

Behelfsmäßige Vorbereitung ziviler Krankenhäuser auf radiologische und nukleare Notfallsituationen im Kontext des Ukrainekriegs

Der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine hat radiologische und nukleare Gefährdungslagen erneut in den Fokus des Strahlenschutzes und des Gesundheitswesens gerückt. Kampfhandlungen in unmittelbarer Nähe kerntechnischer Anlagen, hybride Bedrohungsszenarien sowie eine mögliche militärische Eskalation unter Einbeziehung der NATO verdeutlichen, dass radiologische Notfälle nicht auf das unmittelbare Konfliktgebiet beschränkt bleiben müssen. Auch zivile Krankenhäuser in angrenzenden und weiter entfernten Staaten können kurzfristig mit einer großen Zahl radioaktiv exponierter oder kontaminierter Patientinnen und Patienten konfrontiert werden.

Der vorliegende Fachartikel richtet sich an Fachkräfte des Strahlenschutzes, an Verantwortliche im Krankenhausmanagement sowie an Akteure des Zivil- und Katastrophenschutzes. Ziel ist es, praxisnahe und realistisch umsetzbare Konzepte zur behelfsmäßigen Vorbereitung ziviler Krankenhäuser auf radiologische Notfallsituationen darzustellen. Der Schwerpunkt liegt auf der Lenkung von Patientenströmen, improvisierten Dekontaminationsmaßnahmen sowie der interdisziplinären Zusammenarbeit mit externen Einsatz- und Schutzstrukturen.

Szenarien des Katastrophen- und Gesundheitsschutzes

Radiologische und nukleare Notfallsituationen zählen zu den komplexesten Szenarien des Katastrophen- und Gesundheitsschutzes. Sie sind gekennzeichnet durch eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit, ein potenziell hohes Schadensausmaß und eine ausgeprägte psychologische Wirkung auf Bevölkerung und Einsatzkräfte. Über Jahrzehnte wurden solche Szenarien in Europa primär im Kontext theoretischer Planungsannahmen behandelt. Der Krieg in der Ukraine hat diese Sichtweise grundlegend verändert.

Seit Beginn der Kampfhandlungen im Jahr 2022 kam es wiederholt zu mili-

tärischen Aktionen in unmittelbarer Nähe mehrerer kerntechnischer Anlagen. Die zeitweise Besetzung von Kernkraftwerken, der Beschuss kritischer Infrastruktur sowie Störungen der Energie- und Kommunikationsversorgung verdeutlichen die Verwundbarkeit komplexer technischer Systeme unter Kriegsbedingungen.

Risikoabschätzung

Hinzu kommen politische Drohungen mit dem Einsatz nuklearer Waffen, die – unabhängig von ihrer tatsächlichen Umsetzung – erhebliche Auswirkungen auf Risikoabschätzung, Notfallplanung und öffentliche Wahrnehmung haben.

Für das Gesundheitswesen ergibt sich daraus eine doppelte Herausforderung. Einerseits ist die medizinische Versorgung radioaktiv exponierter oder

kontaminierter Personen hoch spezialisiert und in vielen Ländern auf wenige Kompetenzzentren konzentriert. Andererseits ist im Falle eines Massenanfalls von Verletzten davon auszugehen, dass diese Kapazitäten rasch erschöpft sind. Zivile Krankenhäuser ohne besondere strahlenschutztechnische Ausstattung werden daher zwangsläufig in die Erstversorgung eingebunden.

Ziel dieses Artikels ist es,

aufzuzeigen, wie sich zivile Krankenhäuser mit begrenzten Ressourcen behelfsmäßig, aber strukturiert auf radiologische Notfallsituationen vorbereiten können. Dabei wird bewusst ein praxisorientierter Ansatz verfolgt, der vorhandene Strukturen nutzt und um strahlenschutzspezifische Elemente ergänzt.

