

# **Verbundprojekt SKRIBT**

## **Schutz kritischer Brücken und Tunnel im Zuge von Straßen**

**Anhang 1: Kontaminationsereignisse**

zum Bericht

**Nutzerbezogene Objektanalyse**

**Öffentliche Fassung**



Gefördert durch:

Bundeministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin

Projekträger:

VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Radioaktive Kontamination.....</b>	<b>3</b>
2.1	Allgemeines.....	3
2.2	„Schmutzige Bombe“.....	3
2.3	Fazit.....	5
<b>3</b>	<b>Biologische Kontamination.....</b>	<b>6</b>
3.1	Allgemeines.....	6
3.2	Bioterrorismus .....	6
3.3	Fazit.....	7
<b>4</b>	<b>Chemische Kontamination.....</b>	<b>8</b>
4.1	Allgemeines.....	8
4.2	Auswahl des chemischen Leitstoffes für die Bestimmung des Schadensausmaßes .....	8
<b>5</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>11</b>

**Dieser Bericht enthält in der Originalfassung sensible Inhalte, die aus der vorliegenden öffentlichen Fassung entfernt wurden.**

## 1 Allgemeines

Bei Kontaminationsereignissen ist zu unterscheiden zwischen verschiedenen Gefahrstoffen, die entweder chemischer (C) biologischer (B) radiologischer (R) oder nuklearer (N) Natur sind. Die Unterteilung der sogenannten „atomaren“ Gefahren in radiologische und nukleare Bedrohungen beschreibt hier die unterschiedlichen Ausbringungsarten einer radioaktiven Kontamination. „Nuklear“ bezeichnet Kernwaffenexplosionen und deren Folgewirkungen sowie radioaktive Stoffe des nuklearen Kreislaufs. Unter „radiologisch“ werden Ausbringungsarten vorrangig in Form einer radioaktiven Dispersionsvorrichtung zusammengefasst.

Im Rahmen von SKRIBT ist bei der Beurteilung der Wirkungen von Kontaminationsereignissen zu berücksichtigen, ob diese primär die Nutzer oder das Bauwerk betreffen. Die Kontamination eines Bauwerks kann bedeuten, dass dieses mit einem hohen technischen und finanziellen Aufwand dekontaminiert werden muss und den Nutzern über einen längeren Zeitraum nicht zur Verfügung steht. Nicht auszuschließen ist auch, dass eine Dekontamination gar nicht möglich ist und das Bauwerk abgerissen werden muss. Die Folgen von Kontaminationsereignissen für Bauwerke werden an dieser Stelle nicht weiter thematisiert.

Für eine Beurteilung des Gefährdungspotenzials für die Nutzer durch eine Kontamination sind eine Betrachtung der Eintrittswahrscheinlichkeit des jeweiligen Kontaminationsereignisses sowie eine Einschätzung bzw. Bestimmung des zu erwartenden Ausmaßes erforderlich (risikobasierter Ansatz). Für die radiologische und biologische Kontamination wird dies aufgrund ihrer eher geringen Eintrittswahrscheinlichkeit nur in qualitativer Form erfolgen. Eine quantitative Bestimmung der Auswirkungen von biologischen Kontaminationsereignissen auf Menschen ist zudem aufgrund der unterschiedlichen Infektionswege biologischer Agenzien sowie der unterschiedlichen Inkubationszeiten, die mehrere Tage oder auch Wochen dauern können, äußerst schwierig. Für eine quantitative Betrachtung der Wirkungen liegen noch keine geeigneten Simulationsmodelle vor.

Für die chemische Kontamination wird im Rahmen von SKRIBT für den Leitstoff Chlor eine quantitative Bestimmung der Auswirkungen in Form von Risiko-Erwartungswerten durchgeführt. Dabei erfolgt die Wahrscheinlichkeitsbestimmung durch die Festlegung der Verlaufswahrscheinlichkeiten des jeweiligen Szenarios, das sich ausgehend von einem Initialereignis auf Brücken bzw. in Tunneln.

## 2 Radioaktive Kontamination

### 2.1 Allgemeines

In der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV), § 3 Begriffsbestimmungen, Punkt 19, wird Kontamination als Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen definiert. Bei der Oberflächenkontamination wird dabei zwischen festhaftender und nicht festhaftender Kontamination unterschieden. Bei der nicht festhaftenden Kontamination besteht immer die Gefahr der Weiterverbreitung von radioaktiven Stoffen in der Umwelt.

Durch die Einwirkung ionisierender Strahlung von radioaktiven Stoffen treten bei Menschen spezifische Krankheitsbilder auf, die als Strahlenkrankheit bezeichnet werden. Die Ausprägung dieser Strahlenkrankheit ist abhängig von der Art der ionisierenden Strahlung (Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung) sowie der jeweiligen Strahlendosis. Entscheidend ist auch, ob es sich um externe oder interne Kontamination handelt. Bei externer Kontamination wirkt die Strahlung von außen durch Verunreinigung der Kleidung und / oder der Haut auf den Körper. Interne Kontamination bzw. Inkorporation erfolgt durch die Aufnahme von radioaktiven Substanzen direkt im Körperinneren durch das Einatmen, die Nahrungsaufnahme oder durch Wunden auf der Haut [1].

