

G. Haeseler  
C. Henke-Gendo  
P.M. Vogt  
H. A. Adams

## Der Notfallplan des Krankenhauses bei ABC-Gefahrenlagen

### Hospital emergency department preparedness for NBC mass casualties

Eingegangen: 27. November 2007  
Akzeptiert: 11. Dezember 2007  
Online publiziert: 21. Januar 2008

Serie:  
*Der Notfallplan des Krankenhauses*  
Herausgegeben von  
H.-A. Adams (Hannover)

Prof. Dr. med. Gertrud Haeseler (✉)  
Klinik für Anästhesiologie  
und Intensivmedizin – OE 8050  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Str. 1  
30623 Hannover, Germany  
Tel.: +49-511/532-6873  
Fax: +49-511/532-3441  
E-Mail:  
Haeseler.Gertrud@MH-Hannover.de

C. Henke-Gendo  
Institut für Virologie  
Medizinische Hochschule Hannover  
30623 Hannover, Germany

P.M. Vogt  
Klinik für Plastische, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Schwerbrandverletzungszentrum Niedersachsen  
Medizinische Hochschule Hannover  
30623 Hannover, Germany

H. A. Adams  
Stabsstelle für Interdisziplinäre Notfall- und Katastrophenmedizin  
Medizinische Hochschule Hannover  
30623 Hannover, Germany

► **Abstract** Hospital emergency department preparedness for mass-casualty incidents involving nuclear, biological or chemical (NBC) threats relies on close cooperation between hospital and pre-hospital emergency staff. It is essential that the hospital is immediately secured from unauthorized intrusion in order to avoid contamination of the hospital area and staff. The strategy of the pre-hospital emergency staff to avoid the unnecessary spread of contaminated material involves thorough decontamination of exposed persons near the site of the incident and coordinated transport to the primary care hospitals after decontamination. However, uncoordinated access of contaminated victims requires emergency decontamination by hospital staff. Thus, hospital staff must be prepared to provide in-hospital decontamination. Coordinated admission of contaminated patients into the NBC primary care hospital relies on a thorough decontamination by pre-hospital emergency staff at a decontamination site installed outside the hospital. Screening of patients is performed by hospital staff with special expertise in emergency medicine. Following admission, each patient is assigned to a team of specialists. Pre-hospital patient documentation is switched to in-

hospital documentation after admission using machine-readable electronic admission numbers.

► **Key words** nuclear, biological, chemical disasters – hospital emergency plan

► **Zusammenfassung** Die geordnete Versorgung einer großen Zahl von exponierten Personen nach einem Großschadensereignis durch atomare, biologische oder chemische (ABC-) Noxen erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen den Einsatzleitungen der Feuerwehr und des Krankenhauses. Vorrangig ist die sofortige Sperrung des Krankenhaus-Geländes, um eine Kontamination der gesamten Einrichtung zu vermeiden. Die Einsatztaktik von Feuerwehr und Rettungsdienst zielt darauf ab, die Ausbreitung der Noxe durch bestmögliche Dekontamination am Schadensort und strikte Transportkoordination zu minimieren. Unkoordiniert eintreffende kontaminierte Patienten müssen jedoch vom Krankenhauspersonal not-dekontaminiert werden, wozu bestimmte materielle und organisatorische Vorbereitungen erforderlich sind. Die koordiniert eintreffenden Patienten werden von der Feuerwehr auf einem vor der Klinik betriebenen Dekontaminationsplatz dekontaminiert und danach in die

ABC-Versorgungsklinik übernommen. Die Sichtung erfolgt durch notfallmedizinisch besonders erfahrene Ärzte, die weitere Behandlung durch Teams, die jeweils einen Patienten versorgen.

Die rettungsdienstlich begonnene Patientendokumentation wird bei der Übernahme in die Klinik durch die klinikeigene Barcode-gestützte Patientendokumentation abgelöst.

### ► Schlüsselwörter

Atomare, Biologische, Chemische Kampfstoffe – Krankenhaus – Notfallplan

## Einleitung

Ereignisse der jüngeren Vergangenheit haben gezeigt, dass sich auch die Krankenhäuser mit der Bedrohung durch atomare, biologische oder chemische (ABC) Noxen bei entsprechenden Großschadensereignissen auseinandersetzen müssen. Schon bei Gefahrgutunfällen und Störfällen können – meist bekannte – Gefahrstoffe freigesetzt werden und die Bevölkerung treffen. Terroranschläge zielen bewusst auf die Schädigung möglichst vieler Menschen; darüber hinaus ist die Noxe regelmäßig noch nicht identifiziert, während die Betroffenen bereits in die Krankenhäuser strömen. So wurden nach dem Sarin-Anschlag auf die U-Bahn in Tokio im Jahr 1995 nur etwa 10% der rund 5000 Verletzten mit Rettungsmitteln in die Krankenhäuser eingeliefert [20]. Eine Überflutung der Krankenhäuser mit nicht gesichteten und nicht dekontaminierten Personen kann jedoch die gesamte Einrichtung ausschalten [17, 20] – ohne stringente Vorbereitung haben die Kliniken kaum eine Chance zur spezifischen Behandlung einer ggf. hohen Anzahl von Patienten.

