkleidung für dekontaminierte Patienten wurde in 23,45 % (53/226) der Notaufnahmen bevorratet, wohingegen 76,55 % (173/226) der Notaufnahmen hierzu keine Vorkehrungen getroffen hatten.

Hinsichtlich des die Dekontamination durchführenden Personals planten 31,25 % (65/208) der Notaufnahmen, hierfür das diensthabende Personal der Notaufnahme einzusetzen. Notaufnahmepersonal, welches per Alarmierung aus dem Frei hinzugezogen werden soll, war in den Notaufnahmen von 8,17 % (17/208) der Krankenhäuser hierfür vorgesehen. Demgegenüber war in 13,46 % (28/208) der Notaufnahmen hierfür Personal anderer Bereiche des Krankenhauses vorgesehen, und 5,77 % (12/208) planten hierfür mit eigens vorgesehenem Nichtkrankenhauspersonal. Die Feuerwehr sollte die Dekontamination an 32,69 % (68/208) der Krankenhäuser übernehmen. In 24,04 % (50/208) der Krankenhäuser existierte für die Dekontamination kein fest vorgesehenes Personal. 18,75 % (39/208) der Krankenhäuser gaben an, eine Dekontamination nicht durchführen zu können, und 5,77 % (12/208) der Leiter von Notaufnahmen gaben an, das ihnen unbekannt sei, wer für die Dekontamination von Patientinnen und Patienten zuständig ist.

### Persönliche Schutzausrüstung

Eine ausreichende Schutzausrüstung war in 27,51 % (63/229) der Notaufnahmen verfügbar. Ein gasdichter Chemikalienschutzanzug mit umluftunabhängigem Atemschutz war in 0,87 % (2/229) der Notaufnahmen als höchste, permanent verfügbare Schutzkleidungsklasse vor-





**Abb. 4** ▲ Darstellung der Dekontaminationskapazität pro Stunde für gehfähige (29/207) und liegende (20/207) Patienten als Box-and-Whisker-Plots. Keine Möglichkeit der Dekontamination (Wert „0“) wurde von 29,95 % (62/207) der Antwortenden für gehfähige und von 35,27 % (73/207) für liegende Patienten angegeben. Angaben mit dem Wert „0“ sind in der Darstellung nicht berücksichtigt. Keine Angaben zur Dekontaminationskapazität pro Stunde konnte von 56,04 % (116/207) der Antwortenden für gehfähige und von 55,07 % (114/207) für liegende Patienten gemacht werden

handen. Schutzanzüge mit Filtergebläse („blower suit“) waren in 14,85 % (34/229) der Notaufnahmen vorhanden, und 11,79 % (27/229) der Notaufnahmen verfügten über Schutzanzüge mit Vollmaske und Filteraufsatz. 43,67 % (100/229) der Notaufnahmen berichteten über Infektionsschutzanzüge als höchste verfügbare Schutzanzugsklasse zu verfügen. 10,92 % (25/229) der Befragten gaben an über Schutzanzüge zu verfügen, ohne zu wissen, für welche Gefahrstoffe diese eingesetzt werden können, wohingegen 12,23 % (28/229) der Befragten angaben, über gar keine Schutzanzüge zu verfügen, und 5,68 % (13/229) der Befragten angaben, nicht zu wissen, ob in ihren Notaufnahmen spezielle Schutzanzüge vorgehalten werden.

### Dekontaminationsprozess und -kapazitäten

Entsprechend den Angaben der Befragten konnten liegende verletzte Patienten von 12,02 % (25/208) der Notaufnahmen nach einem festen Schema (z.B. 1-3-2-Schema) dekontaminiert werden. Verletzte, aber gehfähige Patienten, konnten von 16,35 % (34/208) der Notaufnahmen nach einem festen Schema dekontaminiert werden. Dagegen war es bei 17,31 % der Notaufnahmen möglich, gehfähige unverletzte Patienten zu dekontaminieren. Lediglich eine Notdekontamination war in 39,90 % (83/208) der Krankenhäuser möglich, wohingegen 25,96 % (54/208) angaben, über keinerlei Möglichkeit der Dekontamination zu verfügen. 13,46 % (28/208) der Leiterinnen und Leiter von Notaufnahmen gaben an, nicht zu wissen, ob oder welche Patienten in ihrer Notaufnahme dekontaminiert werden können.

Eine Angabe darüber, wie viele Patienten pro Stunde dekontaminiert werden können, konnte von 9,66 % (20/207) der Antwortenden für liegende Patienten und von 14,01 % (29/207) für gehfähige Patienten gemacht werden. Details zur Dekontaminationskapazität der Antwortenden sind in **Abb. 4** dargestellt.

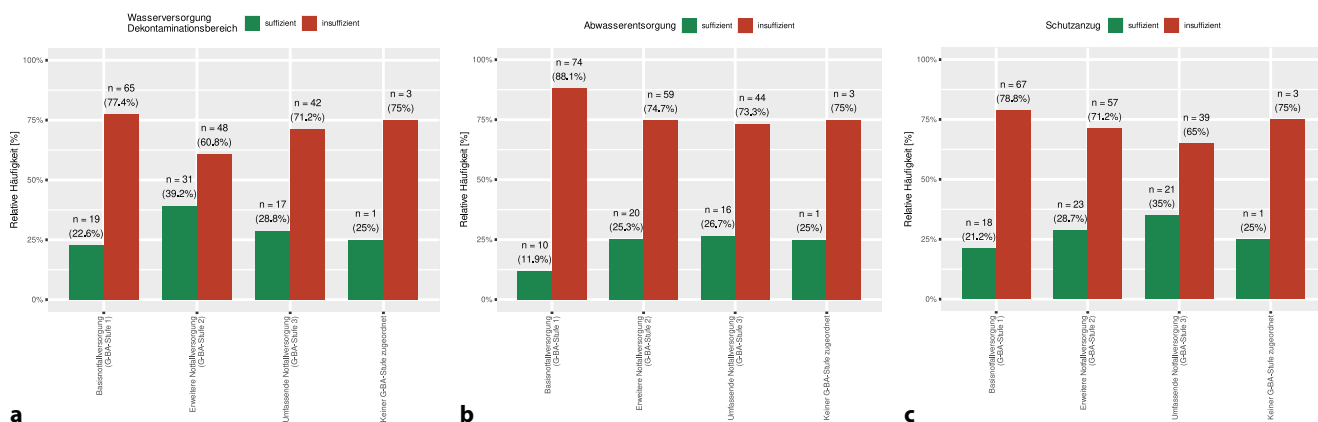
### Vorbereitung deutscher Notaufnahmen verschiedener G-BA-Stufen

Um mögliche Unterschiede in der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen verschiedener G-BA-Stufen zu untersuchen, wählten wir 3 Tracer-Fragen (Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches, Umgang mit Abwässern, Vorhandensein von Schutzanzügen) aus, deren Antworten in suffizient (ausreichende Vorbereitung) und insuffizient (unzureichende Vorbereitung) dichotomisiert wurden und eine genauere Einschätzung tatsächlich vorhandener Konzepte ermöglichen sollten. Kliniken, die einen Dekontaminationsbereich mit Wasseranschluss vorhalten, die Entsorgung der Abwässer organisiert oder mit der Wasserschutzbehörde abgestimmt haben und PSA für die Mitarbeiter zur Dekontamination aller CBRN Stoffe vorhalten (mindestens Form 2 nach Fw-DV 500 für C-Lagen), wurden als suffizient vorbereitet definiert [10, 11, 13, 14]. Die Ergebnisse sind in **Abb. 5** dargestellt.