Symptome der Strahlenerkrankung sind u.a. Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Appetitlosigkeit und Flüssigkeitsverlust bis hin zu Krämpfen, Lähmungen oder neurogenem Schock. In der Endphase der Strahlenkrankheit tritt der Tod in Folge von Infektionen und inneren Blutungen ein. Als Spätfolgen der Strahlung können Krebserkrankungen und Erbgutschädigungen auftreten [2].

Eine der ersten lebensrettenden Maßnahmen im Fall einer radiologischen Kontamination ist die Evakuierung der betroffenen Personen aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich. Darüber hinaus sind Dekontaminationsmaßnahmen erforderlich, um die Dosisbelastung der Strahlung zu minimieren, Hautschäden zu vermeiden sowie eine Inkorporation radioaktiver Substanzen zu verhindern. Dies geschieht als erste Sofortmaßnahme durch die rasche Entfernung der Kleidung und – sofern Areale der Haut betroffen sind – durch Reinigung der betroffenen Hautpartien oder des ganzen Körpers mit Wasser [1].

Bei einer Inkorporation kann durch medizinische Maßnahmen und die Verabreichung von Medikamenten die Ausscheidung aufgenommener radioaktiver Substanzen beschleunigt und deren Einlagerung verhindert werden [2].

Es sind verschiedene Ereignisse denkbar, die radiologische Kontaminationen bewirken können:

- Unfälle in Kernkraftwerken
- Unfälle in Forschungseinrichtungen, Kliniken oder Industrieanlagen
- Transportunfälle auf Straße, Schiene oder Luft- und Seewegen
- Absturz von Nuklearmaterial tragenden Satelliten
- Kriegerischer Einsatz von Kernwaffen
- Kriminelle / terroristische Aktivitäten [1].

### 2.2 „Schmutzige Bombe“

Laut Bericht der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern ist die Gefahr einer kriegerischen Auseinandersetzung mit nuklearen Waffen in Anbetracht der Entwicklung immer weiterer reichender Raketen nicht völlig auszuschließen. Eine größere Bedrohung gehe heute jedoch von terroristischen Gruppierungen aus [3], die zur Durchsetzung ihrer Ziele auch radiologische Waffen verwenden könnten.

Terroristische Anschläge mit nuklearem/radioaktivem Material können auf verschiedene Weise verübt werden:

- Platzieren starker radioaktiver Quellen in Räumen
- Verteilung radioaktiver Stoffe aus Flugzeugen, landwirtschaftlichen Maschinen oder in Wasser, Nahrungsmitteln, Luft
- Störung des Betriebs einer kerntechnischen Anlage
- Anschlag auf einen Transport mit radioaktivem Material
- Einsatz einer radiologischen Waffe, z.B. einer „schmutzigen Bombe“
- Anschlag mit einer improvisierten oder entwendeten Kernwaffe [4].

Unter diesen möglichen Anschlagsszenarien wird in den Fachkreisen insbesondere die Möglichkeit eines Terroranschlags mit der sogenannten „schmutzigen Bombe“ betrachtet.

Eine „schmutzige Bombe“ oder Dirty Bomb ist eine Bombe aus konventionellem Sprengstoff, der radioaktive Stoffe beigefügt sind. Der Sprengstoff dient dazu, das radioaktive Material durch die Explosionswirkung zu verteilen und eine weiträumige radioaktive Kontamination der Umgebung zu bewirken.

Für diese radiologischen Dispersionswaffen wird in Deutschland auch die Bezeichnung Unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtung mit radioaktiver Ladung (USBV) verwendet. In den USA spricht man von einer Explosive Radiological Dispersal Device (Explosive RDD). Wird die Verteilung der Radioaktivität nicht durch Explosion, sondern bei

spielsweise durch Versprühen vorgenommen, spricht man von einem Non-Explosive RDD.

Für den Bau einer „schmutzigen Bombe“ müssen zunächst zwei wesentliche Bedingungen erfüllt sein: Die für den Einsatz geeigneten radioaktiven Substanzen müssen in größeren Mengen vorliegen und das Material muss relativ leicht zugänglich sein.

Radioaktive Stoffe finden weltweit eine breite Anwendung in Medizin, Technik und Forschung. Aufgrund ihrer weit verbreiteten Nutzung vor allem in der Medizin und der Industrie zählen insbesondere Iridium 192, Kobalt 60, Strontium 90, Cäsium 137, Plutonium 239 und Americium 241 zu den radioaktiven Materialien, die potenziell als Strahlenquelle für die schmutzige Bombe missbraucht werden könnten [5] [6].

Die Möglichkeit der Beschaffung von radioaktivem Material durch Kauf oder Diebstahl kann prinzipiell nicht ausgeschlossen werden. Laut Bericht der Internationalen Atomenergiebehörde in Wien verfügt nahezu jeder Staat dieser Erde über das zum Bau einer schmutzigen Bombe notwendige radioaktive Material [7].