Für die Bewältigung der Schadenslage sind die ersten ein bis zwei Stunden nach dem Ereignis entscheidend. Der unverzügliche Nachweis der Noxe mit spezifischer Therapie der Schädigung verbessert die Prognose der Betroffenen und verhindert Kollateralschäden durch sekundäre Kontamination von Kontaktpersonen und hier insbesondere des medizinischen Personals, wie dies nach dem Sarin-Anschlag in der U-Bahn von Tokio der Fall war. Hier drang das Nervengift aufgrund seiner hohen Lipophilie durch die Gummihandschuhe der Helfer und verteilte sich zudem – bedingt durch den großen Ansturm kontaminierter Personen in die Notfallaufnahmen – in der Klimaanlage und damit der Raumluft der Krankenhäuser [20]. Auch bei der SARS-Epidemie in Hongkong (SARS = Severe Acute Respiratory Syndrome) wurde der Erreger sekundär auf medizinisches Personal übertragen [20]. Diese Erfahrungen zwingen dazu, standardisierte Abläufe für die Patientenversorgung im Krankenhaus bei ABC-Gefahrenlagen zu entwickeln und diese Abläufe im Rahmen regelmäßiger Übungen zu erproben.

## Allgemeine Einsatzgrundsätze

Beim terroristischen Einsatz von ABC-Kampfmitteln ist mit einer Panik und der Ausbreitung der Noxe durch kontaminierte Personen zu rechnen. Die Einsatztaktik von Feuerwehr und Rettungsdienst zielt darauf ab, die Ausbreitung der Noxe durch bestmögliche Dekontamination am Schadensort und strikte Transportkoordination zu minimieren. Die Patienten werden am Schadensort auf einem Dekontaminationsplatz (Dekon-Platz) dekontaminiert und danach gezielt der klinischen Versorgung zugeführt. Ggf. wird vor einer vorab bestimmten Klinik – der sog. ABC-Versorgungsklinik – ein zusätzlicher Dekon-Platz für die Verletzten-Dekontamination (Dekon-V) eingerichtet. Sowohl die ABC-Versorgungsklinik – aber auch jedes andere Akutkrankenhaus – muss aber damit rechnen, dass nicht dekontaminierte Patienten unkoordiniert mittels Privattransport eintreffen. Dies bedeutet, dass in allen Akutkliniken zumindest die Not-Dekontamination dieser Patienten vorbereitet sein muss – dies nicht zuletzt auch zum Schutz des eigenen Personals.

### Not-Dekontamination unkoordiniert eintreffender Patienten

Grundregeln zum ersten, behelfsmäßigen Schutz des Personals beim unkoordinierten Eintreffen kontaminierter Patienten sind:

Benutzung von Infektionsschutzsets (Tab. 1), die dazu griffbereit sein müssen,

**Tab. 1** Inhalt des Infektionsschutzsets

- 1 feinfiltrierende Partikelmaske (FFP-3) mit Ausatemventil (nicht für Patienten geeignet)
- 1 Arbeitsschutzbrille mit seitlichem Spritzschutz
- 1 OP-Kopphaube
- 1 flüssigkeitsdichter Overall (ersatzweise Plastikschrürze und hinten schließender Stoffkittel mit langen Ärmeln)
- 2 Einmal-Plastiküberschuhe
- 1 Paar lange Schutzhandschuhe
- 2 Pakete unsteriler Handschuhe (groß und mittelgroß)



**Abb. 1** Algorithmus zur Klassifizierung und Weiterversorgung der Patienten nach klinischen Leitsymptomen bei unbekannter Noxe (nach [20])

- unverzügliche Not-Dekontamination des Patienten durch Entkleiden, Abduschen mit Warmwasser für etwa 1 min, Abwaschen mit Waschlotion oder Seife für etwa 3 min sowie nochmaligem Abduschen für etwa 2 min,
- Minimierung der Exposition (Abstand halten, Kontaktzeit minimieren),
- Fernhalten unbeteiligter Personen,
- Absperrung des potentiell kontaminierten Bereichs,
- geordnete endgültige Dekontamination des Patienten und aller Kontaktpersonen,
- ggf. Verschluss der kontaminierten Räume und Einrichtung eines Ausweichbetriebs.

Die Schutzkleidung ist bis zur sicheren Dekontamination des Patienten zu tragen. Kleidung und Ausscheidungen des Patienten sind potentiell kontaminiert und sachgerecht zu entsorgen. Bei noch unbekannter Noxe kann zur Sichtung und Weiterbehandlung der Patienten ein symptomorientierter Algorithmus (Abb.1) benutzt werden (nach [20]).

## Koordinierter Ablauf in der ABC-Versorgungsklinik

### ■ Führungsstruktur, Alarmstufen und allgemeiner Personaleinsatz

Die Führungsstruktur [2] ist zweigliedrig und umfasst die Krankenhaus-Einsatzleitung und die Medizinische Einsatzleitung. Während der Krankenhaus-Einsatzleitung die administrativ-organisatorische Führung obliegt, ist die Medizinische Einsatzleitung für die unmittelbare Patientenversorgung verant-

wortlich. Sie wird vom Ärztlichen Leiter vom Dienst (ÄLvD) geführt; dies ist in der Regel der Leiter oder ein Oberarzt der primär betroffenen Fachabteilung.