Sicherheitspolitischer Kontext: Ukrainekrieg, Eskalationsrisiken und radiologische Gefährdung Radiologische Gefährdungslagen im Ukrainekrieg

Der Ukrainekrieg stellt insofern eine Zäsur dar, als erstmals seit dem Ende des Kalten Krieges großflächige militärische Operationen in unmittelbarer Nähe mehrerer kerntechnischer Großanlagen stattfinden. Zu den relevanten Gefährdungslagen zählen:

- mechanische Beschädigungen kerntechnischer Einrichtungen durch Beschuss oder Explosionen,
- Nutzung alternativer nuklearer Antriebe für Waffensysteme, wie z. B. Burewestnik-Marschflugkörper,
- Ausfälle externer Stromversorgung und Kühlsysteme,
- eingeschränkte Arbeitsfähigkeit des Betriebspersonals,
- Sabotageakte oder gezielte Angriffe auf Lagerstätten radioaktiver Stoffe und

- Unfälle beim Transport radioaktiver Materialien im militärischen oder zivilen Kontext.

Auch ohne den Einsatz nuklearer Waffen können solche Ereignisse zu relevanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen.

Für das medizinische System resultiert daraus insbesondere die Herausforderung, mit einer hohen Zahl potenziell

Potenziell kontaminierte Personen

kontaminierter Personen umzugehen, ohne dass zwangsläufig schwere Strahlenschäden im Vordergrund stehen.

Neben klassischen Unfall- oder Beschädigungsszenarien müssen hybride Bedrohungen berücksichtigt werden. Dazu zählen der gezielte Einsatz radiologischer Dispersionsvorrichtungen („schmutzige Bomben“) oder die bewusste Kontamination von Personen, Gegenständen oder Infrastruktur. Solche Szenarien sind weniger durch hohe Strahlendosen, sondern vielmehr durch organisatorische und psychologische Effekte gekennzeichnet.

Mögliche Eskalation und Ausweitung auf die NATO

Eine direkte militärische Eskalation unter Einbeziehung des Nordatlantikbündnisses würde die Dimension radiologischer Notfalllagen erheblich erweitern. Insbesondere der Einsatz taktischer Nuklearwaffen könnte zu regional begrenzten, aber medizinisch und logistisch hochrelevanten Schadenslagen führen.

Dimension radiologischer Notfalllagen?

Zivile Krankenhäuser auch außerhalb des unmittelbaren Einsatzgebiets müssten mit der Aufnahme exponierter oder kontaminierter Personen rechnen, etwa durch Evakuierungen oder grenzüberschreitende Verlegungen. Dabei steht Deutschland als logistische Drehscheibe der NATO im Falle der Bündnis- und Landesverteidigung vor enormen Herausforderungen.

Grundlagen der radiologischen Notfallmedizin und des klinischen Strahlenschutzes Exposition, Kontamination und Inkorporation

Eine klare begriffliche Differenzierung ist für die Notfallbewältigung essenziell. Während exponierte Personen keine Gefahr für ihre Umgebung darstellen, können Patientinnen und Patienten, die kontaminiert sind oder inkorporiert haben, radioaktive Stoffe weiterverbreiten. Für zivile Krankenhäuser ist diese Unterscheidung zentral, da sie unmittelbar die Organisation von Patientenströmen, Schutzmaßnahmen und räumlichen Strukturen beeinflusst.

Dosis-Wirkungs-Beziehungen und klinische Relevanz

In der Mehrzahl realistischer Szenarien ist nicht mit hohen Ganzkörperdosen zu rechnen. Vielmehr stehen niedrig bis moderat kontaminierte Personen im Vordergrund, bei denen psychologische Belastungen häufig schwerer wiegen als somatische Strahlenschäden.

Dies unterstreicht die Bedeutung einer angemessenen Risikokommunikation und eines rationalen Umgangs mit Strahlenschutzmaßnahmen.

Priorität lebensrettender Maßnahmen

Ein fundamentales Prinzip lautet: Die Versorgung lebensbedrohlicher Verletzungen hat stets Vorrang vor strahlenschutzspezifischen Maßnahmen. Blutstillung, Atemwegssicherung und Schockbehandlung dürfen durch Angst vor Kontamination nicht verzögert werden (treat first, what kills first).