Bezüglich der Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches waren 28,8 % (17/59) der Kliniken der G-BA-Stufe 3, 39,2 % (31/79) der Kliniken der G-BA-Stufe 2 und 22,6 % (19/84) der Kliniken der G-BA-Stufe 1 suffizient vorbereitet. Die Unterschiede waren nicht signifikant ( $p = 0,12$ ).

Bezüglich der Wasserentsorgung waren 26,7 % (16/60) der Kliniken der G-BA-Stufe 3, 25,3 % (20/79) der Kliniken der G-BA-Stufe 2 und 11,9 % (10/84) der Kliniken der G-BA-Stufe 1 suffizient vorbereitet. Die Unterschiede waren nicht signifikant ( $p = 0,06$ ).

Bezüglich der Vorhaltung von Schutzanzügen waren 35,0 % (21/60) der Kliniken der G-BA-Stufe 3, 28,7 % (23/80) der Kliniken der G-BA-Stufe 2 und 21,2 % (18/85) der Kliniken der G-BA-Stufe 1 suffizient



**Abb. 5** ▲ Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse in Abhängigkeit von den verschiedenen G-BA-Stufen

vorbereitet. Die Unterschiede waren nicht signifikant ( $p = 0,29$ ).

### Vorbereitung deutscher Notaufnahmen verschiedener Bundesländer

Um mögliche Unterschiede in der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen verschiedener Bundesländer zu untersuchen, wählten wir 3 Tracer-Fragen (Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches, Umgang mit Abwässern, Vorhandensein von Schutzzanzügen) aus, deren Antworten in suffizient (ausreichende Vorbereitung) und insuffizient (unzureichende Vorbereitung) dichotomisiert wurden.

Für die Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches wurde eine Versorgung mit Kaltwasser oder Kalt- und Warmwasser als suffizient angenommen, alle anderen Angaben als insuffiziente Vorbereitung. Für die Abwasserentsorgung wurde ein Auffangen und Entsorgen der Abwässer (auch behelfsmäßig) oder eine Entsorgung in die Kanalisation in Rücksprache mit der Wasserschutzbehörde als suffiziente Vorbereitung angenommen; alle anderen Antworten wurden als insuffiziente Vorbereitung gewertet. Das Vorhandensein von Chemieschutzanzügen (gasdicht und nichtgasdicht) mit umluftunabhängigem Atemschutz (Pressluftatmung) oder umluftabhängigem Atemschutz (Filter mit oder ohne Gebläse) wurde als suffiziente Vorbereitung gewertet, wohingegen alle anderen Antworten als insuffiziente Vorbereitung gewertet wurden.

Bezüglich der Wasserversorgung des Dekontaminationsbereiches zeigten sich

deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern. Für Berlin und Hamburg zeigten sich signifikante Unterschiede, wie **Abb. 6** zu entnehmen ist.

Bezüglich der Wasserentsorgung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bundesländern.

Bezüglich der Wasserversorgung und Vorhaltung von Schutzzanzügen zeigten sich zahlreiche signifikante Unterschiede. Die Details hierzu sind in **Abb. 6** dargestellt.

### Ausbildungsintervalle und -inhalte

Die Schulungsintervalle von Notaufnahmepersonal in Krankenhausalarm- und -einsatzplänen, Intoxikationen, der Versorgung Kontaminierter, der Dekontamination und des korrekten An- und Ablegens von Schutzkleidung waren uneinheitlich (**Tab. 1**).

Die Inhalte, die im Rahmen von Schulungen zu Kontaminationen und zur Dekontamination ausgebildet wurden, wurden mittels einer Freitextantwort genauer erfragt. Insgesamt erhielten wir 59 auswertbare Freitextantworten. Diese wurden in 12 Kategorien zusammengefasst. Die Häufigkeit der verschiedenen Antwortkategorien ist in **Tab. 2** dargestellt.

Darüber hinaus erfragten wir, wie Inhalte zu CBRN-Lagen vermittelt werden. Eine Übersicht über die Antworten gibt **Abb. 7**.

### Unterstützungsbedarf deutscher Notaufnahmen in der Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse

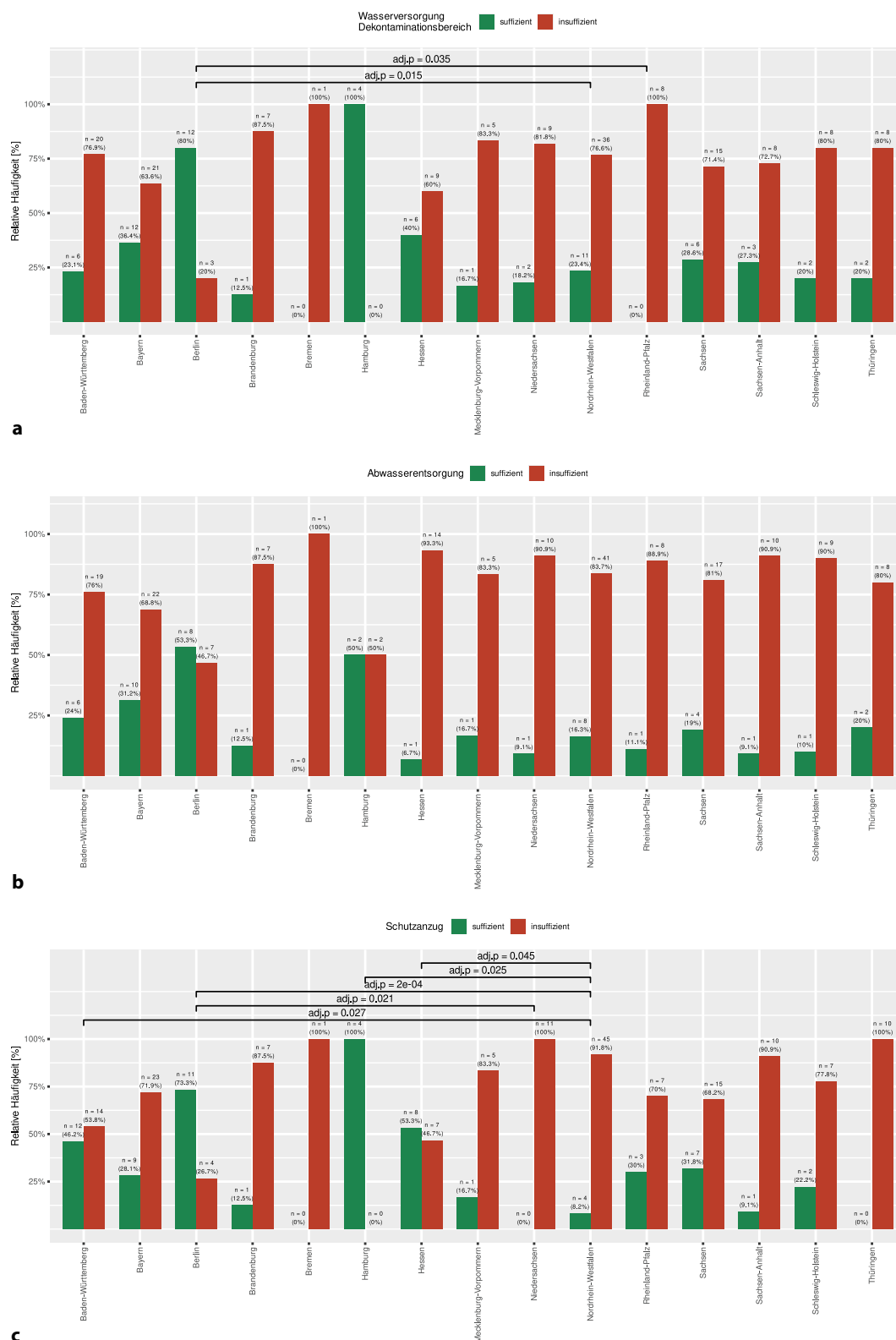
Wir baten die Leiterinnen und Leiter deutscher Notaufnahmen darum, 5 vorgegebene Antworten zu einem ggf. notwendigen Unterstützungsbedarf von Notaufnahmen in der Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse entsprechend ihrer Wichtigkeit in eine Rangfolge zu bringen. Die Ergebnisse hierzu können **Tab. 3** entnommen werden.