Bei ABC-Gefahrenlagen wird zweckmäßig auf die Einteilung in die üblichen drei Alarmstufen verzichtet und nur zwischen der Aufnahme eines einzelnen und der mehrerer Patienten unterschieden, weil der organisatorische Aufwand im Vordergrund steht und die Patientenzahl in den Hintergrund tritt.

Wie bei anderen Gefahrenlagen werden Behandlungsteams zur Versorgung jeweils eines Notfallpatienten gebildet [2]. Die Teams sollen möglichst aus Fachärzten oder sonstigen notfallmedizinisch erfahrenen Ärzten bestehen.

### ■ Allgemeine Einsatztaktik

Die allgemeinen Zugänge zur ABC-Versorgungsklinik werden gesperrt und die koordiniert mit dem Rettungsdienst eintreffenden Patienten auf einem von der Feuerwehr vor der Klinik eingerichteten Dekon-Platz – bzw. in einer in das Krankenhausgebäude integrierten Einrichtung – dekontaminiert und danach zur klinischen Versorgung übernommen. In der ABC-Versorgungsklinik erfolgt dann die Notfall- und Weiterbehandlung sowie ggf. die geordnete Verlegung in spezielle Einrichtungen. Die allgemeine Patientenversorgung wird wie folgt strukturiert:

- Sperrung der Gebäudezugänge,
- Kontrolle aller eintreffenden Patienten auf Kontamination durch Einsatzkräfte der Feuerwehr,
- bei Bedarf Dekontamination auf einem Dekon-Platz in Verantwortung von Feuerwehr und Rettungsdienst,
- Klinikaufnahme erst nach abgeschlossener Dekontamination,
- klinische Versorgung durch die führende Fachdisziplin je nach Schädigung durch A-, B- oder C-Kampfmittel.

In der internationalen Literatur [12] wird die Zufuhr spezieller Materialien – etwa von Spürgeräten, Schutzkleidung, Antidoten und Impfstoffen – in die Krankenhäuser beschrieben, was aber in der Akutsituation kaum zu bewältigen ist. Es erscheint sinnvoller, die Krankenhäuser lediglich zur Not-Dekontamination zu befähigen und darüber hinaus auf die strukturierte Zusammenarbeit mit der Feuerwehr zu setzen, die über erhebliche und flächendeckend verfügbare Ressourcen verfügt [3]. Dazu zählen ABC-Erkundungsfahrzeuge und Dekon-P-Ausstattungen (Dekon-P = Personen-Dekontamination; begrenzt für Dekon-V nutzbar) sowie eine zunehmende Zahl spezieller Dekon-V-Ausstattungen. Die ABC-Erkundungsfahrzeuge sind derzeit zum Nachweis von A-

und C-, jedoch nicht oder nur sehr eingeschränkt zum Nachweis von B-Noxen befähigt. Ein Breitband-Screening auf B-Kampfstoffe mittels Genom- oder Proteom-Microassays steht aber zumindest in Entwicklung.

### ■ Sichtung und Dokumentation

In der Literatur wird eine Relation von 1:5:7 für schwerstverletzte, leichtverletzte sowie unverletzte, aber beunruhigte Patienten angegeben [17]. Die Sichtung und Einteilung der Patienten in diese Kategorien ist – selbst wenn sie durch erfahrene Notärzte erfolgt – mit einer gewissen Fehlerwahrscheinlichkeit behaftet [4].

Kinder sind grundsätzlich vorrangig zu sichten und zu behandeln [17]. Sie sind bei Katastrophen sowohl allgemein gefährdeter als Erwachsene – so haben sie geringere Chancen zu entkommen und geringere Möglichkeit, Kontakt mit Rettungskräften aufzunehmen. Ihre Gefährdung durch ABC-Noxen ist wegen der größeren relativen Körperoberfläche und der höheren Durchlässigkeit der Haut sowie durch höheres Atemminutenvolumen, höheren Sauerstoffverbrauch und höheren Grundumsatz erhöht.

Die Patienten werden – bei Bedarf bereits im Eingangsbereich des Dekon-Platzes – durch einen erfahrenen und entsprechend geschützten Arzt gesichtet und dann der Dekon-V zugeführt. Im Einzelfall ist noch vor der Dekontamination die Sicherung der Vitalfunktionen erforderlich. Nach der Dekontamination werden die Patienten in die Klinik übernommen und im Eingangsbereich erneut gesichtet.

Die rettungsdienstlich begonnene Patientendokumentation wird bei der Übernahme in die Klinik durch die klinikeigene Patientendokumentation abgelöst. Diese kann z.B. aus einer eindeutigen, elektronisch lesbaren Aufnahmeummer bestehen, die mit einem festen Band an Hand- oder Fußgelenk befestigt wird.

### ■ Grundzüge der Dekontamination [15]

- Nach der Eingangssichtung erfolgt zunächst die vorgezogene punktuelle Dekontamination bestimmter Körperregionen, um eine Inkorporation von Noxen während der Notfallversorgung zu verhindern (sog. Spot-Dekontamination). Dazu zählen die Dekontamination des Gesichts und die nachfolgende Anlage einer dicht sitzenden Gesichtsmaske zum Schutz vor Aerosol-Einwirkung sowie – sofern Blutdruckmessung, Pulsoxymetrie oder Anlage eines venösen Zugangs erforderlich sind – die Dekontamination eines Armes.