In Deutschland und seinen europäischen Nachbarstaaten ist der Zugang zu radioaktiven Strahlenquellen aufgrund der gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen äußerst schwierig.

Nach der Strahlenschutzverordnung unterliegen radioaktive Strahlenquellen in Deutschland von der Herstellung bis zur Entsorgung einer permanenten Kontrolle. Mit dem Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen, das im August 2005 in Kraft trat, wurde die europäische „Richtlinie 2003/122/EURATOM des Rates vom 22.12.2003 zur Kontrolle hoch radioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen“ in nationales Recht umgesetzt. Wesentliche Punkte des Gesetzes sind der Aufbau eines zentralen Registers beim Bundesamt für Strahlenschutz, das lückenlos alle hochradioaktive Quellen erfasst, die Rücknahmeverpflichtung der Hersteller für nicht mehr genutzte radioaktive Strahlenquellen, die Kennzeichnung der Quellen mit einer unverwechselbaren Identifizierungsnummer, generelle Genehmigungspflicht bei der Verwendung radioaktiver Stoffe und verschärfte Regelungen bei der Ein- und Ausfuhr in die Europäische Union [8].

Weltweit betrachtet sind die Sicherheitsstandards zum Schutz der radioaktiven Quellen jedoch sehr unterschiedlich, in mehr als hundert Ländern sei die Aufsicht zu mangelhaft, um einen Diebstahl radioaktiver Stoffe verhindern zu können [7].

Für den Bau einer „schmutzigen Bombe“ sind spezielle Kenntnisse im Umgang mit radioaktivem Material und in Strahlenschutz erforderlich, unter dem

Gesichtspunkt der technischen Machbarkeit wird aber nicht bestritten, dass Terroristen prinzipiell in der Lage wären, eine „schmutzige Bombe“ herzustellen. Zudem wird davon ausgegangen, dass bei der Handhabung von radioaktiven Quellen der Selbstschutz bei einem „Selbstmordattentäter“ eine untergeordnete Rolle spielt [9].

Die Wirkung einer „schmutzigen Bombe“ ist von verschiedenen Faktoren abhängig: Der verwendeten radioaktiven Beiladung und damit verbunden der Strahlungsart, der Aktivität und der Wirkungs-dauer (Halbwertszeit) der Radionuklide, darüber hinaus der Menge des freigesetzten Materials, dem verwendeten Sprengstoff und auch der technischen Auslegung der Bombe insgesamt. Nicht zuletzt können Geländebeschaffenheit und auch die meteorologischen Verhältnisse die Wirkung der Bombe entscheidend beeinflussen [4].

Die unmittelbare Wirkung einer „schmutzigen Bombe“ ist die einer normalen Bombe mit der gleichen Menge Sprengstoff. In Folge der Explosionswirkung ist mit Toten und Verletzten sowie der Zerstörung von Infrastruktureinrichtungen in unmittelbarer Nähe des Detonationsortes zu rechnen. Die radiologischen Gefahren einer „schmutzigen Bombe“ auf die Bevölkerung werden hingegen nach Expertenmeinung weit überschätzt [4] [9].

Nach Einschätzung des Bundesamtes für Strahlenschutz würden „schmutzige Bomben“ selbst in unmittelbarer Nähe zum Freisetzungsort aus radiologischer Sicht keine Gesundheitsgefährdung für große Teile der Bevölkerung hervorrufen [6]. Modellberechnungen haben gezeigt, dass die freigesetzte Radioaktivität bzw. die Dosisleistung der Strahlung zu gering wäre, als dass es bei den Personen im betroffenen Gebiet zu einer akuten Strahlenerkrankung oder gar zu Todesfällen kommen könnte [9].

In Anbetracht der eher begrenzten gesundheitlichen Auswirkungen wird daher bei einer „schmutzigen Bombe“ nicht von einer „Massenvernichtungswaffe“ sondern eher von einer „Massenstörungswaffe“ gesprochen. Die Wirkung einer „schmutzigen Bombe“ ist mehr psychologischer Natur. Die Angst vor radioaktiver Strahlung und die Unkenntnis der tatsächlichen Gefahren könnten zu einer Massenpanik und zu Überreaktionen in der Bevölkerung (Massenflucht, Wegziehen aus dem betroffenen Gebiet) führen [6]. Dies hätte auch unabsehbare wirtschaftliche Folgen.

Demnach könnten Terroristen eine solche Waffe einsetzen, „...wenn sie einer Gesellschaft einen möglichst hohen und möglichst langfristig wirksamen, materiellen Schaden zufügen wollen“ [9].