### Diskussion

Studien aus den USA [15–23], dem Vereinigten Königreich [24–29], Kanada [30], Polen [31], Belgien [32], den Niederlanden [33], Österreich [34], China [35], Australien [36] und Israel [37], welche die Vorbereitung von Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse untersucht hatten, haben gezeigt, dass die Mehrheit der Krankenhäuser nicht ausreichend auf die Versorgung kontaminierter Patienten vorbereitet ist. Eine Ausnahme bilden hierbei lediglich israelische Krankenhäuser [37].

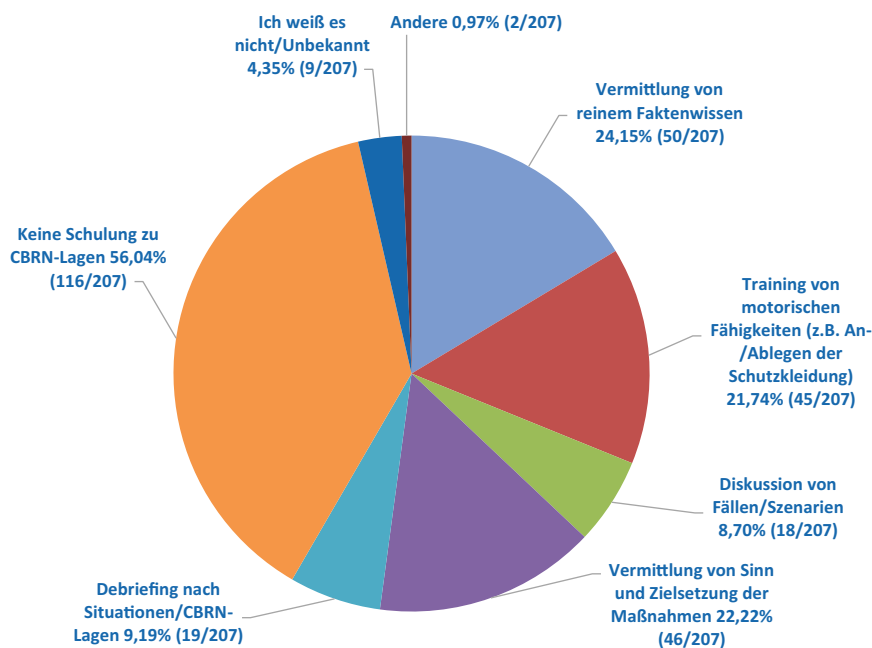
Für Deutschland wurde 2007 von Martens die Vorbereitung deutscher Krankenhäuser auf CBRN-Ereignisse untersucht [11]. Hier zeigte sich, dass die Mehrheit der deutschen Krankenhäuser nur unzureichend vorbereitet war. Wir führten daher erneut eine Befragung durch, um den aktuellen Stand der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse zu evaluieren.

In der Studie von Martens [11] nahmen von 859 deutschen Krankenhäusern



**Abb. 6** ◀ Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse in Abhängigkeit von den verschiedenen Bundesländer





**Abb. 7** ▲ Art der Vermittlung von Inhalten zu CBRN-Lagen

mit mehr als 200 Betten 388 (45,2 %) an der Untersuchung teil. Im Vergleich dazu erhielten wir von 262 der 963 Krankenhäuser (27,21 %), deren Notaufnahmen über das gemeinsame Notaufnahmeverzeichnis der DIVI und DGINA kontaktiert wurden, eine Antwort. Während unsere Befragung nur 20,17 % (91/451) der Notaufnahmen der G-BA-Stufe 1 abbildet, konnten jedoch 38,46 % (90/234) der Notaufnahmen der G-BA-Stufe 2 und 41,57 % (69/166) der Notaufnahmen der G-BA-Stufe 3 erfasst werden.

### Krankenhausalarm- und -einsatzplanung für CBRN-Ereignisse

Obwohl in der Studie von Martens 94 % (363/388) der befragten Krankenhäuser über einen Krankenhausalarm- und -einsatzplan verfügten, war das Vorgehen bei einem CBRN-Ereignis nur in 22 % (84/388) der Pläne berücksichtigt [11]. Im Vergleich hierzu hatten 80,43 % (189/235) der Krankenhäuser in unserer Befragung einen Alarm- und Einsatzplan für biologische Ereignisse, 49,36 % (116/235) für chemische Ereignisse und 34,47 % (81/235) für radionukleare Ereignisse.

### Alarmierung der Notaufnahme

Eine Vorabinformation der Leistelle ist wichtig, damit sich Notaufnahmen auf das Eintreffen von kontaminierten Selbstvorstellern vorbereiten und den Krankenhausalarm- und -einsatzplan rechtzeitig auslösen können. In der Studie von Martens verfügten 69,59 % der Krankenhäuser (270/388) über eine direkte telefonische Verbindung („rotes Telefon“) zur Rettungsleitstelle [11]. In unserer Studie konnte gezeigt werden, dass die Alarmierung bei einem CBRN-MANV zu 38,94 % (81/208) über eine solche Direktleitung erfolgte, während in 40,87 % (85/208) der Notaufnahmen ein definierter Funktionsträger (z.B. diensthabender Arzt) direkt benachrichtigt wurde. Andere Modalitäten waren die Alarmierung über die Telefonzentrale (19,23 %, 40/208), Alarmierung über ein Alarmfax (20,19 %, 42/208) oder die Ankündigung über ein elektronisches Vorabinformationssystem, wobei hier am häufigsten IVENA (Interdisziplinärer Versorgungsnachweis) genannt wurde (12,98 %, 27/208). Demgegenüber gaben nur 4,81 % (10/208) der Notaufnahmen an, dass keine Vorabinformation der Rettungsleitstelle erfolgen würde. Bei 93,17 % (191/205) der Befragten unterschied sich der Alarmierungsweg bei CBRN-Ereignissen nicht vom regulären

Alarmierungsweg bei anderen MANV-Lagen.

Eine Rückmeldung an den diensthabenden Arzt bei einer Häufung von Patienten mit ähnlichen Symptomen und Verdacht auf eine Vergiftung/ein CBRN-Ereignis war laut Angaben der Befragten in 85 % (174/204) der Notaufnahmen gewährleistet, was vor dem Hintergrund einer meist mangelhaften Ausbildung in der Erkennung einer CBRN-Lage und häufig fehlenden Schulungen zum Krankenhausalarm und -einsatzplan jedoch fragwürdig erscheint.