- Auch größere offene Verletzungen werden spot-dekontaminiert und flüssigkeitsdicht verbunden.
- Danach erfolgt die Ganzkörper-Dekontamination mit Wasser und Waschlotion oder Seife. Lagebezogen werden auch Reinigungs- oder Desinfektionsmittel eingesetzt.
- Im Anschluss an die Dekontamination wird der Patient bei A-Lagen sowie möglichst auch bei C-Lagen auf Kontaminationsfreiheit geprüft. Für biologische Noxen ist dies derzeit nicht verlässlich möglich.

### ■ Weiterbehandlung in der ABC-Versorgungsklinik

In der Medizinischen Hochschule Hannover ist die Weiterbehandlung je nach der führenden Schädigung der Patienten wie folgt organisiert:

- Bei Schädigung durch *A-Kampfmittel* erfolgt die erste klinische Sichtung im Eingangsbereich gemeinsam durch die erfahrensten Fachärzte für Anästhesiologie, Plastische, Hand- und Wiederherstellungs (PHW)-Chirurgie, Unfallchirurgie und Hämatologie. Patienten mit Kombinationstraumen werden von der Unfallchirurgischen oder – je nach Beteiligung der Haut – der Klinik für PHW-Chirurgie übernommen und analog zum Vorgehen bei Massenansturm von Verletzten versorgt. Ausschließlich strahlengeschädigte Patienten werden von der Abteilung Hämatologie, Hämostaseologie und Onkologie übernommen und analog zum Vorgehen bei allgemeingefährlichen Infektionskrankheiten versorgt.
- Bei Schädigung durch *B-Kampfmittel* erfolgt die erste klinische Sichtung im Eingangsbereich gemeinsam durch die erfahrensten Fachärzte für Anästhesiologie sowie Innere Medizin/Immunologie unter Einbindung eines Facharztes für Mikrobiologie/Hygiene. Anschließend werden die Patienten analog zum Vorgehen bei Patienten mit allgemeingefährlichen Infektionskrankheiten versorgt.
- Bei Schädigung durch *C-Kampfmittel* erfolgt die erste klinische Sichtung im Eingangsbereich durch die erfahrensten Fachärzte für Anästhesiologie und Innere Medizin/Pneumologie sowie – bei Verletzung durch Hautkampfstoffe – für PHW-Chirurgie. Bei Augenverletzungen ist ein Augenarzt hinzuzuziehen. Anschließend werden die Patienten analog zum Vorgehen beim Massenansturm intoxikierter Patienten versorgt.

Die Abteilungszuordnung ist den örtlichen Gegebenheiten anzupassen, wobei am Grundsatz der Zuordnung zum führenden Fachgebiet festzuhalten ist. Bei Einlieferung von Kindern sind Ärzte für Pädiatrie

oder Kinderchirurgie zuzuziehen, bei A-Gefahrenlagen der Bevollmächtigte für Strahlenschutz und bei B-Gefahrenlagen der Beauftragte für biologische Sicherheit.

Lebensbedrohliche Traumen (z.B. explosionsbedingt) sind vorrangig zu versorgen, weil eine Aussage zur Prognose eines begleitenden A-, B- oder C-Schadens kaum möglich ist. Die Versorgung erfolgt in der Notfallaufnahme sowie den OP- und Intensivbereichen, die dazu ggf. freigemacht werden müssen. Initial als leichtverletzt oder unverletzt klassifizierte Patienten sind in einer etwas abgesetzten Zone (Eingangshalle, Aula usw.) weiter zu überwachen, damit unverzüglich auf eine kritische Veränderung ihres Zustandes reagiert werden kann.

Informationen nach außen erfolgen nur durch den Leiter der Pressestelle oder einen anderen Beauftragten für die Öffentlichkeitsarbeit. Hierbei sollen Empfehlungen an potentiell Exponierte ausgesprochen werden, die sich noch nicht im Krankenhaus vorgestellt haben [2, 16]. Gleichzeitig muss alles vermieden werden, was eine Panikreaktion provozieren kann [12].

### Spezielle Aspekte bei A-Gefahrenlagen

Zum atomaren Bedrohungsszenario zählen der Einsatz von Gefechtsfeldwaffen mit direkter Druck-, Hitze- und Strahlenwirkung und indirekter Wirkung durch radioaktiven Niederschlag in der näheren und weiteren Umgebung, der kombinierte Einsatz von konventionellem Sprengstoff und radioaktivem Material als „Schmutzige Bombe“ (dirty bomb) sowie die individuelle oder lokale Ausbringung von Strahlenquellen, z.B. auch als unbemerkte Ingestion oder Inhalation. Eine radioaktive Bedrohung muss grundsätzlich bei jedem Terroranschlag erwogen werden [9]. Der Schutz des Personals beinhaltet folgende Maßnahmen [19]:

- Schutz der Einsatzkräfte durch vollständige ABC-Schutzkleidung mit ABC-Schutzmaske (umluftunabhängiger Atemschutz im Einzelfall),
- bei lokaler Strahlenquelle sofortige Isolierung der Quelle, Fernhalten unbeteiligter Personen und Abspernung des betroffenen Bereichs,
- Verringerung der Strahlenexposition (Abstand halten, möglichst kurzer Aufenthalt im verstrahlten Bereich),
- laufende Messung der Ortsdosisleistung,
- verzugslose Not-Dekontamination am Schadensort,
- geordnete endgültige Dekontamination aller betroffenen Personen im sicheren Umfeld der Schadensstelle,

- Evakuierung aus betroffenen oder absehbar betroffenen Bereichen (Niederschlag),
- ggf. Ausgabe von Jodid-Tabletten zum Schutz der Schilddrüse vor Einlagerung von radioaktivem J-131.

