

Wolfgang Schallenger

## **Biokampfstoffe und Terrorismus**

---

### **Einleitung**

Biologische Kampfstoffe wurden insbesondere in Österreich über Jahrzehnte nicht als realistische Bedrohung aufgefasst. Obwohl es bis zur Biowaffenkonvention 1972 offizielle und ausgedehnte Biowaffenprogramme in Ost und West gab, wurden im Österreichischen Bundesheer (ÖBH) keine diesbezüglichen Vorsorgen getroffen. Erst mit dem Bekanntwerden der Terroraktivitäten der japanischen Aum Shinrikyo Sekte wurde der Bioterrorismus schlagartig zu einer realistischen Bedrohung und erweckte weltweit das Interesse an biologischen Waffen sowie an ihrer Abwehr. Die neueren Entwicklungen in der Terrorszene (Superterrorismus) einerseits und in der Biotechnologie (Gentechnik) andererseits erfordern eine Neubewertung der gesamten Thematik.

Die Vorstellungen über das Bedrohungspotential, das von Biowaffen ausgeht oder ausgehen könnte, sind sehr diffus. Nicht nur in der breiten Öffentlichkeit sind Informationen und Kenntnisse über biologische Zusammenhänge relativ dürftig, auch im ÖBH wurde dieses Thema über Jahre hinweg ignoriert. Biologische Waffen waren kein wirklicher Ausbildungsinhalt und der eine oder andere Ausbildungsoffizier hat ganz offen darüber spekuliert, dass man auf das „B“ eigentlich vergessen könne. Auch am Ausrüstungssektor oder im Bereich der Sanitätsversorgung wurden praktisch keine Biowaffen-spezifische Vorsorgen getroffen.

Wie und warum es dazu kam, lässt sich aus heutiger Sicht nicht schlüssig erklären. Immerhin gab es bis zum Biowaffen-Abkommen im Jahre 1972 („Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological [Biological] and Toxin Weapons and on their Destruction“, 10. April 1972) ausgedehnte, reguläre Biowaffenprogramme in Ost und West. Und, wie man heute weiß, wurden (und werden?) diese Programme da und dort (wenn auch eingeschränkt) inoffiziell weitergeführt.

Die fast vollständige Ausblendung biologischer Bedrohungsszenarios sowohl durch das ÖBH als auch im Zivilschutz muss aber nicht unbedingt als Fehler gesehen werden. Das Spektrum biologischer Kampfstoffe und Einsatzmethoden ist sehr breit – und damit auch das Spektrum der möglichen Auswirkungen. Wirkungsvolle Schutzmassnahmen gegen eine Vielzahl denkbarer Bedrohungsbilder mit relativ geringer Eintrittswahrscheinlichkeit sind jedoch schon aus Gründen einer „verteidigungsökonomischen Prioritätensetzung“ nicht realisierbar. Vielleicht hat man deshalb vollständig darauf verzichtet.

Die ab den siebziger Jahren einsetzende Bedrohung durch terroristische Gruppen auf internationaler Ebene erfolgte fast ausschließlich mit Hilfe

konventioneller Waffen und führte daher zu keiner gesteigerten Aufmerksamkeit gegenüber dem Potential biologischer Waffen. Bomben und Schusswaffen, die bis dato am häufigsten eingesetzten Terrorwaffen, sind in ihrem Bedrohungsmuster vergleichbar: eine Explosion, Verletzte, Tote, Zerstörungen – die Auswirkungen sind unmittelbar, aber dann ist es vorbei. Im Gegensatz dazu ist der Einsatz biologischer Kampfstoffe anfänglich gar nicht zu bemerken. Möglicherweise werden nicht einmal die ersten Auswirkungen (Erkrankungen) die als die Folge eines Biowaffen-Einsatzes erkannt. Art der Erkrankung, Ausbreitungsdynamik, Schicksal der Betroffenen bleiben vorerst unabsehbar – ein völlig anderer Bedrohungstypus als die Bombe, aber eben gerade deshalb geeignet, Angst und Schrecken zu verbreiten.

Mit dem Zerfall der kommunistischen Systeme ab 1989/90 sind Befürchtungen gewachsen, Massenvernichtungswaffen („weapons of mass destruction – WMD“) könnten in die Kontrolle nicht-staatlicher und staatlicher („Schurkenstaaten“) Terrorprogramme geraten. Auch hier konzentrierten sich die Befürchtungen zuerst auf radioaktive und chemische Materialien, weniger auf Biowaffen. Seit 1994 finanzieren die USA Beschäftigungsprogramme für ehemals in der Waffenindustrie der Sowjetunion beschäftigte Wissenschaftler und Techniker. Nachdem bekannt geworden ist, dass die Sowjetunion und später Russland, trotz Biowaffenkonvention 1972, bis 1992 umfangreiche und intensive Biowaffen-Programme unterhalten hat, wurde dieses Programm auf Biowissenschaftler ausgedehnt.