### Organisatorische, strukturelle und logistische Aspekte

In der Befragung von Martens war eine Isolation von Patienten lediglich in 20,36 % der Krankenhäuser (79/388) möglich gewesen [11]. Im Vergleich hierzu gaben in unserer Befragung 87,12 % der Notaufnahmen an (203/233), dass eine (irgendwie geartete) Möglichkeit zur Isolation gegeben sei, auch wenn lediglich 27,04 % der Notaufnahmen (63/233) über einen komplett vom Ein- und Ausgang der Notaufnahme separierten Zugang zum Isolationsbereich verfügten. Dies mag z.T. eine Folge der COVID-19-Pandemie sein, was auch durch die hohe Zahl von Häusern, die über einen Alarm- und Einsatzplan für biologische Ereignisse verfügen, im Vergleich zu der deutlich niedrigeren Zahl von Häusern, die über einen Alarm- und Einsatzplan für chemische- oder radionukleare Ereignisse verfügen, nahegelegt wird.

Ein Dekontaminationsbereich war in der Studie von Martens lediglich in 14,95 % (58/388) der Krankenhäuser vorhanden. In unserer Befragung gaben dagegen 50 % (116/232) der Krankenhäuser an, über einen irgendwie gearteten Dekontaminationsbereich zu verfügen. Dabei wurde in der Studie von Martens nicht genau erfragt, wo sich der Dekontaminationsbereich befindet, und wie dieser ausgestattet ist. In unserer Studie gaben 15,09 % (35/232) der Krankenhäuser an, dass sich der Dekontaminationsbereich im Inneren des Krankenhauses befindet, und 9,48 % (22/232) der Krankenhäuser gaben an, dass sich der Dekontaminationsbereich im Freien befindet, was beides als nicht ideal angesehen werden muss.

Tab. 1 Ausbildungsintervalle von Mitarbeitern der Notaufnahme								
Ausbildungsinhalt	Häufiger als einmal/Monat	Häufiger als einmal in 6 Monaten	Häufiger als einmal/Jahr	Häufiger als einmal/3 Jahre	Seltener als einmal/3 Jahre	Keine Schulung	Ich weiß es nicht	Andere Antworten*
Anzahl der Antworten (n)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
Krankenhausalarm- und -einsatzplan (252)	2 (0,79%)	13 (5,16%)	58 (23,02%)	74 (29,37%)	61 (24,21%)	41 (16,27%)	3 (1,19%)	0 (0%)
Intoxikationen (208)	3 (1,44%)	12 (5,77%)	38 (18,27%)	52 (25,00%)	48 (23,08%)	48 (23,08%)	5 (2,40%)	2 (0,96%)
Medizinischer Umgang mit Kontaminationen (208)	1 (0,48%)	4 (1,92%)	27 (12,98%)	37 (17,79%)	56 (26,92%)	75 (36,06%)	7 (3,37%)	1 (0,48%)
An- und Ablegen von Schutzkleidung („donning and doffing“) (207)	1 (0,48%)	4 (1,93%)	23 (11,11%)	27 (13,04%)	59 (28,50%)	79 (38,16%)	13 (6,28%)	1 (0,48%)
Dekontaminationsprozess (208)	1 (0,48%)	2 (0,96%)	11 (5,29%)	30 (14,42%)	49 (23,56%)	106 (50,96%)	8 (3,85%)	1 (0,48%)

\*Freiextantworten, die nicht sinnvoll ausgewertet werden konnten

\*Freitextantworten, die nicht sinnvoll ausgewertet werden konnten

Idealerweise sollte eine Dekontamination so schnell wie möglich erfolgen, bevor die Patienten das Krankenhaus betreten, um eine Kontamination des Krankenhauses zu verhindern und die Exposition der Patienten und des Personals zu beenden bzw. zumindest zu verringern. Ein Dekontaminationsbereich im Inneren des Krankenhauses beinhaltet die Gefahr der Dekontaminationsverschleppung ins Krankenhaus und des damit einhergehenden Ausfalls des Krankenhauses für die Versorgung der betroffenen Patienten sowie ggf. noch eine Erhöhung der Anzahl der Betroffenen durch Kontamination des Personals oder anderer Patienten des Krankenhauses. Da eine Dekontamination üblicherweise als „Nassdekontamination“, also durch das Waschen des Patienten mit Wasser und Seife, erfolgt, besteht für die Patienten zudem die Gefahr einer Hypothermie, insbesondere bei einer Dekontamination im ungeschützten Freibereich vor der Notaufnahme und bei Verwendung von kaltem Wasser. Aus diesen Gründen sollte sich ein Dekontaminationsbereich idealerweise vor der Notaufnahme befinden, über Warmwasseranschlüsse verfügen sowie einen Schutz vor der Witterung bieten und beheizt werden können. Hierfür bietet sich beispielsweise ein fest installierter oder schnell aufbaubarer Bereich in der Fahrzeughalle oder einem entsprechend vorgehaltenen Zelt an.

Eine Warmwasserversorgung war nur in 18,14% (41/226) der Kliniken im Dekontaminationsbereich vorhanden, während in 13,27% (30/226) der Krankenhäuser wenigstens eine Kaltwasserversorgung verfügbar war. Ein Konzept zum Umgang mit den bei der Dekontamination anfallenden Abwässern war ebenfalls nur in 29,96% (68/227) der befragten Kliniken vorhanden. Spezielle Behälter für kontaminierte Kleidung wurde von 45,81 (104/227) der Krankenhäuser vorgehalten. Wechselkleidung für dekontaminierte Patienten wurde nur in 23,45% (53/226) der Kliniken vorgehalten. Dies legt nahe, dass ein Dekontaminationsbereich, der den Mindestanforderungen genügt, vermutlich nur in rund 30% der Krankenhäuser, die an dieser Umfrage teilnahmen, vorhanden war.

Für die Durchführung der Dekontamination ist in 31,25% (65/208) der Krankenhäuser das Personal der Notaufnahme

<b>Tab. 2</b> Antwortkategorien und deren Häufigkeit zu Ausbildungsinhalten zu Kontaminationen und Dekontamination		
Antwortkategorie	Häufigkeit der Antwort (%)	Absolute Zahl der Antworten (n)
Theorieschulung CBRN-Gefahrstoffe	49,15	29/59
An- und Ausziehen der Schutzkleidung	38,98	23/59
Eigenschutz	33,90	20/59
Übung der Dekontamination	32,20	19/59
Krankenhausalarm- und -einsatzplan	15,25	9/59
Entsorgung kontaminierter Kleidung	10,17	6/59
Antidottherapie, spezifische Therapie	10,17	6/59
Erkennen von Indexpatient/CBRN-Lage	8,47	5/59
Umgang mit vorgehaltenem Material	6,78	4/59
Überwachung	3,39	2/59
Sichtung	1,69	1/59
Falldiskussionen	1,69	1/59

