

Dekontamination und Notfallbehandlung nach Unfällen mit begleitender radioaktiver Kontamination

Neben der akzidentiellen Exposition ionisierender Strahlung kann es bei der ungeplanten Freisetzung radioaktiver Stoffe auch zur Kontamination mit diesen kommen. Eine besondere Herausforderung ist eine solche Kontamination eines Patienten in Kombination mit weiteren unfallbedingten Verletzungen. Die Akutversorgung solch kontaminierter Unfallverletzter ist komplex und kann nur in wenigen Kliniken in Deutschland angeboten werden. Als unfallchirurgisches Zentrum der Maximalversorgung hält die BG Klinik Ludwigshafen ein entsprechendes Zentrum für kontaminierte Verletzte vor, welches im vorliegenden Artikel vorgestellt werden soll.

Das Zentrum für kontaminierte Verletzte

Die BG Klinik Ludwigshafen ist ein in der Metropolregion Rhein-Neckar gelegenes Krankenhaus der unfallchirurgischen Maximalversorgung mit rund 550 Betten. Träger der BG Kliniken sind die gewerblichen Berufsgenossenschaften und die Unfallkassen. Als medizinische Einrichtung der gesetzlichen Unfallversicherung versorgt die BG Klinik Ludwigshafen Menschen nach Arbeits- oder Wegeunfällen – mit allen geeigneten Mitteln.

Darüber hinaus leistet die Klinik aber auch einen bedeutenden Beitrag für die Gesundheitsversorgung der Gesamtbevölkerung. Die BG Kliniken arbeiten gemeinnützig und reinvestieren sämtliche Gewinne in die Sicherung und den Ausbau ihrer medizinischen Leistungsangebote.

Aufgaben des Zentrums für kontaminierte Verletzte

Neben zahlreichen spezialisierten Bereichen für die Versorgung von Schwerverletzten, Schwerbrandverletzten und Querschnittgelähmten

hält die Klinik ein Zentrum für kontaminierte Verletzte vor.

Das Personal dieses Zentrums wird im Bedarfsfall von Ärzten und Pflegefachkräften aus verschiedenen Fachabteilungen gestellt:

- Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
- Klinik für Hand-, Plastische und Rekonstruktive Chirurgie
- Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin und Schmerzmedizin
- Klinik für Interdisziplinäre Rettungs- und Notfallmedizin
- Schwerbrandverletzententrum
- OP-Zentrum

Das Zentrum für kontaminierte Verletzte der BG Klinik Ludwigshafen ist zuständig für die Dekontamination und Notfallbehandlung aller Unfallverletzten mit begleitender Kontamination. Hierbei werden chemische, biologische, radiologische und nukleare Gefahren (CBRN-Gefahren) als Quelle einer möglichen Kontamination unterschieden. Während Kontaminationen mit biologischen und radioaktiven Gefahrstoffen selten sind, werden in der BG Klinik Ludwigshafen jährlich ca. 120 Patienten mit Kontamination durch einen chemischen Gefahrstoff behandelt.

Das Zentrum für kontaminierte Verletzte ergänzt die regionalen Strahlenschutzzentren des Instituts für Strahlenschutz der Berufsgenossenschaft für Energie, Textil und Elektro (BG ETEM) sowie der Berufsgenossenschaft für Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) bei der medizinischen Behandlung von Strahlenunfallverletzten.

Bauliche Infrastruktur

Eine Kontaminationsverschleppung in die Räumlichkeiten der Klinik im Rahmen der Behandlung kontaminierter Patienten kann schwerwiegende Folgen haben. In Abhängigkeit vom Ge-

Dekontamination und Notfallbehandlung



Abb. 1: Ana Milena Aul und Prof. Dr. Dr. Michael Kreinest berichten über das Zentrum für kontaminierte Verletzte der BG Klinik Ludwigshafen.



Abb. 2: Grundriss des Erdgeschosses des Zentrums für kontaminierte Verletzte mit den Bereichen Notfallbehandlung und Dekontamination (blau), OP-Trakt (grün) sowie Schleusen (rot) und Arbeitsflur (gelb)

fahrstoff kann eine Gefährdung von Patienten, Mitarbeitenden und Angehörigen entstehen. Vor allem die Kontamination von Klinikräumen mit biologischen oder radioaktiven Gefahrstoffen kann eine vollständige Räumung der Klinik mit umfangreichen Desinfektions- bzw. Dekontaminations-Maßnahmen verursachen. Eine wichtige Maßnahme zur Verhinderung einer solchen Kontaminationsverschleppung ist eine entsprechend angepasste bauliche Infrastruktur. Abbildung 2 zeigt den Grundriss des Bereichs der Akutversorgung des Zentrums für kontaminierte Verletzte (Erdgeschoss).