Weitere gravierende Folgen eines radiologischen Anschlags liegen vor allem in der Kontamination

großer Areale und der jeweiligen Infrastruktur. Die erforderlichen Dekontaminationsmaßnahmen können sehr aufwendig sein, hohe Kosten verursachen und erhebliche negative wirtschaftliche Folgen haben. Derzeit gibt es nur geringe Erkenntnisse oder Erfahrungen mit der Dekontamination größerer Gebiete und der Infrastruktur. Radioaktive Staubteilchen lassen sich von glatten Oberflächen noch mit relativ kostengünstigen mechanischen Verfahren wie Absaugen oder Absprühen reinigen. Dringen die Staubteilchen in poröses Material ein (z.B. Beton), müssen die kontaminierten Flächen durch aufwendige Verfahren, z.B. durch Sandstrahlen abgetragen werden. Ggf. muss der Belag von Gehwegen und Straßen großflächig entfernt sowie die obersten Erdschichten aus den Grünflächen abgetragen werden. Ein Großteil der Vegetation muss weggeschnitten bzw. abgeholzt werden [7]. Ist eine vollständige Dekontamination von Gebäuden nicht möglich oder zu kostenaufwändig, müssen diese abgerissen und neu aufgebaut oder die Bevölkerung umgesiedelt werden [9].

Die am Defence Research & Development Canada Institut (DRDC) in Ottawa im Rahmen eines Forschungsprojekts zur radiologischen Dekontamination von Infrastruktur durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass sich die Dekontamination von porösen Oberflächen an Bauwerken als äußerst schwierig erweisen dürfte. Demnach weisen Materialien wie z.B. Backstein auch nach Dekontaminationsmaßnahmen noch Restaktivitäten von 70% auf [10].

Bisher ist weltweit noch kein Anschlag mit einer „schmutzigen Bombe“ verübt worden. Die Wahrscheinlichkeit, dass Deutschland Ziel solcher Anschläge sein könnte, wird von den fachlich zuständigen Stellen in Deutschland, wie der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern, dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) [3][5][11] nicht ausgeschlossen. Welche Bedeutung diesem Thema beigemessen wird, zeigt die Vorbereitung in Deutschland auf derartige Szenarien in Form der LÜKEX 2010 (Länder Übergreifende Krisenmanagement-Übung / Exercise), die terroristische Bedrohungsszenarien zum Thema hatte und Anschläge sowohl mit konventionellen Sprengstoffen als auch mit chemischen und radioaktiven Stoffen simulierte.

## 2.3 Fazit

Anschlagsszenarien mit einer „schmutzigen Bombe“ werden als realistisch betrachtet, obwohl bisher weltweit noch kein solcher Anschlag verübt worden ist.

Unterstellt man terroristischen Gruppierungen die Absicht, dass sie mit einer „schmutzigen Bombe“

vorrangig einen volkswirtschaftlichen Schaden zufügen wollen, in dem sie z.B. dicht bebaute Stadtgebiete großflächig kontaminieren, so ist es wenig wahrscheinlich, dass als Anschlagort ein Straßentunnel gewählt wird.

Die Wahrscheinlichkeit der Freisetzung von radioaktivem Material in einem Tunnelbauwerk, z.B. in Folge eines Transportunfalls, ist als gering einzuschätzen. Aufbewahrung und Transport von radioaktivem Material unterliegen hohen Sicherheitsauflagen. Nach Auskunft der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) sind die Transportbehältnisse für radioaktive Stoffe so sicher, dass ein vergleichsweise geringes Risiko der Freisetzung von radioaktiven Stoffen bei einem Unfall besteht.

### 3 Biologische Kontamination

#### 3.1 Allgemeines

Schadenslagen durch biologische Agenzien zeichnen sich dadurch aus, dass sie in ihrer Anfangsphase mit menschlichen Sinnesorganen gar nicht wahrnehmbar sind, d.h. der Zeitpunkt des Ereignisses und der Zeitpunkt des Erkennens der Gefahrenlage sind nicht unbedingt identisch. Aufgrund der Inkubationszeit, die je nach Agens sehr unterschiedlich ausfallen kann, kann das Infektionsgeschehen erst nach Stunden oder gar Monaten erkannt werden. Die Beurteilung, ob dabei ein außergewöhnliches Infektionsgeschehen oder ein terroristischer Anschlag vorliegt, ist zudem äußerst schwierig, da die anfänglichen Symptome der Erkrankung denen von natürlichen und alltäglichen Erkrankungen sehr ähnlich sind [13].

Im Gegensatz zu radioaktivem Material oder chemischen Substanzen ist ein schneller und zuverlässiger Nachweis biologischer Agenzien derzeit nicht möglich. Ein Nachweis kann nur in Speziallaboratorien erfolgen, was bis zu mehreren Tagen dauern kann [13].

Biologische Agenzien sind Mikroorganismen wie Bakterien und Viren sowie Toxine. Die Wirkungen der Agenzien auf Mensch und Tier sowie deren Übertragbarkeit sind unterschiedlich. Einige biologische Agenzien führen zu Schäden nur bei Pflanzen und Tieren, andere wiederum können sich ausschließlich innerhalb der menschlichen Spezies ausbreiten. Biologische Agenzien können aber auch von Tieren oder Tierprodukten auf den Menschen übertragen werden. Einige durch die Agenzien verursachten Krankheiten, wie z.B. Pocken, sind hochansteckend, andere Agenzien wiederum, wie z.B. Anthrax, Toxine wie Rizin oder Botulinumtoxin sind kaum oder gar nicht auf andere Menschen übertragbar [14].