<b>Tab. 3</b> Unterstützungsbedarf deutscher Notaufnahmen in der Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse			
Rang nach Wichtigkeit	Antwort	Punkte	Wertungen
1	Klare Vorgaben durch Behörden	674	194/202
2	Schulungen durch ausgebildetes Personal/Kurse	629	192/202
3	Beratung für Erstellung von Plänen	598	190/202
4	Gelder für Materialien/Bereitstellung von Materialien	533	200/202
5	Beratung für Anschaffungen	411	188/202

me vorgesehen, wohingegen in 27,40 % (57/208) der Krankenhäuser ein irgendwie gearteter Rufdienst bzw. hinzugerufenen Personal diese Aufgabe übernehmen soll. Da anzunehmen ist, dass das Personal der Notaufnahme bei einem MANV bzw. CBRN-MANV bereits durch andere Aufgaben gebunden ist, ist die Vorplanung von zusätzlichem Personal für diese Aufgabe sinnvoll. Im Vergleich hierzu verfügten im Jahr 2007 lediglich 5 % der Krankenhäuser über einen Rufdienst für CBRN-Ereignisse [11]. Daneben existieren weitere Aspekte, wie der hohe Aufwand für Schulung, Training der Dekontaminationskonzepte und der Erfüllung arbeitsrechtlicher Auflagen für das Arbeiten in Schutzkleidung, die eine teilweise Auslagerung an Kräfte außerhalb der Notaufnahme sinnvoll erscheinen lassen [38]. Hierzu existieren unterschiedliche, maßgeschneiderte Konzepte einzelner Kliniken [39, 40]. Es muss allerdings angemerkt werden, dass die Dekontamination in einem durch externe Kräfte (z. B. Feuerwehr) zur Verfügung gestellten Zelt, wie dies von 26,29 % (61/232) der Befragten angegeben wurde, in mehrfacher Hin-

sicht als problematisch angesehen werden muss. Einheiten der Feuerwehr, welche in der Lage sind, eine Dekontamination von Patienten durchzuführen, besonders wenn es sich um liegende Verletzte handelt, sind an wenigen Orten stationiert, und es ist hochwahrscheinlich, dass diese Einheiten bei einem CBRN-MANV bereits am Schadensort im Einsatz sein werden und daher nicht für eine Versorgung von Patienten am Krankenhaus zur Verfügung stehen [32]. Ein Verlassen auf externe Kräfte, deren Verfügbarkeit ungewiss ist, scheint daher wenig sinnvoll.

### Persönliche Schutzausrüstung

In der Studie von Martens wurden in 8,50 % (33/388) der Krankenhäuser Chemieschutzanzüge vorgehalten, und 18,56 % (72/388) der Krankenhäuser verfügten über Infektionsschutzanzüge [11]. In unserer Studie hielten 26,64 % (61/229) der Krankenhäuser einen Chemieschutzanzug mit umgebungsluftabhängigem Atemschutz vor. Ein Chemieschutzanzug mit umgebungsluftunabhängigem

Atemschutz war dagegen nur in 0,87 % (2/229) der Notaufnahmen als höchste Schutzanzugsklasse vorhanden.

### Dekontaminationsprozess und -kapazitäten

Nur 16,35 % (34/208) der Krankenhäuser gaben an, in der Lage zu sein, gehfähige, kontaminierte Patienten, einem Dekontaminationsschema folgend, dekontaminieren zu können. Dies ist problematisch, da bei einem CBRN-Ereignis bzw. CBRN-MANV in Notaufnahmen insbesondere mit kontaminierten, aber noch gehfähigen Selbstvorstellern gerechnet werden muss, während bei liegenden verletzten Patienten die Durchführung einer Dekontamination an der Schadensstelle insgesamt wahrscheinlicher ist [38]. Aufgrund der potenziell hohen Zahl an Selbstvorstellern, welche in der Lage sind, die Kapazitäten der Notaufnahme schnell zu überfordern, werden verschiedene Ansätze diskutiert, wie die Anleitung zur Selbstdekontamination [41, 42]. Nichtsdestotrotz müssen auch für diese Ansätze geeignete Strukturen und Einrichtungen vorhanden sein. Darüber hinaus sollten Notaufnahmen auch mit der Vorstellung von liegenden kontaminierten Patienten rechnen, die spontan oder noch vor bekannt werden der CBRN-Lage abtransportiert wurden, sowie mit schwer verletzten Patienten der Sichtungskategorie I, welche möglicherweise vor einer vollständigen Dekontamination transportiert wurden.

Selbst eine Notdekontamination mit improvisierten Mitteln war nur bei 39,90 % (83/208) der befragten Krankenhäuser möglich, und nur wenige Krankenhäuser waren in der Lage, Angaben darüber zu machen, wie viele Patienten pro Stunde dekontaminiert werden können. Die Angaben von Krankenhäusern, die in der Lage waren zur Dekontaminationskapazität Angaben zu machen, lagen dabei meist weit unter den Erwartungen, die beispielsweise laut dem Rahmenkonzept für die Dekontamination verletzter Personen des BBK an DEKON-V-Einheiten gestellt werden; dieses sieht die Dekontamination von 40 gehfähigen und 10 liegenden Patienten/h vor [10].

### Vorbereitung deutscher Notaufnahmen verschiedener G-BA-Stufen und Bundesländer

Im Vergleich zwischen den Notaufnahmen der verschiedenen G-BA-Stufen zeigten sich für die Wasserversorgung im Dekontaminationsbereich, für die Entsorgung von Abwässern und für die Vorhaltung von Schutzanzügen keine signifikanten Unterschiede. Demgegenüber zeigte ein Vergleich zwischen den verschiedenen Bundesländern deutliche, z.T. signifikante Unterschiede in der Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse. Insbesondere die Notaufnahmen der Stadtstädte Berlin und Hamburg waren deutlich besser vorbereitet, was maßgeblich an der Durchführung nichtangekündigter Übungen und der Bereitstellung finanzieller Mittel zur Vorbereitung auf CBRN-Lagen durch die Länder Berlin und Hamburg liegen dürfte. Dies deckt sich mit den bereits 2007 von Martens publizierten Daten, bei denen lediglich für die Berliner Notaufnahmen eine ausreichende Vorbereitung angenommen werden konnte [11].

### Ausbildungsintervalle und -inhalte

Die Ausbildung des Personals in An- und Ablegen der Schutzkleidung („donning und doffing“), der Identifikation kontaminierter Patienten bzw. von Patienten mit Vergiftungserscheinungen sowie die Unterweisung in den Inhalten des Krankenhausalarm- und -einsatzplans und die Schulung des Dekontaminationsprozesses fanden in den meisten Krankenhäusern selten bis gar nicht statt.

Gerade bei einem Anschlag mit CBRN-Gefahrstoffen ist die Erkennung einer CBRN-Lage durch das Personal der Notaufnahme bzw. des Rettungsdienstes (z. B. mehrere Patienten mit ähnlichen, unerklärlichen Beschwerden, ausgebleichte Flecken auf Kleidungsstücken) für das weitere Vorgehen des Rettungsdienstes und der Krankenhäuser entscheidend, um die richtigen Schritte in der Bewältigung des Schadensereignisses einzuleiten und die Notaufnahme vor einer sekundären Kontamination zu schützen. Ebenso ist die Unterweisung des Personals in der Handhabung der Schutzausrüstung und in der Durchführung der Dekontamina-

tion entscheidend. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, wie auch die Ergebnisse der vorangehenden Studie von Martens [11], legen nahe, dass nur ein kleinerer Teil der Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse suffizient vorbereitet ist.