Die Initialversorgung von Patienten mit Kombinationschäden folgt zunächst den allgemeinen Regeln der Notfallmedizin; dies insbesondere bei lebensbedrohlichem Trauma (z.B. explosionsbedingt), da präklinisch keine Aussage zur Prognose eines begleitenden Strahlenschadens möglich ist.

Bei einem Strahlenunfall ohne Fremdkörper-Einsprengung ist bisher nicht berichtet worden, dass von einem zumindest notdürftig durch Entkleiden dekontaminierten Patienten eine für das medizinische Personal gefährliche Strahlung ausging [20]. Anders ist es nach der Explosion einer schmutzigen Bombe: Hier ist zumindest modellhaft nachgewiesen, dass eingesprengte radioaktive Partikel nicht nur den Patienten, sondern auch das medizinische Personal vital gefährden können [18]. Daher ist hier ganz besonders auf eine gründliche Dekontamination zu achten.

Zeit ist der wichtigste Faktor bei der Weiterversorgung von Patienten nach einer Strahlenexposition. Die Therapie nach einem Strahlenschaden ist zwar supportiv – dennoch erhöht diese supportive Therapie die  $LD_{50}$  nach einem Strahlenschaden von 3–4 Gy auf 6–7 Gy [9]. Kinder sind gegenüber Bestrahlung empfindlicher ( $LD_{50} < 1$  Gy) als Erwachsene. Bei einer Strahlendosis über 3 Gy ist die Überlebensrate höher, wenn schon innerhalb der ersten 24 h eine Therapie mit Colony-Stimulating-Factor (CSF) einsetzt. Die Abschätzung der Strahlendosis erfolgt anhand folgender Parameter (sog. automatisierte Biodosimetrie):

- Zeit bis Einsetzen der Übelkeit,
- Zeitkinetik der Leukozytendepletion,
- ggf. Chromosomen-Aberrations-Bioassay.

Die Symptome Übelkeit/Erbrechen, Diarrhö sowie Erythem ohne Fieber sind hochverdächtig auf einen akuten Strahlenschaden. Bei einer nach weniger als einer Stunde nach Exposition einsetzenden Übelkeit besteht der Verdacht auf eine Gesamtstrahlendosis von über 4 Gy. Viele Patienten werden jedoch erst nach 2–4 Wochen durch eine Neutropenie auffällig. Patienten mit einer Strahlendosis unter 1 Gy sind initial asymptomatisch.

Nach Maßgabe des Parameter „Zeit bis Einsetzen der Übelkeit“ wird wie folgt verfahren [9]:

- Über 4 h: Verlegung in eine periphere Einrichtung mit Handlungsanweisung zur Kontrolle der Leukozytenzahl usw.
- Unter 4 h bis über 1 h: Stationäre Aufnahme.
- Unter 1 h: Intensivtherapie, ernste Prognose.

In der Initialphase soll keine prophylaktische Zufuhr von Antiemetika erfolgen. Die initiale supportive Therapie besteht aus der Gabe von CSF sowie ggf. von Erythropoetin. Bei Einsetzen der Knochenmarksdepression (ca. 2–4 Wochen nach dem Ereignis) erfolgt die Gabe von leukozytendepletierten Erythrozyten- und Thrombozyten-Konzentraten sowie eine antibiotische Behandlung, ggf. unter Einschluss einer antiviralen und antifungalen Therapie.

## Spezielle Aspekte bei B-Gefahrenlagen

Das Vorgehen bei B-Gefahrenlagen stimmt in vielen Punkten mit dem bei allgemeingefährlichen Infektionskrankheiten [8] überein. Die große Herausforderung bei B-Gefahrenlagen ist, dass die Erreger unerkannt ausgebracht werden und bis zum Auftreten der ersten Erkrankungen nach Tagen bis Wochen bereits viele Menschen – ggf. weltweit – infiziert sein

**Tab. 2** Krankheitserreger mit B-Waffen-Potential. Adaptiert nach Centre of Disease Control and Prevention [6]. DIC = Disseminated intravascular Coagulation; disseminierte intravasale Gerinnung