Die Mitarbeitenden treffen sich im Einsatzfall an der Meldestelle (Abb. 2; 7) und betreten die Räumlichkeiten ausschließlich über eine entsprechende Personalschleuse mit Einbahnstraßensystem (Abb. 2; rot).

Eine gesonderte Liegendkrankenfahrt (Abb. 2; 1) sorgt für eine Trennung der kontaminierten Verletzten von nicht kontaminierten Patienten von Beginn an. An die Wagenhalle (Abb. 2; 1) grenzt zunächst der Notfall-Behandlungsraum (Abb. 2; 2) an, über den anschließend der Zugang zum Dekontaminationsraum (Abb. 2; 3) und zuletzt zum Übergabe-Raum

(Abb. 2; 4) erfolgt. Die genannten Räume des Bereichs Notfallbehandlung und Dekontamination (Abb. 2; blau) sind nur als Einbahnstraße begehbar. Es besteht eine Audio- und Video-Verbindung vom Bereich der Notfallbehandlung in die Führungsstelle (Abb. 2; 6).

Die Versorgung des gesamten Bereichs der Notfallbehandlung und Dekontamination (Abb. 2; blau) mit benötigtem Material erfolgt über den Arbeitsflur (Abb. 2; gelb).

Zur weiterführenden Behandlung kontaminierter Unfallverletzter ist

ein separater Operationsbereich (Abb. 2; grün) mit Patientenschleuse, Operationsaal und Aufwachraum angeschlossen.

Die bauliche Infrastruktur des Zentrums wird um eine Isolationsstation im ersten Obergeschoss ergänzt (nicht abgebildet). Im Untergeschoss befinden sich entsprechende Einrichtungen für die Raumlufttechnik und eine Abklinganlage für radioaktiv kontaminierte Abwässer (Abb. 3).

Patientenschleuse



Abb. 3: Abklinganlage für radioaktiv kontaminierte Abwässer im Untergeschoss

Außerhalb des Einsatzfalls wird eine Doppelnutzung einzelner Bereiche z. B. zu Ausbildungszwecken angestrebt, um die baulichen Ressourcen bestmöglich zu nutzen und die Funktionalität zu erhalten.

Personelle Ressourcen

Das interdisziplinäre und interprofessionelle Dekontaminations- und Behandlungsteam des Zentrums für kontaminierte Verletzte der BG Klinik Ludwigshafen besteht aus rund 50 Mitarbeitenden aus den oben genannten Bereichen.

Alle Teammitglieder wurden zur medizinischen Dekontaminationsfachkraft

ausgebildet. Die entsprechende dreitägige Ausbildung erfolgt durch die BG Klinik Ludwigshafen gemeinsam mit der BASF SE und dem Karlsruher Institut für Technologie. Die Ausbildung kann auch von externen

Interessierten mit medizinischer Grundausbildung absolviert werden (weitere Informationen bei den Autoren). Neben der theoretischen Ausbildung steht vor allem das praktische Training in den Bereichen Notfallbehandlung und Dekontamination im Vordergrund:

- Grundlagen zu CBRN-Gefahrstoffen
- Einsatztaktik
- Messgerätekunde
- Notfallbehandlung
- Dekontamination
- Umgang mit persönlicher Schutzausrüstung
- Übungen zu Notfallmaßnahmen
- Übungen zur Dekontamination von Verletzten und Schwerverletzten

Um bei Bedarf auf weitere Expertise zurückgreifen zu können, besteht die Möglichkeit, zahlreiche Fachberater aus einschlägigen Behörden, Industrieunternehmen und weiteren Institutionen zu kontaktieren.

Reziprok sind auch einzelne Mitarbeitende des Zentrums für kontaminierte

Verletzte als Fachberater bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben benannt.