### Unterstützungsbedarf deutscher Notaufnahmen

Von 262 Leiterinnen und Leitern deutscher Notaufnahmen beantworteten 202 unsere Frage nach einem Unterstützungsbedarf bei der Vorbereitung der Notaufnahme auf ein CBRN-Ereignis. Am häufigsten wünschten sich die Umfrageteilnehmer dabei klare Vorgaben durch Behörden sowie Schulungen durch ausgebildetes Personal und Beratung bei der Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen für entsprechende Ereignisse. Danach wurden die Bereitstellung von finanziellen Mitteln und/oder Material sowie Beratung bei der Anschaffung von Material genannt. Die Ergebnisse dieser Umfrage decken sich dabei weitgehend mit hierzu publizierten Ergebnissen von Martens [11]. Hier wurde an erster Stelle eine konzeptionelle Unterstützung bei der Erstellung von Plänen (53 %, 215 Antworten) und fachlicher Rat (47 %, 190 Antworten) genannt, gefolgt von der Bereitstellung von finanziellen Mitteln und Material.

Als eine der Hauptursachen der schlechten Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse muss die Verantwortungsdiffusion zwischen verschiedenen administrativen Ebenen und das Fehlen konkreter gesetzlicher Vorgaben angenommen werden. Prinzipiell sind die Bundesländer sowohl für den Katastrophenschutz als auch die Krankenhausstrukturen in den Bundesländern verantwortlich. Während die Krankenhausausschüsse aller Bundesländer für Krankenhäuser einen Krankenhausalarm- und -einsatzplan vorschreiben, werden zu den Inhalten der Pläne in der Regel keine konkreten Angaben gemacht und deren Funktionieren in der Mehrzahl der Bundesländer auch nicht überprüft. Zudem wird die Vorbereitung auf entsprechende Ereignisse in der Regel auch nicht finanziell unterstützt, und eine Finanzierung über die Krankenkassen ist rechtlich mutmaßlich nicht zulässig, da es sich hierbei um strukturelle Kosten handelt. Unter dem,

auf den Krankenhäusern lastenden, immer weiter zunehmenden Kostendruck ist die Vorbereitung auf interne und externe Lagen für die Mehrzahl der Krankenhäuser eher eine lästige Pflicht und wird dementsprechend nachlässig umgesetzt.

Studien zeigen, dass auch in anderen Nationalstaaten ähnliche Probleme in der Vorbereitung von Krankenhäusern auf CBRN-Ereignisse bestehen [15–37]. Eine Verbesserung der Vorbereitung auf solche Ereignisse ist jedoch möglich, wie Erfahrungen z.B. aus England zeigen. Hier verbesserte sich die Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse, nachdem im Jahr 2001 das englische Gesundheitsministerium entschieden hatte, Krankenhäuser mit entsprechender Schutzausrüstung und selbstentfaltenden Zelten auszustatten [27]. Im weiteren Verlauf wurde 2005 ein Gesetz verabschiedet, dass Krankenhäuser dazu verpflichtet, sich auf CBRN-Ereignisse suffizient vorzubereiten [29]. In Israel sind Krankenhäuser gesetzlich verpflichtet, alle 3 bis 5 Jahre eine CBRN-MANV-Vollübung mit 100 bis 400 Verletztendarstellern abzuhalten [37], weswegen israelische Krankenhäuser auf entsprechende Situationen deutlich besser vorbereitet zu sein scheinen. Aber auch die Ergebnisse der Bundesländer Berlin und Hamburg in dieser Studie zeigen, dass eine bessere Vorbereitung möglich ist. Probleme, wie die oben bereits angesprochenen unzureichenden Vorgaben von Behörden oder eine fehlende Finanzierung, wurden in diesen Bundesländern bereits adressiert, mit dem Ergebnis einer besseren Vorbereitung der Notaufnahmen dieser Bundesländer.

### Limitationen

Die vorliegende Studie wurde als Online-Befragung durchgeführt und über das gemeinsame Notaufnahmeverzeichnis von DIVI und DGINA an die Leiterinnen und Leiter von Notaufnahmen an 963 deutschen Krankenhäusern versendet. Dementsprechend besteht eine Limitation unserer Studie darin, dass es sich um Daten, die von den Befragten selbst berichtet wurden, handelt. Bei einer Rücklaufquote von 27,21 % unterliegt die Studie den üblichen Limitationen (Stichprobenfehler bzw. Antwortausfallverzerrungen).



rung/Schweigeverzerrung). Dies gilt in besonderem Maß für Vergleiche zwischen einzelnen Bundesländern, da der Rücklauf aus den verschiedenen Bundesländern inhomogen und für einige Bundesländer zu gering war, um ein repräsentatives Bild zu ermöglichen.

Für eine detailliertere Auswertung der Vorbereitung nach Bundesländern und G-BA-Stufen war eine Beschränkung auf wenige Tracer-Fragen notwendig. Die Fragen nach Wasserversorgung, Wasserentsorgung und Schutzkleidung am Dekontaminationsplatz wurden als Tracer-Fragen ausgewählt, da die Fragen klar beantwortbar sind und eine klare Einteilung der Antworten in eine suffiziente und insuffiziente Vorbereitung möglich ist. Die Auswahl der Fragen erfolgte letztlich subjektiv und sollte dazu dienen, den Anteil der Kliniken besser einschätzen zu können, die tatsächlich auf CBRN-Lagen vorbereitet sind. Während rund 50 % der Kliniken zunächst angaben, über einen irgendwie gearteten Dekontaminationsplatz zu verfügen, zeigt sich – unabhängig von den jeweiligen Fragen – dass die ausgewählten, feiner granulierteren Tracer-Fragen nur in rund 30 % eine suffiziente Vorbereitung auf CBRN-Lagen nahelegen.

Da wir die Motivationen für die Teilnahme an der Umfrage nicht kennen, können wir nur spekulieren, inwiefern dies die Ergebnisse unserer Umfrage beeinflusst hat. Wir gehen davon aus, dass diejenigen, die an der Umfrage teilgenommen haben, ein höheres Interesse an diesem Thema haben. Wenn dies zutrifft, muss davon ausgegangen werden, dass die Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse unter denjenigen, welche nicht an unserer Umfrage teilgenommen haben, mutmaßlich eher schlechter sein wird und die Ergebnisse dieser Umfrage das Problem möglicherweise eher noch unterschätzen. Unabhängig davon bleibt festzuhalten, dass eine relevante Anzahl der antwortenden Kliniken nicht ausreichend vorbereitet ist, obwohl ein gesellschaftlicher und verfassungsmäßiger Anspruch der Bevölkerung auf eine adäquate Behandlung durch die Kliniken besteht, und obwohl Klinikmitarbeiter einen Anspruch auf die Verminde- rung von Gesundheitsgefahren durch den Einsatz von Arbeitsschutzmitteln, wie eine geeignete persönlichen Schutzaus-

rüstung für mögliche Gefahren am Arbeitsplatz, haben. In unserer Studie verfügten beispielsweise 72 % der antwortenden Kliniken (166/229) nicht über eine ausreichende Schutzkleidung – bezogen auf die Gesamtzahl der angeschriebenen Kliniken (Grundgesamtheit) sind dies immerhin mindestens 17 % der Notaufnahmen in Deutschland (166/963), von denen wir wissen, dass diese unzureichend vorbereitet sind.

Des Weiteren muss aufgrund des „Top-down“-Studiendesigns mit Befragung der Leiterinnen bzw. Leiter der Notaufnahmen davon ausgegangen werden, dass der Kenntnisstand der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Notaufnahmen zu Abläufen bei einer CBRN-Lage noch schlechter sein wird und die Vorbereitung damit systematisch zu gut eingeschätzt werden wird.