- Typische Szenarien für biologische Schadenslagen sind:
- Freisetzung von biologischen Agenzien durch Labor- oder Transportunfälle
- Ausbruch von Infektionskrankheiten (Epidemie, Pandemie) z.B. infolge von Naturkatastrophen
- Einsatz biologischer Agenzien zu kriminellen, terroristischen oder militärischen Zwecken [12]

#### 3.2 Bioterrorismus

Nach internationaler Einschätzung stellen Waffen auf der Basis biologischer Agenzien derzeit geeignete Systeme für Terroristen dar, da viele der dafür in Frage kommenden Erreger und Toxine z.B. in der Natur erhältlich und zumindest in der Theorie einfach herzustellen sind [15].

Aus der Vielzahl der Krankheitserreger und Toxine werden einige Agenzien als besonders biowaffentauglich eingestuft. Dem liegen allgemein anerkannte Kriterien zugrunde, die insbesondere die nachfolgend aufgeführten erregerspezifischen Eigenschaften berücksichtigen [16]:

- Übertragbarkeit, Möglichkeiten der Ausbringung/Waffenfähigkeit der Erreger
- Morbidität, Letalität
- Infektiosität
- Virulenz, Pathogenität
- Inkubationszeit
- Umweltstabilität von Erregern
- vorhandene (geeignete) Impfstoffe und Therapiemöglichkeiten

Die US-amerikanische Behörde Centers for Disease Control and Prevention (CDC), die dem Gesundheitsministerium United States Department of Health and Human Services unterstellt ist, hat die bioterroristisch relevanten Agenzien (BT-Agenzien) den folgenden drei Kategorien zugeteilt [16]:

Kategorie A umfasst solche Erreger, die leicht auszubringen bzw. übertragbar sind. Die Letalitätsrate ist sehr hoch. Darüber hinaus verfügen diese Erreger über ein hohes Panikpotenzial in der Bevölkerung und stellen hohe Anforderungen an den öffentlichen Gesundheitsdienst (z.B. Anthrax, Pest, Pocken).

In der Kategorie B werden solche Erreger eingruppiert, die relativ leicht auszubringen sind, sie verursachen eine geringere Letalität und stellen beträchtliche Anforderungen an den öffentlichen Gesundheitsdienst (z.B. Brucellose, Rotz, Q-Fieber).

Der Kategorie C sind neuartige Infektionskrankheiten zugeordnet. Die Erreger verfügen über ein hohes Potenzial zur Massenverbreitung sowie zur hohen Morbiditäts- und Letalitätsrate (z.B. Niphaviren, Hantaviren, Gelbfiebertviren).

Diese Liste des CDC, die in etwa 12 bis 20 Erreger und Toxine umfasst, bekannt auch unter dem Begriff *dirty dozen*, gilt weltweit als die Referenzliste für BT-Agenzien (vgl. Tabelle 1).

Bakterielle Erkrankungen	Virale Erkrankungen	Toxine
Anthrax, Milzbrand (Bacillus Anthracis)	Pocken (Variola major)	Botulismus (Botulinumtoxin)
Pest (Yersinia pestis)	Venezuelanische Pferdeenzephalitis	Rizin
Tularämie, (Francisella tularensis)	Virale Hämorrhagische Fieber (u.a. Marburg-, Ebola-Virus)	Staphylokokken-Enterotoxin-B
Brucellose (Brucella species)		T2-Mykotoxine
Q-Fieber, Balkangrippe (Coxiella burnetti)		
Rotz/Melioidose (Burkholderia mallei / pseudomallei)		

Tabelle 1: Dirty Dozen, Erkrankungen und Toxine

BT-Erreger bzw. B-Kampfstoffe können unter der Voraussetzung der erforderlichen Sachkenntnis und der Ausstattung auf verschiedenen Wegen beschafft werden [17]:

- Gewinnung aus einem natürlichen Reservoir (Boden, erkrankte Menschen oder Tiere)
- Ankauf aus einer mikrobiologischen Stammsammlung
- Beschaffung aus einem mikrobiologischen Forschungs- oder Diagnostiklabor bzw. aus einem Krankenhaus
- Erwerb aus dem B-Waffenrüstungsprogramm eines Risikostaates
- Ausrüstung von Terroristen durch einen staatlichen Sponsor.

Viele der BT-Erreger kommen in der Natur, d.h. in tierischen Organismen oder im Boden (z.B. Milzbrandsporen) vor. Deren Beschaffung, Vermehrung und Optimierung für den Einsatz als Biowaffe ist jedoch aufwändig und technisch anspruchsvoll. Besonders schwierig sind z.B. die Beschaffung von Viren und die Herstellung von B-Kampfstoffen auf deren Basis. Demnach sind nur wenige hochqualifizierte Experten in der Lage, solche Substanzen herzustellen [17]. Aber auch die Gewinnung und Vermehrung der als B-Kampfstoffe geeigneten Bakterien und Toxine erfordert Fachkenntnisse, spezielle Arbeitsmethoden und technische Einrichtungen.