Dieses Grundprinzip gilt entlang der gesamten Rettungskette, angefangen bei der Erstversorgung bis zur Behandlung und Nachsorge in einem Krankenhaus.

Rolle ziviler Krankenhäuser im radiologischen Massenansturm

Zivile Krankenhäuser übernehmen im radiologischen Notfall primär Aufgaben der Erstversorgung, Stabilisierung und Weiterleitung. Eine vollständige

strahlenspezifische Diagnostik oder Therapie ist häufig nicht erforderlich oder realistisch. Entscheidend ist vielmehr, eine sichere und strukturierte Sichtung der Patienten zu ermöglichen und die Erstversorgung sicher-

zustellen. Dabei sind aus Sicht des Strahlenschutzes bereits entsprechende Ersteinschätzung und Informationssammlung sinnvoll. Hier können insbesondere Angaben zu Aufenthaltsort und Aufenthaltsdauer sowie initiale Probennahmen (Urin, Schnäuzproben, Abstriche des Rachens und Nasalraums sowie ggf. Wundabstriche) zur späteren Dosisermittlung und radiologischen Triage hilfreich sein.

Der Fokus bei der medizinischen Versorgung sollte jedoch auch darauf liegen, eine Kontaminationsverschleppung ans Personal und in das Krankenhaus

zu verhindern.

Exponierte oder kontaminierte Personen?

Angemessene Risikokommunikation

Organisationsstrukturen und Alarmplanung Integration radiologischer Szenarien in bestehende Alarmpläne

Radiologische Notfälle sollten als Zusatzmodule in bestehende Krankenhausalarm- und Einsatzpläne integriert werden. Bewährte Konzepte aus dem Massenansturm von Verletzten können weitgehend übernommen und um strahlenschutzspezifische As-

Ersteinschätzung und Informationssammlung

Überprüfung der Strahlenschutzmaßnahmen

pekte ergänzt werden. Dabei sollte das entsprechende Fachpersonal aus den Bereichen Nuklearmedizin, Strahlentherapie und Radiologie fachlich eng eingebunden sein. Zur Bewertung und Überprüfung der Strahlenschutzmaßnahmen und radiologischen Gefährdung sollten entsprechend ausgebildete Strahlenschutzbeauftragte oder Medizinphysiker herangezogen werden.

Führungs- und Kommunikationsstrukturen

Eine klare Einsatzleitung ist entscheidend. Die frühzeitige Einbindung strahlenschutzfachlicher Expertise, etwa durch Strahlenschutzbeauftragte oder externe Fachberater, ist sinnvoll.

Da der Fokus auf der medizinischen Versorgung der Patienten liegt, sollte die Krankenseinsatzleitung aus einem interdisziplinären medizinischen Team bestehen. Gerade in der Anfangsphase eines radiologischen Versorgungsszenarios ist der Strahlenschutz eng fachlich einzubinden.

Lenkung von Patientenströmen

Triage unter radiologischen Bedingungen

Die Triage erfolgt primär nach medizinischer Dringlichkeit. Radiologische Kriterien dienen der ergänzenden Einschätzung und Organisation, nicht der Priorisierung gegenüber vitalen Indikationen. Je nach Situation kann es sinnvoll sein, Patienten mit rein externer Exposition von Patienten mit Inkorporation und Kontamination zu trennen.

Schwarz-Weiß-Prinzip und Einbahnstraßenregel

Die räumliche Trennung in kontaminierte („schwarz“) und saubere („weiß“) Bereiche ist ein zentrales Element.

Trennung in „schwarze“ und „weiße“ Bereiche

Bewegungen von Patienten, Personal und Material sollten möglichst nur in eine Richtung erfolgen. Zur räumlichen Abgrenzung kämen beispielsweise Linienbusse oder Bauzäune in Betracht. Innerhalb des Klinikums sollten entsprechende Läufer- und Arbeitsbereiche identifiziert werden, in denen sich das Personal aufhalten kann, ohne dass eine Kontamination zu befürchten ist.