Materielle Ressourcen

Das für die Notfallbehandlung und die Dekontamination benötigte Material ist im Zentrum für kontaminierte Verletzte mobil in Rollcontainern verlastet (Abb. 4). Der Standort der Rollcontainer auf dem Arbeitsflur (Abb. 2; gelb) ermöglicht im Einsatzfall jederzeit einen sofortigen Zugriff auf das Material. Weiterhin erlaubt die Mobilität der Rollcontainer auch eine

Nutzung des Materials in anderen Bereichen der Klinik, wenn dies erforderlich sein sollte. Tabelle 1 (siehe S. 17) gibt einen Überblick über das vorgehaltene Material.

Einsatzablauf

Im Falle der Ankündigung eines kontaminierten Unfallverletzten erfolgt eine Alarmierung des Dekontaminationsteams mittels einer Alarmierungs-Software. Nach dem Eintreffen der Mitarbeitenden an der Meldestelle (Abb. 2; 7) erfolgt eine Lageeinweisung durch den Einsatzleiter. Das Dekonta-

Medizinische Dekontaminationsfachkraft



Abb. 4: Mobile Verlastung des benötigten Materials auf Rollcontainern im Arbeitsflur



Abb. 5: Im Zentrum vorgehaltene Messinstrumente zur Detektion radioaktiver Kontamination

Mess- und Simulationsgeräte für radiologische Notfälle und realistische Übungen



Der **DoIMo F** ist ein Dosis- und Dosisleistungsmessgerät mit Warnschwelle nach **FwDV 500**. Die technisch modifizierte Version **DoIMo SIM** reagiert auf Funkwellen und kann **ohne radioaktive Quellen** für Übungen eingesetzt werden.

Der **DoIMo F** ist jetzt auch mit dem **DoIMo-Telescope** nutzbar.



Des Weiteren steht der **CoMo SIM** als Simulationsgerät mit Magnetfeldererkennung zur Verfügung.

NUVIA Instruments GmbH
www.nuviatech-instruments.com/de
 (s. Zivilschutz), Kontakt@nuvia.com

Ort	Inhalt
Rollcontainer 1	Material zum Einrichten der Meldestelle Führungsmittel (Kennzeichnungsweste Einsatzleiter, Dokumentationsmittel)
Rollcontainer 2	Persönliche Schutzausrüstung (Gebläse Schutzanzüge) in ausreichender Menge und Größenauswahl
Rollcontainer 3	
Rollcontainer 4	Material zur medizinischen Behandlung (Schockraum-Ausstattung) Antidote
Rollcontainer 5	Dekontaminationsmittel Dekontaminationszubehör (Lappen, Schwämme etc.)
Rollcontainer 6	Messgeräte (Abb. 5, siehe S. 16) Auffangwanne
Notfallwagen	Material zur Notfallbehandlung (Ergänzung zu Rollcontainer 4) Notfallmedikamente

Tab. 1: Inhalt der Rollcontainer des Zentrums für kontaminierte Verletzte in Ludwigshafen

minationsteam begibt sich in die Personalschleuse und legt die persönliche Schutzausrüstung (Gebläse-Schutzanzug) an.

Die eigentliche Dekontamination und Behandlung des Patienten erfolgt von 3 bis maximal 4 medizinischen Dekontaminations-

fachkräften (darunter 1 Arzt/Ärztin). Nur diese Mitarbeitenden betreten den Bereich der Notfallbehandlung und Dekontamination (Abb. 2; blau). Darüber hinaus stehen im Arbeitsflur (Abb. 2; gelb) 2 weitere Mitarbeitende als Springer zur Verfügung, welche zusätzlich benötigtes Material aus den Rollcontainern (Abb. 4) anreichen können. Zudem steht 1 Sicherheitstrupp aus 2 Mitarbeitenden bereit, um

im Falle eines Notfalls (rasante Verschlechterung des Patientenzustands oder Eigen-Notfall eines Teammitglieds) sofort eingreifen zu können. Der Einsatzleiter/die Einsatzleiterin führt den Einsatz aus der Führungsstelle (Abb. 2; 6).

Das gemeinsame Ziel ist die schnellstmögliche Dekontamination des Patienten. Wann immer möglich erfolgt im Notfall-Behandlungsraum nur die Vorbereitung auf die Nass-Dekontamination (Entkleiden, Kontaminationsmessung, Spot-Dekontamination und Inkorporationsschutz). Nur bei einem kritischen Patientenzustand (z. B. lebensbedrohliche Verletzungen, Bewusstlosigkeit) erfolgt eine der Dekontamination vorgeschaltete Notfallbehandlung (Stabilisierung des Patienten, Antidot-Gabe).