Dass Terroristen in der Lage sind, Zugang zu B-Kampfstoffen zu erlangen bzw. diese auch selbst zu produzieren, ist durch Ereignisse in den USA und in Japan belegt. Zu nennen sind hier z.B. Anschläge mit Milzbranderreger (Anthrax-Briefe) in

den USA im Herbst 2001; die Ausbringung von Salmonellen in mehreren Restaurants der Stadt Dallas, Oregon, USA durch Mitglieder der Rajneeshi-Sekte im September 1994; der Einsatz von Botulinumtoxin von Fahrzeugen aus gegen das japanische Parlament in Tokyo, die Stadt Yokohama, den US-Marinestützpunkt Yokosuka und den internationalen Flughafen Narita durch die Aum-Shinrikyo-Sekte im April 1990; es folgten weitere Anschläge in Tokyo mit Anthraxsporen im Jahr 1993 [17].

Unterstellt man den terroristischen Gruppierungen bei der Anwendung von biologischen Mitteln die Absicht, vorrangig Angst, Schrecken sowie Panik in der Bevölkerung verbreiten zu wollen und somit auch die Hilflosigkeit des Staates vorzuführen, so reicht bereits eine geringe Zahl von erkrankten bzw. einige wenige tatsächliche oder vermeintliche Verdachtsfälle aus, um die gewünschte Wirkung zu erzielen [14]. Allein die Androhung, biologische Kampfstoffe einzusetzen oder ein vorgetäuschter bioterroristischer Anschlag kann eine große Verunsicherung auslösen [17].

Da Biowaffen zudem das Potenzial haben, große Opferzahlen zu erzeugen, zählen sie zu den Massenvernichtungswaffen [15].

Als mögliche Ziele für einen bioterroristischen Anschlag gelten vor allem Großstädte (Hauptstädte), Areale mit großen Menschenansammlungen oder Einrichtungen von großer Bedeutung für Wirtschaft und Verkehr (Messegelände, Einkaufszentren, Flughäfen, Bahnhöfe), Versammlungsstätten (z.B. Sportstadien) sowie künstlich belüftete Bauten (z.B. Regierungs-, Parlaments- oder Gerichtsgebäude, Botschaften und insbesondere U-Bahn-Systeme) [17].

### 3.3 Fazit

Bioterrorismus stellt nach Einschätzung der Experten eine ernsthafte Bedrohung dar. Ereignisse in der Vergangenheit haben gezeigt, dass terroristische Gruppierungen und Einzeltäter in der Lage sind – trotz des hohen Aufwands bei der Beschaffung und Herstellung biologischer Agenzien – biologische Kampfstoffe einzusetzen.



## 4 Chemische Kontamination

### 4.1 Allgemeines

Chemikalien weisen sehr unterschiedliche Wirkungen auf. Sie können ätzend wirken, toxisch sein oder mehrere Wirkungen gleichzeitig haben. Die größte Wirkung entfalten sie bei der Aufnahme in den Körper, d.h. durch Hautkontakt, das Einatmen oder durch die Nahrungsaufnahme.

Bei chemischen Lagen ist von folgenden Szenarien auszugehen:

- Chemieunfälle an Industriestandorten sowie beim Transport
- Krieg
- Terroranschläge.

Die Gefahr des Einsatzes von chemischen Kampfstoffen in kriegerischen Auseinandersetzungen gilt auf internationaler Ebene seit dem Übereinkommen über das Verbot von chemischen Waffen (CWÜ) im Jahr 1997 zwar nicht als gebannt aber als deutlich reduziert. Dieses Übereinkommen verbietet die Entwicklung, die Herstellung, den Besitz, die Weitergabe und den Einsatz chemischer Waffen und wird von der Organisation für das Verbot chemischer Waffen in den Haag überwacht [3].

Gleichwohl besteht nach Einschätzung der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern ein Gefährdungspotenzial durch terroristische Gruppierungen, die chemische Waffen anwenden könnten. Nach Angaben der Datenbank „Center for Nonproliferation Studies“ hat es in der Vergangenheit im Zeitraum vom 1975 bis 2000 weltweit 207 C-terroristische Ereignisse gegeben, worunter Drohungen, der versuchte Erwerb, der Erwerb und der Einsatz von chemischen Stoffen fielen. Dabei kamen 150 Menschen ums Leben und 2.492 wurden verletzt [3]. Das bekannteste Beispiel eines C-Waffen-Anschlags war die Ausbringung von Sarin in der U-Bahn in Tokyo durch die AUM-Sekte im Jahr 1995.