Name/ Erreger	Symptome	Übertragung	Diagnostik	Besonderheiten	Bioterroristisches Potential
<b>Kategorie A</b>	Einfache Verteilung und Übertragung von Mensch-zu-Mensch, hohe Mortalität und Morbidität				
Anthrax (Bacillus anthracis)	<i>Hautmilzbrand:</i> juckende Makula oder Papel, im Verlauf in schwarze, nekrotisierende „Pustula maligna“ <i>Darmmilzbrand:</i> Fieber, Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, blutige Diarrhoe <i>Lungenmilzbrand:</i> Fieber, Schüttelfrost, unproduktiver Husten, Übelkeit/Erbrechen, schnell in ARDS übergehend	Direkter Hautkontakt  Kontaminierte Nahrungsmittel  Inhalation von Anthrax-Sporen	Abstrichkultur von der Effloreszenz  Blut/Stuhlkultur  Sputum, Blutkultur	Bekannte Zoonose von Weidetieren, Sporen bleiben jahrzehntelang in der Erde überlebensfähig, Antibiose vorhanden	Inhalation der Sporen
Pocken (Variola major)	Plötzlicher Krankheitsbeginn mit hohem Fieber, Kopf- und Gliederschmerzen, ab dem 6. Tag zentri petal ausbreitendes makulo-papulöses Exanthem, das sich über Vesikel in Pusteln umwandelt	Aerogene Infektion, direkter Kontakt zu Hautläsionen oder Sekreten	Elektronenmikroskopie des Bläscheninhalts, PCR aus Rachen-/ Exanthemabstrich	Aerogene Infektion, extrem hohe Kontagiosität, In-vitro-Daten zeigen Wirksamkeit von Cidofovir, Impfung vorhanden	Leichte Verbreitung des Erregers durch aerogene Infektion, hohe Morbidität und Mortalität bei niedriger Infektionsdosis
Botulismus (Clostridium botulinum)	Akute, afebrile, deszendierende schlaffe Paralyse mit Ptosis, Doppelsehen und Schluckstörungen	Toxin-Aufnahme durch kontaminierte Lebensmittel, Sporenkontamination von Wunden	Nachweis des (hitze-labilen) Toxins und/oder Erregers in Serum, Stuhl, Erbrochenem	Antitoxin vorhanden	Inhalation des aerosolierten Toxins
Tularämie (Francisella tularensis)	<i>Äußere Tularämie:</i> Primärkomplex mit ulzeröser Entzündung und lokaler Lymphadenopathie <i>Innere Tularämie:</i> Fieber, Bauchschmerzen, Durchfall und Übelkeit	Direkt über Kontakt zu erkrankten Tieren, indirekt über Stiche/Bisse von Ektoparasiten	Kultureller/molekularbiologischer Nachweis aus Eiter, Sputum, Biopsat	Antibiose vorhanden	Inhalation des aerosolierten Toxins
Lungenpest (Yersinia pestis)	Fieber mit Schüttelfrost und starken Kopfschmerzen, (Blut-)Husten, schnell in ARDS übergehend	Kontaktübertragung von Ratten meist über Biss des Rattenfloh	Kultur/mikroskopischer Nachweis aus Bubonen-aspirat, Blut oder Sputum, Anti-körperreaktion im Serum	Antibiose vorhanden, überstandene Pest hinterlässt keine absolute Immunität	Tröpfcheninfektion möglich, niedrige Infektionsdosis
Virale hämorrhagische Fieber (varies)	Je nach Virus <i>Marburg/Ebola:</i> DIG, makulopapulöses Exanthem <i>Krim-Kongo-HF:</i> Hämorrhagie, DIG <i>Rift-Valley-Fieber:</i> Hepatitis, Retinitis <i>Flaviviridae:</i> Fieber, biphasischer Verlauf	Je nach Virus durch Kontakt zu infiziertem Tierreservoir oder über Stiche/Bisse von Ektoparasiten	Virusnachweis mittels PCR aus Blut, Anti-körperreaktion aus Serum	Keine gesicherte Therapie, Ribavirin möglich	Übertragung von Mensch zu Mensch selten, aber möglich
<b>Kategorie B</b>	Verhältnismäßig einfach zu verteilen, moderate Morbidität, niedrige Mortalität. Dazu gehören u. a. Q-Fieber durch Coxiella burnetii, Brucellose durch Brucella spp., Melioidose durch Burkholderia spp., Enzephalitiden durch Toga-, Flavi-, Bunya- und Arenaviridae, Ricinus-communis-Toxin, Clostridium-perfringens-Toxin-epsilon, Staphylococcus-Enterotoxin-B				
<b>Kategorie C</b>	In der Umwelt verfügbar, einfache Herstellung und Verteilung, potentiell hohe Morbidität und Mortalität. Dazu gehören Infektion mit Nipah-Virus, Infektion mit Hanta-Viridae, Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), Gelbfieber, multiresistente Tuberkulose				

können. Das schnelle Erkennen der Gefahrenlage ist erschwert, zumal potentielle Erreger bereits weitgehend in Vergessenheit geraten sind oder als ausgestorben gelten. Darüber hinaus kann durch biotechnologische Verfahren die Virulenz und Pathogenität bekannter Erreger erhöht oder ihre Nachweisbarkeit durch etablierte Tests beseitigt werden (sog. killer bugs).

Das Centre for Disease Control and Prevention (CDC) der USA [6] hat – basierend auf Übertragbarkeit, Morbidität und Mortalität – eine Liste kritischer biologischer Agenzien erstellt (Tab. 2). Die Liste enthält auch Erreger, die nur durch Vektoren zu übertragen sind und damit zunächst ein geringeres Kampfmittelpotential aufweisen. Die Liste soll die Aufmerksamkeit nicht nur der Kliniker, sondern auch der Epidemiologen wecken. Darüber hinaus werden unübliche und multiresistente Stämme erfasst und Schnelltests zum Keimnachweis entwickelt. Erste Microarrays sowohl auf Protein- als auch auf Nukleinsäureebene [11, 14] ermöglichen den gleichzeitigen Direktnachweis mehrerer potentieller Erreger der Kategorien A und B, was jedoch die differentialdiagnostischen Überlegungen des Klinikers nicht

ersetzen kann. Stets ist die Hinzuziehung eines erfahrenen Infektiologen und/oder Mikrobiologen anzuraten, der insbesondere bei der Materialentnahme berät, den Kontakt zu Speziallaboratorien herstellt und für den fachgerechten Transport der Proben sorgt.