Im Gegensatz zu früheren Arbeiten enthielt unsere Studie keine Fragen zur Vorhaltung spezieller Antidote, da dies den Umfang der Umfrage deutlich vergrößert hätte.

Ungeachtet dieser Einschränkungen repräsentiert die vorliegende Umfrage einen relevanten Anteil der deutschen Notaufnahmen und kann wertvolle Einblicke in den gegenwärtigen Stand der Vorbereitung deutscher Notaufnahmen auf CBRN-Ereignisse liefern.

#### Fazit für die Praxis

- Die meisten deutschen Kliniken sind auch 16 Jahre nach der letzten, diesbezüglichen Erhebung nicht ausreichend auf die Versorgung von Patienten nach einem CBRN-Ereignis vorbereitet.
- Vor dem Hintergrund der dargestellten Daten besteht aus Sicht der Autoren ein dringender Handlungsbedarf, die Vorbereitung von Krankenhäusern auf CBRN-Ereignisse bundesweit systematisch zu verbessern.
- Aus Sicht der Autoren ist daher zu fordern, dass eine suffiziente Vorbereitung auf CBRN-Ereignisse und andere Lagen gesetzlich verpflichtend sein sollte, die Inhalte der Vorbereitung genau festgeschrieben sein müssen, die Vorbereitung entsprechend unterstützt und finanziert werden sollte bzw. diese Finanzierung gesetzlich geregelt werden sollte und die Umsetzung z. B. im Rahmen von Übungen durch zuständige Behörden regelmäßig überprüft werden muss.

#### Korrespondenzadresse



**Prof. Dr. med. M. Bollinger, DESAIC**  
Fakultät für Gesundheit, Department Humanmedizin, Universität Witten/Herdecke Witten, Deutschland  
Matthias.Bollinger@hs-furtwangen.de

#### Biografie

**Prof. Dr. med. M. Bollinger** Facharzt für Anästhesiologie, Zusatzbezeichnung Notfallmedizin, Intensivmedizin, Klinische Akut- und Notfallmedizin.

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

**Umgang mit Daten.** Die in dieser Studie erhobenen und ausgewerteten Daten sind bei begründeter Nachfrage vom korrespondierenden Autor der Studie erhältlich.

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** M. Bollinger, S. Bushuven, M. Bentele, S. Bentele, S. Wenske, D. Goertz, M. Kohl, A.D. Shapeton, P. Tralls und B. Kumle geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien. Von allen an der Befragung Beteiligten liegt eine schriftliche Einverständniserklärung vor. Die Zustimmung einer Ethikkommission war nicht notwendig.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen

Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

- Svendsen E, Runkle J, Dhara V (2012) Epidemiologic methods lessons learned from environmental public health disasters: Chernobyl, the World Trade Center, Bhopal, and Graniteville, South Carolina. *Int J Environ Res Public Health* 9(8):2894–2909
- Mackie E, Svendsen E, Grant S, Michels JE, Richardson WH (2014) Management of chlorine gas-related injuries from the Graniteville, South Carolina, train derailment. *Disaster med public health prep* 8(5):411–416
- Lindahl JF, Grace D (2015) The consequences of human actions on risks for infectious diseases: a review. *Infect Ecol Epidemiol* 5:30048. <https://doi.org/10.3402/iee.v5.30048>
- Morse SS, Mazet JA, Woolhouse M, Parrish CR, Carroll D, Karesh WB, Zambrana-Torrel C, Lipkin WI, Daszak P (2012) Prediction and prevention of the next pandemic zoonosis. *Lancet* 380(9857):1956–1965. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61684-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61684-5)
- Vale A (2005) What lessons can we learn from the Japanese sarin attacks? *Przegl Lek* 62(6):528–532
- Tokuda Y, Kikuchi M, Takahashi O, Stein GH (2006) Prehospital management of sarin nerve gas terrorism in urban settings: 10 years of progress after the Tokyo subway sarin attack. *Resuscitation* 68(2):193–202. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2005.05.023>
- Smith E (2006) National disaster preparedness in Australia—Before and after 9/11. *Australas J Paramed* 4:1–13
- Jones D (2005) Structures of bio-terrorism preparedness in the UK and the US: responses to 9/11 and the anthrax attacks. *Br J Polit Int Relat* 7(3):340–352
- Betlehem J, Schaefer J (2010) Emergency medical preparedness during the 2006 World Cup in Frankfurt, Germany. *Disasters* 34(1):155–163
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2006) Rahmenkonzept zur Dekontamination verletzter Personen der Bundesländer-Arbeitsgruppe
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2009) Dekontamination von Verletzten im Krankenhaus bei ABC-Gefahrenlagen. *Forschung im Bevölkerungsschutz*, Bd. 9
- Bollinger M, Bushuven S, Bentele M et al (2024) Preparedness of German emergency departments for chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) incidents. *Notfall Rettungsmed*. <https://doi.org/10.1007/s10049-024-01310-9>
- Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) (2022) *FwDV 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“*
- Deutsche Gesellschaft für Katastrophenmedizin e. V. (2024) Leitfaden für die Umsetzung von Basisanforderungen an Krankenhäuser in Vorbereitung auf CBRN-Lagen.
- Cone DC, Davidson SJ (1997) Hazardous materials preparedness in the emergency department. *Prehosp Emerg Care* 1(2):85–90. <https://doi.org/10.1080/10903129708958794>
- Burgess JL, Blackmon GM, Brodick CA, Robertson WO (1997) Hospital preparedness for hazardous materials incidents and treatment of contaminated patients. *West J Med* 167(6):387–391
- Ghilarducci DP, Pirrallo RG, Hegmann KT (2000) Hazardous materials readiness of United States level 1 trauma centers. *J Occup Environ Med* 42(7):683–692. <https://doi.org/10.1097/00043764-200007000-00002>
- Wetter DC, Daniell WE, Treser CD (2001) Hospital preparedness for victims of chemical or biological terrorism. *Am J Public Health* 91(5):710–716. <https://doi.org/10.2105/ajph.91.5.710>
- Greenberg MI, Jurgens SM, Gracely EJ (2002) Emergency department preparedness for the evaluation and treatment of victims of biological or chemical terrorist attack. *J Emerg Med* 22(3):273–278. [https://doi.org/10.1016/s0736-4679\(02\)00427-4](https://doi.org/10.1016/s0736-4679(02)00427-4)
- Higgins W, Wainright C, Lu N, Carrico R (2004) Assessing hospital preparedness using an instrument based on the mass casualty disaster plan checklist: results of a statewide survey. *Am J Infect Control* 32(6):327–332. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2004.03.006>
- Bennett RL (2006) Chemical or biological terrorist attacks: an analysis of the preparedness of hospitals for managing victims affected by chemical or biological weapons of mass destruction. *Int J Environ Res Public Health* 3(1):67–75. <https://doi.org/10.3390/ijerph2006030008>
- Kaji AH, Lewis RJ (2006) Hospital disaster preparedness in Los Angeles County. *Acad Emerg Med* 13(11):1198–1203. <https://doi.org/10.1197/j.ajem.2006.05.007>
- Belsky JB, Klausner HA, Karson J, Dunne RB (2016) Survey of emergency department chemical hazard preparedness in Michigan, USA: a seven year comparison. *Prehosp Disaster med* 31(2):224–227. <https://doi.org/10.1017/S1049023X16000108>
- Rodgers J (1998) A chemical gas incident in London: how well prepared are London A & E departments to deal effectively with such an event? *Accid Emerg Nurs* 6(2):82–86. [https://doi.org/10.1016/s0965-2302\(98\)90004-2](https://doi.org/10.1016/s0965-2302(98)90004-2)
- Horby P, Murray V, Cummins A, Mackway-Jones K, Euripidou R (2000) The capability of accident and emergency departments to safely decontaminate victims of chemical incidents. *J Accid Emerg Med*