Zu den sehr wahrscheinlichen Szenarien für chemische Lagen zählen sicherlich Transportunfälle. Trotz sicherer Transportmittel ist es keineswegs ausgeschlossen, dass in Folge eines Unfalls in einem Transportbehälter ein Leck entsteht und druckverflüssigte Gase dabei aufgrund des hohen Innendruckes zum gesamten Behälterversagen führen können.

### 4.2 Auswahl des chemischen Leitstoffes für die Bestimmung des Schadensausmaßes

Vorsorgeplanungen bzgl. chemischer Gefahren können naturgemäß immer nur einen Bruchteil al-

ler möglichen Gefahren abdecken: Der Chemical Abstracts Service der American Chemical Society listet aktuell [18] mehr als 40 Mio. mittels der sog. CAS-Nummer erfasster chemischer Substanzen auf. Etwa 70.000 chemische Substanzen werden im industriellen Maßstab verwendet.

Es existieren verschiedene Aufstellungen toxischer Chemikalien, die aus militärischer, polizeilicher oder nicht-polizeilicher Sicht eine Relevanz darstellen, da sie ein besonders hohes Gefährdungspotenzial bei beabsichtigter oder unfallbedingter Freisetzung bergen. Als Beispiele solcher Aufstellungen seien exemplarisch die ETW-Liste (Einsatztoleranzwert-Liste: 33 für den Feuerwehreinsatz relevante Substanzen) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** oder die jüngst vom Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen unter Beteiligung des BBK erarbeitete Matrix „Gefahrenpotenziale von chemischen Kampfstoffen und toxischen Industriechemikalien – das Punktesystem“ (VS-NfD) mit insgesamt 50 Substanzen erwähnt.

Um den Arbeitsaufwand im Projekt begrenzen zu können, war es zunächst erforderlich, chemische Substanzen zu definieren, die exemplarisch zur Bewertung der Auswirkungen auf Personen bei Freisetzung von chemischen Stoffen herangezogen werden können. Bei der Stoffauswahl sollten auch solche Substanzen berücksichtigt werden, die bei einem terroristischen Anschlag Verwendung finden könnten.

Dabei wurden folgende Kriterien bei der Auswahl geeigneter Chemikalien zu Grunde gelegt:

- **Dampfdruck / Flüchtigkeit:**  
Je schneller eine Substanz in die Gasphase übergeht, desto eher verursacht sie bei Freisetzung eine Gefährdung von Personen, da die Substanz über die Atemwege aufgenommen wird. Ein niedriger Dampfdruck hat zur Folge, dass die Substanz über längere Zeit am Freisetzungsort sesshaft verbleibt, d. h. es sind ggf. umfangreiche Dekontaminationsmaßnahmen erforderlich, bevor ein Gebiet wieder zur gefahrlosen Nutzung freigegeben werden kann. Die Stabilität der Substanzen gegenüber Umwelteinflüssen (hier in erster Linie Niederschlag) wurde nicht betrachtet, da diese in Tunneln aus hiesiger Sicht vernachlässigt werden kann.

- **Akute Toxizität**

Als beispielhafte Substanzen wurden Chlor, Acrolein, Toluoldiisocyanat (TDI) und Sarin ausgewählt (vgl. Tabelle 2). Diese Stoffe haben eine hohe akute Toxizität und ihre Flüchtigkeit reicht von leichtflüchtig (Chlor: gasförmig) bis hin zu sesshaft (TDI: flüssig). Damit bilden sie nahezu das gesamte Spektrum an Industriechemikalien beispielhaft ab.

Die anderen Chemikalien der ETW-Liste sind entweder weniger giftig oder werden in kleinerem Maßstab produziert und transportiert. Dies gilt vor allem für toxischen Gase Arsin, Phosgen, Chlorcyan und Phosphin. Chlor als chemische Grundchemikalie hat aufgrund seiner hohen Produktions- und Transportmengen das höchste Gefahrenpotenzial dieser Gruppe.

Stellvertretend für hochgiftige flüchtige Stoffe wird

daher, auch in Anlehnung an den Forschungsbericht „Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007“, Chlor herangezogen.

Sesshafte Stoffe werden im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet, da sie Ihre Wirkung erst bei Kontakt mit dem menschlichen Organismus entfalten und bei Durchfahren von Infrastruktureinrichtungen des Verkehrs i.d.R. keine direkte Berührung durch den Nutzer stattfindet.

Substanz	ETW in ppm	Geruchsschwelle in ppm	Siedepunkt in °C	Dampfdruck in mbar bei 20°C
Chlor	1	0,05	-34	6730
Acrolein	0,1	0,2	53	286
Toluoldiisocyanat (TDI)	0,021	0,2	246	0,02
Sarin	0,0029	0,16	147	2

Tabelle 2: Auswahl der für die Untersuchung in Frage kommenden chemischen Leitstoffe

## 5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Dirty Dozen, Erkrankungen und Toxine [20] .....	7
Tabelle 2:	Auswahl der für die Untersuchung in Frage kommenden chemischen Leitstoffe.....	9