Entsprechende Messpunkte, Messgeräte und Personal zur Messung sollten identifiziert werden.

Umgang mit Spontanpatienten

Ein erheblicher Teil der Betroffenen wird fußläufig ohne Voranmeldung erscheinen. Vorgelagerte Sichtungs- und Informationsstellen sind entscheidend, um Überlastungen der Notaufnahme zu reduzieren.

Überströmen des Krankenhauses

Im Idealfall sind die Zugangswege zum Krankenhaus zu sperren und nur für definierten Patientenzugang zu öffnen. Ein Überströmen des Krankenhauses mit besorgten Bürgern (worried wells), die eine Kontamination oder „Verstrahlung“ befürchten, ohne primär betroffen zu sein, ist zu verhindern.

Gleichzeitig gilt es aber, aus dieser Gruppe diejenigen zu identifizieren, die von Rettungsdiensten und Sammelpunkten vor Ort nicht erfasst wurden und fußläufig am Krankenhaus aufschlagen und am Ereignisort kontaminiert oder exponiert wurden.

Mess- und Simulationsgeräte für radiologische Notfälle und realistische Übungen



Bei radiologischen Notfällen ist eine schnelle und zuverlässige Kontrolle vieler Personen auf Kontamination entscheidend. Unsere **mobilen Durchgangsmotoren** erkennen zuverlässig γ -Strahlungsquellen. Der **ECMo** integriert bereits vorhandene α - und $\beta\gamma$ -sensible **CoMo-170-Kontaminationsmonitore** in eine robuste Mechanik.



Des Weiteren stehen der mobile Schilddrüsenmonitor **SCINTO T** und die Simulationsgeräte **CoMo SIM / DoIMo SIM** für die Ausbildung zur Verfügung.

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

Behelfsmäßige Dekontamination Zielsetzung und Grenzen

Dekontamination dient der Reduktion der Kontamination und der Vermeidung weiterer Exposition. Eine vollständige Entfernung radioaktiver Stoffe ist im Massenansturm weder notwendig noch realistisch.

Improvisierte Dekontaminationsbereiche

Zelte, Fahrzeughallen oder abgesperrte Außenbereiche können genutzt werden. Wesentliche Anforderungen sind

- Witterungsschutz,
- Sichtschutz,
- klare Wegeführung und
- Abwasserlenkung.

In Bereichen, in denen keine geeigneten infrastrukturellen Begebenheiten zur Dekontamination vorhanden sind, kann zur improvisierten Nassdekontamination auch auf einfache Behelfsmittel wie

z. B. Feuchttücher und Einmalwaschlappen zurückgegriffen werden. Diese sind im klinischen Alltag regulär vorhanden und bieten den Vorteil des einfacheren Abfall-

managements und der gezielten, punktuellen Dekontaminationsmöglichkeit.

Personeller Eigenschutz

Der Schutz des eingesetzten Personals ist von zentraler Bedeutung. Die Anzahl der eingesetzten Kräfte sollte minimiert werden, persönliche Schutzausrüstung ist situationsangepasst einzusetzen.

In den meisten Fällen ist die vorhandene und im Alltag verwendete PSA dafür ausreichend (Einwegkittel, FFP2/FFP3-Maske, Visier, Handschuhe). Da es sich bei diesen Materialien um kostengünstiges und haltbares Vorratsmaterial handelt, ist es sinnvoll, entsprechende Vorräte vorzuhalten.

Medizinische Versorgung nach der Dekontamination

Nach Abschluss der Dekontamination erfolgt die Weiterbehandlung gemäß den klinischen Erfordernissen.

Strahlenspezifische Maßnahmen wie

- Dosisabschätzung,
- hämatologische Verlaufsdagnostik oder
- die Einleitung einer Dekorporation ergänzen die Standardtherapie.

Nach erfolgter Dekontamination können auch diejenigen Patienten einer Versorgung zugeführt werden, die keine vital bedrohlichen Verletzungsmuster aufweisen oder relevante Dosen erhalten haben.