Die Aufzählung mehrerer Toxine in der Liste des CDC zeigt den fließenden Übergang zwischen B- und C-Kampfstoffen. So muss bei Vorliegen neurologischer Auffälligkeiten ohne Fieber (Schwäche, Doppelbilder, weite Pupillen) oder bei Übelkeit, Erbrechen und Erythem ohne Fieber immer auch an eine Schädigung durch C- oder A-Kampfstoffe gedacht werden.

### Spezielle Aspekte bei Verdacht auf Einsatz von C-Kampfstoffen

Bei C-Kampfstoffen (Tab. 3) kann es sich um speziell hergestellte Massenvernichtungsmittel oder um zweckentfremdet eingesetzte, ubiquitär verfügbare Substanzen handeln. Darüber hinaus können diese Stoffe auch im Rahmen von Gefahrgutunfällen in In-

Tab. 3 Potentielle C-Kampfstoffe

Klassifikation	Kampfstoff	Quelle	Besonderheiten	Symptome
<b>Nervengifte</b> <i>Antidot:</i> Atropin Pralidoxim  Autoinjektor nur für Erwachsene	Tabun Sarin Soman VX-Gas	Pestizide Nikotin Organophosphate Carbamate	Cholinesterase-Hemmer Sehr lipophil, rasche Absorption durch Haut und Gummi Geringere Empfindlichkeit gegenüber Anästhetika bei cholinergischer Stimulation	<b>Hypersalivation</b> Miosis Übelkeit Durchfall Muskelschwäche Atemnot Krämpfe
<b>Hautgifte</b> <i>Therapie:</i> symptomatisch, Seife zur Dekontamination	Lewisite Senfgas N-Lost		Freisetzung als Aerosol Verbrennungsähnliches Bild Cave: Immunsuppression	Erythem Blasenbildung Desquamation
<b>Reiz- und Ätzstoffe</b>		Ammoniak Halogene	Glottisödem Bronchospasmus	<b>Atemnot</b>
<b>Erstickungsgase</b> <i>Therapie:</i> symptomatisch	Phosgen Stickoxide	Teflon Chemische Polymere Rauch Verbrennungsprodukte	Lungenödem Ateminsuffizienz Cave: schwerer als Luft (Kinder!)	<b>Atemnot</b> <i>Frühzeichen</i> Brennen Tränen Blepharospasmus
<b>Hemmstoffe der Zellatmung</b> <i>Therapie:</i> Beatmung 100% O <sub>2</sub> Na-Thiosulfat Hydroxycobalmin Met-Hb-Bildner	Zyanide (hochtoxisch hochlipophil) Cave: Atemspende	Freisetzung bei Polsterbrand usw.	Innere Erstickung durch Hemmung der Cytochrom-Oxidase	Krämpfe Koma Rhythmusstörungen
<b>Lähmungs- und Betäubungsmittel</b> <i>Therapie:</i> Beatmungs- und Kreislauftherapie	3-Quinuclidinyl-Benzilat Halluzinogene Barbiturate Fentanyl-Derivate			Hypoxie Koma
<b>Tränengase</b>	Chloroacetophenon (CN) Chlorobenzyliden (CS)		Cave: Laryngospasmus	Brennen Blindheit (temporär)

dustrie, Landwirtschaft oder Verkehr freigesetzt werden. Die am weitesten verbreiteten Substanzen sind Ammonium, Halogene, Schwermetalle, Pestizide (Organophosphate) und Zyanid [5, 7, 10]. Auch C-Anschläge können zunächst unbemerkt verlaufen. Beispiele aus der jüngeren Vergangenheit sind die Beimischung von Insektiziden in Nahrungsmittel oder Gewürze [17] – die Ursache wurde erst aufgedeckt, nachdem Übelkeit, Erbrechen, Durchfälle, brennender Mund bei Hunderten von Betroffenen (auch Kindern) auftraten.

Wegen der weiten Verbreitung von Organophosphaten und der guten Behandelbarkeit der cholinergen Stimulation durch spezifische Antagonisten ist zunächst zu klären, ob eine Intoxikation mit Organophosphaten vorliegt oder charakteristische Symptome auf andere Stoffe hinweisen [13]. Die hohe Letalität der Zyanid-Intoxikation und das inhärente Risiko der Antidot-Therapie mit Met-Hämoglobinbildnern (Verschlechterung von Sauerstoff-Transport und -Abgabe) erzwingt bei entsprechendem Verdacht die rasche Sicherung oder den Ausschluss dieser Diagnose. Im weiteren Sinne gehören auch Betäubungsmittel ohne langfristige Toxizität (sog. Incapacitators) zu den C-Kampfstoffen. So konnten im Jahr 2002 durch Einleitung eines Fentanyl-Derivates in die Klimaanlage eines Moskauer Theaters zwar die dort befindlichen Geiselnahmer außer Gefecht gesetzt (bzw. getötet) werden; allerdings waren auch

zahlreiche Geiseln unter den Opfern, weil die Beatmung der Betäubten bzw. die Antagonisierung des Opioids nicht rasch genug erfolgten. Über das vital bedrohliche Potential bestimmter Substanzen hinaus bestehen Risiken durch chronische Exposition gegenüber Bioregulator-Proteinen oder -Peptiden, die schon in sehr niedrigen Konzentrationen komplexe nervale und humorale Prozesse stören (z. B. endogene Opiode, Substanz P, Neuropeptid Y, Vasopressin), sowie gegenüber Kanzerogenen wie Aflatoxin [1].