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; Deutsche Gesellschaft für Katastrophenmedizin e.V. (Hrsg.): Notfall- und Katastrophenpharmazie, Band 1, Bevölkerungsschutz und Medizinische Notfallversorgung, Kap. 5.1.3 Nukleare und Radiologische Gefährdungen und Bedrohungen. Bonn, 2009
- [2] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe: Radiologische und nukleare Gefahren. [http://www.bbk.bund.de/cln\\_007/nn\\_403144/DE/02\\_\\_Themen/09\\_\\_GesundhBevSchutz/02\\_\\_GesundhABCschutz/01\\_\\_RadGefahr/RadGefahr\\_\\_einstieg.html\\_\\_nnn=true](http://www.bbk.bund.de/cln_007/nn_403144/DE/02__Themen/09__GesundhBevSchutz/02__GesundhABCschutz/01__RadGefahr/RadGefahr__einstieg.html__nnn=true) (28.10.2010)
- [3] Schutzkommission beim Bundesminister des Innern, Dritter Gefahrenbericht, März 2006
- [4] Weinheimer, H-P: „Schmutzige Bombe“ – Fiktion oder reale Gefahr?. In: Europäische Sicherheit, Heft 3, 2007, S. 72 – 78
- [5] Schutz der Bevölkerung vor den Folgen einer Schmutzigen Bombe. Rede von BfS-Präsident Wolfram König auf dem 2. Berliner Fachkongress über Nationale Sicherheit und Bevölkerungsschutz im November 2006. <http://www.bfs.de/de/ion/papiere/SchmutzigeBombe.html> (28.10.2010)
- [6] Bundesamt für Strahlenschutz: Strahlenschutz bei der Verwendung von radioaktivem Material („Schmutzige Bombe“) in Verbindung mit konventionellem Sprengstoff. [http://web.archive.org/web/20070202070636/http://www.bfs.de/ion/papiere/schmutzige\\_bombe.html](http://web.archive.org/web/20070202070636/http://www.bfs.de/ion/papiere/schmutzige_bombe.html) (28.10.2010)
- [7] Levi, Michael A.; Kelly, Henry C.: Schmutzige Bomben als Terrorwaffe. In: Spektrum der Wissenschaft, Heft 3, 2003, S. 28 – 31
- [8] Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Quellen vom 12. August 2005. Bundesgesetzblatt Jg. 2005, Teil I, Nr. 49, Bonn 17. August 2005
- [9] Labor Spiez: Dirty Bomb: Wie groß ist die Bedrohung? Mögliche Auswirkungen eines radiologischen Terroranschlags. Hintergrundinformationen zu einem aktuellen Thema, März 2005 <http://www.labor-spiez.ch/de/dok/hi/dedokhidb.htm> (15.10.2010)
- [10] Rambousky, R.: Bedrohung durch radiologische Bomben. Vortrag im 3. Wittener Sicherheitsforum 2008 am 22. Oktober 2008. (VS – Nur für den Dienstgebrauch)
- [11] [http://www.bbk.bund.de/cln\\_027/nn\\_403144/sid\\_BBD6B08557C517DE5BCB4BB918C9E9A1/DE/02\\_\\_Themen/08\\_\\_CBRN-Schutz/05\\_\\_Physik/02\\_\\_RadiologischeDispersionsvorrichtung/RadiologischeDispersionsvorrichtung.html\\_\\_nnn=true](http://www.bbk.bund.de/cln_027/nn_403144/sid_BBD6B08557C517DE5BCB4BB918C9E9A1/DE/02__Themen/08__CBRN-Schutz/05__Physik/02__RadiologischeDispersionsvorrichtung/RadiologischeDispersionsvorrichtung.html__nnn=true) (15.10.2010)
- [12] Fock, R.: Großschadenslagen durch biologische Agenzien. In: Katastrophenmedizin, Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. Hrsg.: Bundesministerium des Innern. 4. Auflage, Berlin, 2006.
- [13] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. Kap. 2 Gefahrenerkennung, Einführung. Bonn, 2007, S. 89 – 93
- [14] Fock, R.: Außergewöhnliche biologische Gefahren. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. Bonn, 2007, S. 26 – 39
- [15] Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren II. Entscheidungshilfen zu medizinisch angemessenen Vorgehensweisen in einer B-Gefahrenlage. Kap.1 Biologische Kampfstoffe. Bonn, 2007, S. 33 – 38
- [16] Maidhof, H.: Eingruppierung von Infektionserregern und Toxinen. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe; Robert Koch-Institut (Hrsg.): Biologische Gefahren I. Handbuch zum Bevölkerungsschutz. Bonn, 2007, S. 40 – 46
- [17] Sohns, T.: Schutz vor B-Waffen in den Händen von Terroristen (Teil 2). In: Europäische Sicherheit, Heft 6, 2000, S. 43 – 45
- [18] <http://www.cas.org>, Stand Dezember 2008
- [19] Buff, K.; Greim, H.: Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Großbränden. Literaturstudie Teilbereich Toxikologie. Hrsg.: Bundesamt für Zivilschutz. Bonn, 1997. (Zivilschutz-Forschung, Schriftenreihe der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern, Bd. 25)