Hierbei ist zwischen den Patienten zu differenzieren, die hauptsächlich extern exponiert sind. Bei diesen Patienten sind keine relevanten Schutzmaßnahmen vorzuhalten und die medizinische Versorgung kann regulär erfolgen.

Bei Patienten mit relevanten Kontaminationen oder Inkorporationen ist darauf zu achten, dass etwaige Körperflüssigkeiten (Speichel, Blut, Urin) potenziell kontaminiert sein könnten.

Dort ist es sinnvoll, entsprechend saugfähiges Material vorzuhalten, um eine Kontaminationsverschleppung zu verhindern. Die Maßgaben des sterilen Arbeitens sorgen dafür, dass für die medizinische-chirurgische Versorgung keine weiteren Maßnahmen zu treffen sind.

Zusammenarbeit mit Zivil- und Katastrophenschutz

Eine enge Abstimmung mit Feuerwehr, Rettungsdienst, Katastrophenschutz und Strahlenschutzbehörden ist essenziell.

Zuständigkeiten und Kommunikationswege sollten bereits im Vorfeld definiert sein. Regelmäßige Übungen fördern hierbei das gegenseitige Verständnis und erhöhen die Handlungssicherheit im Ernstfall.

Radiologische Ereignisse sind mit erheblicher psychosozialer Belastung verbunden. Eine sachliche, transparente Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil der Notfallbewältigung und betrifft Patienten und Behandler glei-

chermaßen. Hierbei ist hervorzuheben, dass das Know-How zum Handling und zur Bewertung der tatsächlichen Gefährdung auf einen sehr kleinen Personenkreis begrenzt ist.

Der Umgang mit Infektionen und biologischen Gefährdungen, aber ebenso auch chemischen Gefährdungen ist in der Wahrnehmung des meisten Personals mit weniger Angst verbunden als die einfacher messbare Radioaktivität, was teils zu erheblichen Ressentiments innerhalb des medizinischen Fachpersonals führt.

Diskussion

Die dargestellten Konzepte verdeutlichen, dass zivile Krankenhäuser auch ohne hoch spezialisierte Infrastruktur einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung radiologischer Notfalllagen leisten können.

Entscheidend sind eine realistische, praxisnahe Vorbereitung und regelmäßige Übungen.

Im Hinblick auf das hier skizzierte Szenario ist neben dem Auftreten von radioaktiv kontaminierten Patienten mit einer erheblich höheren Anzahl von traumatologisch verletzten Patienten zu rechnen, die einer chirurgischen Versorgung zugeführt werden müssen.

Im Zuge der Vorbereitung auf einen Landes- oder Bündnisfall steht die traumatologische Versorgung zahlenmäßig im Vordergrund, die besonderen Anforderungen für Verletzungsmuster mit Expositionen und/oder Kontaminationen sind jedoch ebenfalls in der Vorbereitung zu betrachten.

Aufgrund der Komplexität der Behandlung und der betroffenen Bereiche in der medizinischen Versorgung sind Übungen in Teilbereichen zu empfehlen, die jeweils spezielle Fragestellungen behandeln (Transport von kontaminierten Patienten, Behandlungsmanage-

Bewältigung radiologischer Notfalllagen

Punktuelle Dekontaminations- möglichkeit

Kontaminations- verschleppung verhindern

ment mit nicht klinischen Beteiligten, Materialmanagement zur Vermeidung von Kontaminationsverschleppung, Dekontamination, Messtechnik).

Fazit und praxisorientierte Handlungsempfehlungen

Radiologische und nukleare Notfalllagen sind im Kontext des Ukrainekriegs keine abstrakten Extremszenarien mehr, sondern realistische Planungshorizonte für den zivilen Strahlenschutz und das Gesundheitswesen. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit schwerer deterministischer Strahlenschäden gering bleibt, ist insbesondere mit einer hohen Zahl potenziell kontaminierter oder verunsicherter Personen zu rechnen. Zivile Krankenhäuser müssen daher in der Lage sein, eine strukturierte, sichere

und strahlenschutzgerechte Erstversorgung zu gewährleisten.