## Preparedness of German emergency departments for chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) hazardous material. Survey among the heads of German emergency departments via the joint German emergency department directory of the German Interdisciplinary Association for Intensive Care and Emergency Medicine and the German Society for Interdisciplinary Emergency- and Acute Medicine

**Background:** Postpandemic experiences and lessons learned from terrorist attacks, wars and disasters worldwide demonstrate that emergency departments must be prepared for mass casualty events related to chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) hazardous materials. The aim of this study was to investigate whether German emergency departments are sufficiently prepared for such events. The main results of this survey have previously been published. This article contains additional results on the preparedness of emergency departments in the different German Federal States.

**Methods:** We developed an online questionnaire, which was distributed to all heads of emergency departments in Germany via the German joint emergency department directory. The primary endpoint was whether German emergency departments are sufficiently prepared for CBRN incidents. The results of the survey were described using absolute numbers and percentages. The capacity for decontamination was graphically displayed using box and whisker plots.

**Results:** Out of 963 hospitals with emergency departments 262 (27.21%) of the heads of emergency departments answered the questionnaire. Of the hospitals 80.43% (189/235) had a hospital alarm and emergency plan for biological incidents, 49.36% (116/235) for chemical incidents and 34.47% (81/235) for radiological and nuclear incidents. Some form of decontamination site was reported by 50% (116/232) but only 31.42% (71/226) reported having a water supply in the decontamination area. Sufficient protective equipment was only available in 27.61% (63/229) of the emergency departments. Only 12.02% (25/208) of the hospitals were able to decontaminate supine patients following a decontamination scheme.

**Conclusion:** Most German hospitals are not adequately prepared to handle casualties resulting from CBRN incidents. Given these results, there is an urgent need to systematically improve the preparedness of hospitals for CBRN incidents.

### Keywords

Hazardous materials · Disaster medicine · Population protection · Civil protection · ABC



- 17(5):344–347. <https://doi.org/10.1136/emj.17.5.344>
26. George G, Ramsay K, Rochester M, Seah R, Spencer H, Vijayasankar D, Vasicuro L (2002) Facilities for chemical decontamination in accident and emergency departments in the United Kingdom. *Emerg Med J* 19(5):453–457. <https://doi.org/10.1136/emj.19.5.453>
27. Al-Damouk M, Bleetman A (2005) Impact of the department of health initiative to equip and train acute trusts to manage chemically contaminated casualties. *Emerg Med J* 22(5):347–350. <https://doi.org/10.1136/emj.2004.018580>
28. Anathallee M, Curphey A, Beeching N, Carley S, Crawford I, Mackway-Jones K (2007) Emergency departments (EDs) in the United Kingdom (UK) are not prepared for emerging biological threats and bioterrorism. *J Infect* 54(1):12–17. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2006.03.034>
29. Williams J, Walter D, Challen K (2007) Preparedness of emergency departments in northwest England for managing chemical incidents: a structured interview survey. *BMC Emerg Med* 7:20. <https://doi.org/10.1186/1471-227X-7-20>
30. Kollek D, Cwinn AA (2011) Hospital emergency readiness overview study. *Prehosp Disaster med* 26(3):159–165. <https://doi.org/10.1017/S1049023X11006212>
31. Burda P, Sein AJ, Chodorowski Z, Groszek B (2007) Strategiczne przygotowanie wybranych szpitali do działań w warunkach masowych skażeń chemicznych (Strategic preparedness of selected hospitals to act during massive chemical disasters). *Przegl Lek* 64(4-5):212–214
32. Mortelmans LJ, Van Boxtael S, De Cauwer HG, Sabbe MB (2014) Preparedness of Belgian civil hospitals for chemical, biological, radiation, and nuclear incidents: are we there yet? *Eur J Emerg Med* 21(4):296–300. <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000072> (Belgian Society of Emergency and Disaster Medicine (BeSEDIM) study)
33. Mortelmans LJM, Gaakeer MI, Dieltiens G, Anseeuw K, Sabbe MB (2017) Are Dutch hospitals prepared for chemical, biological, or radionuclear incidents? A survey study. *Prehosp Disaster med* 32(5):483–491. <https://doi.org/10.1017/S1049023X17006513>
34. Ziegler A (2007) Hospital preparedness for contaminated patients in Austria: a survey. *Prehosp Disaster med* 22(2):118–119
35. Li X, Huang J, Zhang H (2008) An analysis of hospital preparedness capacity for public health emergency in four regions of China: Beijing, Shandong, Guangxi, and Hainan. *BMC Public Health* 8:319. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-8-319>
36. Edwards NA, Caldicott DG, Eliseo T, Pearce A (2006) Truth hurts—hard lessons from Australia's largest mass casualty exercise with contaminated patients. *Emerg Med Australas* 18(2):185–195. <https://doi.org/10.1111/j.1742-6723.2006.00827.x>
37. Tur-Kaspa I, Lev EI, Hendler I, Siebner R, Shapira Y, Shemer J (1999) Preparing hospitals for toxicological mass casualties events. *Crit Care Med* 27(5):1004–1008. <https://doi.org/10.1097/00003246-199905000-00045>
38. Razak S, Hignett S, Barnes J (2018) Emergency department response to chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive events: a systematic review. *Prehosp Disaster med* 33(5):543–549. <https://doi.org/10.1017/S1049023X18000900>
39. Markel G, Krivoy A, Rotman E, Schein O, Shrot S, Brosh-Nissimov T, Dushnitsky T, Eisenkraft A (2008) Medical management of toxicological mass casualty events. *Isr Med Assoc J* 10(11):761–766
40. Kippnich M, Schorscher N, Sattler H, Kippnich U, Meybohm P, Wurmb T (2021) Managing CBRN mass casualty incidents at hospitals—find a simple solution for a complex problem: a pilot study. *J Emerg Manag* 20(1):23–29. <https://doi.org/10.5055/jem.0650>
41. Clarke SF, Chilcott RP, Wilson JC, Kamanyire R, Baker DJ, Hallett A (2008) Decontamination of multiple casualties who are chemically contaminated: a challenge for acute hospitals. *Prehosp Disaster med* 23(2):175–181. <https://doi.org/10.1017/s1049023x00005811>
42. Cibulsky SM, Sokolowski D, Lafontaine M, Gagnon C, Blain PG, Russell D, Kreppel H, Biederbick W, Shimazu T, Kondo H, Saito T, Jourdain JR, Paquet F, Li C, Akashi M, Tatsuzaki H, Prosser L (2015) Mass casualty decontamination in a chemical or radiological/nuclear incident with external contamination: guiding principles and research needs. *PLoS Curr*. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.9489f4c319d9105dd0f1435ca182eaa9>

**Hinweis des Verlags.** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.