Anschließend erfolgt der Transfer des Patienten in den Dekontaminationsraum (Abb. 2; 3). Hier erfolgt die mindestens 10-minütige Nass-Dekontamination mit Wasser und – in Abhängigkeit der Kontamination – mit zusätzlichem Dekontaminationsmittel. Gehfähige Patienten können unter Aufsicht eine Eigendekontamination unter einer Dusche durchführen. Bei liegenden Patienten wird die gesamte Dekontamination vom

10-minütige Nass-Dekontamination



Abb. 6: Nass-Dekontamination eines Schwerverletzten durch das Dekontaminationsteam

Dekontaminationsteam übernommen (Abb. 6).

Nach der Nass-Dekontamination und der Freimessung wird der Patient im Übergabe-Raum (Abb. 2; 4) durch die beiden Springer empfangen. Nach dem Abtrocknen und Ankleiden des Patienten kann die Verlegung in den weiterbehandelnden Funktionsbereich (z. B. Operationsbereich, Intensivstation, Isolationsstation, Normalstation) erfolgen.

Der beschriebene grundlegende Einsatzablauf gilt für alle CBRN-Kontaminationen. Nur so kann durch eine regelmäßige Einsatzfrequenz die entsprechende Qualität in der Durchführung gehalten werden.

Übungsbericht

Aufgrund der niedrigen Inzidenz an Unfallverletzten mit begleitender radioaktiver Kontamination finden an der BG Klinik Ludwigshafen regelmäßig entsprechende Übungen statt.

Im Jahr 2025 fand eine gemeinsame Einsatzübung mit einem ortsansässigen Industrieunternehmen statt, in welchem die Nuklide Americium-241, Nickel-63 und Kohlenstoff-14 verarbeitet werden.

Das Szenario beinhaltete eine Verpuffung im Kontrollbereich eines Isotopenlabor des Unternehmens. Hierbei erlitten 2 Patienten neben den für eine Explosion typischen Verletzungen und Verbrennungen auch eine Kontami-

nation einer flüssigen Formulierung des Isotops Kohlenstoff-14, welches als Tracer eingesetzt wird.

Nach der Erstversorgung an der Einsatzstelle durch den Werksrettungsdienst erfolgte der Transport der beiden Patienten in das Zentrum für kontaminierte Verletzte (Abb. 7).

Parallel zur Notfallbehandlung durch die medizinischen Dekontaminationsfachkräfte der BG Klinik Ludwigshafen erfolgte die Kontaminations-Detektion durch das Strahlenschutz-Team des Karlsruher Instituts für Technologie. Anschließend wurde die Nass-Dekontamination (Abb. 6) durchgeführt. Im Rahmen der Nachmessung konnte keine weitere Kontamination mehr detektiert werden, weshalb die Freigabe zur Weiterbehandlung erfolgte. Aufgrund der schweren Verletzungen und Verbrennungen musste die weitere Versorgung der Patienten auf der Intensivstation des Schwerbrandverletztenzentrums erfolgen.

Noch während der Notfallbehandlung erfolgte in der Führungsstelle eine Abstimmung des Einsatzleiters mit dem hinzugezogenen Strahlenschutzbeauftragten des betroffenen Kontrollbereichs. Zudem wurden bei bestehendem Verdacht auf eine Inkorporation bei einem Patienten telefonisch weitere Fachberater hinzugezogen.

Verpuffung im Kontrollbereich eines Isotopenlabors



Abb. 7: Rettungswagen vor der Liegendkrankenabfahrt des Zentrums für kontaminierte Verletzte

Fazit

Das Hauptziel der Einsatzübung war der reibungslose Ablauf im Bereich der zahlreichen Schnittstellen, welche im Rahmen der Akutbehandlung von radioaktiv kontaminierten Schwerverletzten entstehen. Es konnte gezeigt werden, dass die Akutbehandlung von kontaminierten Schwerverletzten trotz ihrer Komplexität im interdisziplinären Zusammenspiel aller Beteiligten gut gelingen kann.

Ana Milena Aul,
Michael Kreinest