Erfahrungen aus Tschernobyl, Fukushima und Tokaimura zeigen, dass organisatorische Defizite und Kommunikationsprobleme häufig gravierendere Auswirkungen haben als die physikalische Strahlenbelastung selbst.

Der vorliegende Beitrag zeigt, dass eine solche Vorbereitung auch ohne hochspezialisierte Infrastruktur möglich ist. Entscheidend sind klare organisatorische Strukturen, eine stringente Lenkung von Patientenströmen, behelfsmäßige, aber funktionale Dekontaminationskonzepte sowie eine enge Zusammenarbeit mit dem Zivil- und Katastrophenschutz.

Die Integration radiologischer Szenarien in bestehende Alarm- und Einsatzpläne stellt dabei einen zentralen Erfolgsfaktor dar.

Im Sinne der Strahlenschutzpraxis lassen sich folgende praxisorientierte Kernaussagen festhalten:

- Lebensrettende Maßnahmen haben stets Vorrang vor strahlenschutzspezifischen Interventionen.

Praxisleitfaden und Checklisten für zivile Krankenhäuser

Checkliste: Vorbereitung im Vorfeld

Organisation und Planung

- Radiologische Szenarien als Modul im Krankenhausalarmplan verankern
- Verantwortlichkeiten (Einsatzleitung, Strahlenschutz, Kommunikation) definieren
- Kontaktlisten zu Strahlenschutzbehörden, Katastrophenschutz und Fachberatern vorhalten
- Zugangswege definieren

Personal

- Mindestanzahl geschulter Mitarbeitender festlegen
- Regelmäßige Unterweisungen zu Kontamination, Eigenschutz und Patientenlenkung durchführen
- Psychosoziale Unterstützungsangebote für Personal einplanen

Material und Infrastruktur

- Persönliche Schutzausrüstung in ausreichender, aber realistischer Menge vorhalten
- Messtechnik verfügbar halten
- Absperrmaterial, Markierungen und einfache Duschesysteme einplanen
- Geeignete Flächen für improvisierte Dekontamination identifizieren

Checkliste: Patientenstromlenkung im Ereignisfall

- Einrichtung eines vorgelagerten Sichtungs- und Informationspunkts
- Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Personen
- Umsetzung des Einbahnstraßenprinzips
- Frühzeitige Weiterleitung gering belasteter Spontanpatienten
- Dokumentation aller durchlaufenen Personen

Checkliste: behelfsmäßige Dekontamination

- Ablegen kontaminierter Kleidung als erste Maßnahme
- Nutzung einfacher Waschmöglichkeiten (lauwarmes Wasser, milde Seife, Feuchttücher)
- Vermeidung aggressiver Reinigungsmittel
- Sicherstellung von Sicht- und Witterungsschutz
- Angebot entsprechender Einmalkleidung
- Geordnete Abfall- und Abwasserlenkung

Checkliste: Eigenschutz des Personals

- Reduktion der eingesetzten Personen auf das notwendige Minimum
- Nutzung situationsangepasster persönlicher Schutzausrüstung
- Regelmäßige Pausen und Personalrotation
- Regelmäßige messtechnische Kontrolle
- Klare Regelungen für das Ablegen kontaminierter Schutzkleidung

- Kontamination ist primär ein organisatorisches und logistisches Problem, kein medizinisches Akutproblem.
- Klare Wegeführung und einfache Schwarz-Weiß-Strukturen reduzieren Risiken effektiver als komplexe Technik.

- Eine sachliche, transparente Risikokommunikation ist integraler Bestandteil des Strahlenschutzes.

Schlussbetrachtung

Die Vorbereitung ziviler Krankenhäuser auf radiologische und nukleare Notfalllagen ist eine realistische

und notwendige Aufgabe des modernen Strahlenschutzes.