## Ausblick

Umfragen und kritische Analysen nach tatsächlichen Ereignissen zeigen immer wieder, dass Ärzte und Gesundheitseinrichtungen unzureichend auf ABC-Gefahrenlagen vorbereitet sind. Gründe hierfür sind vor allem die mangelnde Integration spezieller Aspekte der Notfall- und Katastrophenmedizin in die ärztliche und pflegerische Aus-, Weiter- und Fortbildung, Lücken in der Detektion von B-Kampfstoffen und die in vielen Regionen noch fehlende Vernetzung der präklinischen und klinischen Versorgung dieser Patienten. Hier bietet sich noch ein weites Feld in der Lehre, der Fort- und Weiterbildung sowie der einschlägigen angewandten Forschung.

## Literatur

1. Aas P (2003) The threat of mid-spectrum warfare agents. *Prehosp Disast Med* 18:306–312
2. Adams HA, Tecklenburg A (2007) Der Notfallplan des Krankenhauses. Grundlagen und allgemeine Struktur. *Intensivmed* 44:88–97
3. Adams HA, Vogt PM, Desel H, Lange C (2004) Grundzüge der präklinischen Versorgung bei terroristischem Einsatz von ABC-Kampfmitteln. *Deutsch Ärztebl* 101:A838–A843
4. Ashkenazi I, Kessel B, Khashan T, Haspel J, Oren M, Olsha O, Alfici R (2006) Precision of in-hospital triage in mass-casualty incidents after terror attacks. *Prehosp Disast Med* 21: 20–23
5. Berkowitz Z, Horton K, Kaye WE (2000) Hazardous substances releases causing fatalities and/or people transported to hospitals: rural/agricultural vs other areas. *Prehosp Disast Med* 19:213–220
6. Centre of Disease Control and Prevention (2000) Biological and chemical terrorism: Strategic plan for preparedness and response: Recommendations of the CDC strategic planning workgroup. *MMWR Recomm Rep* 49(RR-4):1–14
7. Eckstein M, Maniscalco PM (2005) Focus on smoke inhalation – the most common cause of acute cyanide poisoning. *Prehosp Disast Med* 21: s49–s55
8. Gastmeier P, Hoepfer MM, Stoll M, Adams HA (2007) Der Notfallplan des Krankenhauses bei allgemeingefährlichen Infektionskrankheiten. *Intensivmed* 44:270–278
9. Goans RE, Waselenko JK (2005) Medical Management of radiological casualties. *Health Phys* 89:505–512
10. Gudotti T (2005) Acute Cyanide poisoning in prehospital care: new challenges, new tools for intervention. *Prehosp Disast Med* 21:S40–48
11. Huelseweh B, Ehrlich R, Marschall HJ (2006) A simple and rapid protein array based method for the simultaneous detection of bio warfare agents. *Proteomics* 6:2972–2981
12. Kenar L, Karayilanoglu P (2006) Medical preparedness against chemical and biological incidents for the NATO summit in Istanbul and lessons learned. *Prehosp Disast Med* 21: 268–271
13. Krivoy A, Layish I, Rotman E, Goldberg A, Yehezkeli Y (2006) OP or not OP: The medical challenge at the chemical terrorism scene. *Prehosp Disast Med* 20:155–158
14. Lin B, Wang Z, Vora GJ, Thornton JA, Schnur JM, Thach DC, Blaney KM, Ligler AG, Malanoski AP, Santiago J, Walter EA, Agan BK, Metzgar D, Seto D, Daum LT, Kruzlock R, Rowley RK, Hanson EH, Tibbetts C, Stenger DA (2006) Broad-spectrum respiratory tract pathogen identification using resequencing DNA microarrays. *Genome Res* 16:527–535



15. Rahmenkonzept zur Dekontamination verletzter Personen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe (2006) Zentrum Katastrophenmedizin im Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, September 2006
16. Shabtai N (2004) Minimizing casualties in biological and chemical threats (war and terrorism): The importance of information to the public in a prevention program. *Prehosp Disast Med* 19:29–36
17. Shannon MW, McMillan JA (2006) Chemical-biological terrorism and its impact on children. *Pediatrics* 118: 1267–1278
18. Smith JM, Ansari A, Harper FT (2005) Hospital management of mass radiological casualties: reassessing exposures from contaminated victims of an exploded radiological dispersal device. *Health Phys* 89:513–520
19. Sohns T, Szinicz L, Finke E-J, Abend M, van Beuningen D (1999) Gesundheitsschäden durch ABC-Kampfmittel und ähnliche Noxen. In: Hempelmann G, Adams HA, Sefrin P (Hrsg) *Notfallmedizin*. Thieme, Stuttgart, S 612–625
20. Subbarao I, Johnson C, Bond WF, Schwid HA, Wasser TE, Deye GA, Burkhardt KK (2005) Symptom-based, algorithmic approach for handling the initial encounter with victims of a potential terrorist attack. *Prehosp Disast Med* 20:301–308