Der Ukrainekrieg fungiert hierbei als Katalysator, der bestehende theoretische Konzepte in den Bereich praktischer Umsetzbarkeit überführt. Der vorliegende Beitrag versteht sich als praxisnaher Leitfaden, der Verant-

wortlichen im Krankenhaus und im Strahlenschutz konkrete Orientierung bietet und zur Stärkung der gesamtgesellschaftlichen Resilienz gegenüber radiologischen Gefahren beitragen soll.

Florian Fulisch □

Akutes Strahlensyndrom (ARS) – Diagnostik, klinische Dosimetrie und Therapie

Ionisierende Strahlung kann bei akuter Ganzkörper- oder großvolumiger Teilkörperexposition innerhalb kurzer Zeit gravierende gesundheitliche Schäden verursachen. Das Akute Strahlensyndrom (Acute Radiation Syndrome, ARS) stellt dabei das zentrale klinische Krankheitsbild dar, das abhängig von verschiedenen Faktoren wie der aufgenommenen Dosis, der Dosisleistung und des bestrahlten Körpervolumens unterschiedliche Schweregrade und Organmanifestationen entwickelt und bis zum Tod führen kann. Eine rasche Diagnostik, insbesondere mithilfe klinischer und biologischer Marker, sowie eine zeitkritische supportive Therapie sind entscheidend, um das Überleben zu sichern. Die Erkenntnisse zur klinischen Präsentation und Therapie stammen vor allem aus historischen radiologischen und nuklearen Unfällen, Beobachtungen nach den Atombombenabwürfen sowie Erfahrungen aus der therapeutischen Ganzkörperbestrahlung. ARS ist klar abzugrenzen von lokalen Strahlenverletzungen (z. B. kutane Strahlenschäden) oder stochastischen Strahlenschäden (genetische Schäden, Leukämie, Tumoren), die unabhängig davon auftreten können.

Der folgende Artikel bietet einen Überblick zu Manifestationen, Phasen, diagnostischen Werkzeugen und therapeutischen Prinzipien des ARS mit Fokus auf die Anwendung in der klinischen Versorgung und im Katastrophenmanagement.

Pathophysiologie und klinische Manifestationen

Die biologischen Effekte ionisierender Strahlung resultieren primär aus DNA-Doppelstrangbrüchen sowie Schä-

den durch sekundäre reaktive Sauerstoffspezies. Besonders betroffen sind hoch proliferative Gewebe wie das blutbildende und das gastrointestinale System. Mit steigender Dosis kommt

es zu einer progressiven Multiorgan-schädigung, deren klinische Ausprägung in verschiedene Manifestationsformen eingeteilt wird.

Hämatologische Form (H-ARS)

Klinisch relevante hämatopoetische Schäden mit Knochenmarksdepression treten ab etwa 1 Gy Ganzkörperdosis auf; ausgeprägte Formen ab 2 bis 4 Gy. Das Versagen der myeloischen Hämatopoese, also der Neubildung von Blutzellen, führt zu Neutropenie, erhöhter Infektanfälligkeit, Anämie und erhöhtem Blutungsrisiko. Ohne supportive Therapie können septische Komplikationen und Blutungen zum Tod führen.

Gastrointestinale Form (G-ARS)

Ausgeprägte gastrointestinale Schäden manifestieren sich typischerweise ab 6 Gy und erreichen ab 10 Gy eine hohe Letalität. Es kommt zu schweren Schleimhautschäden u. a. des Dünndarms mit Erbrechen, schwerer Diarrhoe, Elektrolytverlust und bakterieller Translokation, d. h. das Übertreten beispielsweise von Darmbakterien in die Blutbahn. Die Mortalität ist hoch und resultiert aus Sepsis, Kreislaufinstabilität und Multiorganversagen.

Neurovaskuläre Form (N-ARS)

Bei Dosen über 10 bis 12 Gy entwickeln sich innerhalb von Stunden bis wenigen Tagen schwere neurologische Symptome wie Bewusstseinsstörungen, Bewegungseinschränkungen, Krampfanfälle sowie kardiovaskuläre

Progressive Multiorgan-schädigung