Aber erst die Aufdeckung der japanischen Sekte Aum Shinrikyo (1995) markiert weltweit einen Wendepunkt in der Bewertung des Bioterrorismus. Plötzlich wurde einer breiteren Öffentlichkeit bewusst, dass hier ein enormes Gefährdungspotential vorliegt beziehungsweise vorliegen könnte. Diese Aufmerksamkeit trifft auf einen sehr geringen öffentlichen Informationsstand in Bezug auf Biologie bei gleichzeitig durchaus konkreten (historischen) Wissen über die Gefahren von Epidemien. Ebenfalls ab den neunziger Jahren rücken Biotechnologie und Gentechnik in das Bewusstsein einer breiteren Öffentlichkeit und werden vorrangig in Zusammenhang mit biologischen und genetischen Risiken diskutiert. Spekulationen über das terroristische Potential sind daher naheliegend (das wurde auch von der Filmindustrie prompt erkannt) und erzeugten weltweit Handlungsbedarf bei Sicherheitsbehörden und Streitkräften. Insbesondere die USA, Kanada, Großbritannien und – eingeschränkt – die europäischen NATO-Verbündeten nahmen sich dieser Frage an.

## **Zielsetzung**

Österreich reagierte da schon wesentlich gelassener, das heißt vorerst gar nicht. Etwas verzögert, aber doch, hat sich auch in Österreich ein entsprechendes Problembewusstsein entwickelt. Auf der Jahrestagung der Wissenschaftskommission 1998, Semmering, wurde das Thema seitens des

Bundesministers und des Generaltruppeninspektors explizit angesprochen. Das Zentrum Jagdkampf hat sich wie auch andere von einem Bioterror-Szenario direkt betroffene Dienststellen (SanW, AWT, ABC-Schule) ab 1999 mit dem Bedrohungsbild Bioterrorismus auseinandergesetzt und beschlossen, eine erste „Lagebeurteilung“ durchzuführen. Diese soll drei Teile umfassen: 1. Die Bedrohung durch Biowaffen 2. Die Abwehr von Biowaffen 3. Militärische Einsatzkräfte.

Mit dieser Studie liegt Teil 1 vor: Sie behandelt den aktuellen Stand der wissenschaftlich-technischen Grundlagen und Eigenschaften von waffenfähigen biologischen Agentien, einsatzrelevante Fragestellungen sowie die Abschätzung des Gefahrenpotentials an Hand von Szenarien. Die Studie spricht weiters das Risiko von Bioterrorismus an, indem sie die technisch/technologischen Erfordernisse des wirkungsvollen Einsatzes von Biowaffen analysiert und mit den realen Möglichkeiten und Bedingungen potentieller Terroristen vergleicht. Außerdem wird der Versuch unternommen, den Einfluss der wissenschaftlich-technischen Entwicklung auf zukünftige Bedrohungsbilder abzuschätzen.

Die Studie versteht sich aber nicht als abschließende Lagebeurteilung oder Risikobewertung. Sie erhebt keine Forderungen in Richtung konkreter Beschaffungs- oder Ausbildungsmaßnahmen. Auch werden keine strategischen Entscheidungen im Sinne einer „umfassenden Sicherheitsvorsorge“ getroffen oder sollen Entscheidungen der verantwortlichen Stellen vorweggenommen werden. Sie ist in erster Linie eine Informationsgrundlage für Entscheidungsträger. In weiterer Folge wird sie Arbeitsgrundlage für die Erstellung der Teile 2 und 3 sein, sofern ein Auftrag an das Zentrum Jagdkampf in diesem Zusammenhang ergeht.

## **Ausgewählte Biokampfstoffe**

Obwohl die Vielfalt biologischer Materialien mit pathogenen Auswirkungen auf Mensch, Tier oder Pflanzen geradezu überwältigend ist, ist nur eine begrenzte Anzahl als Biokampfstoff geeignet. Stabilität, Erhaltung der Infektiösität, Handhabbarkeit und Beschaffbarkeit sind wichtige Parameter, die die Verwendbarkeit von Bakterien, Viren und Toxinen als Biowaffen einschränken. Sieht man vom Entwicklungspotential der modernen Biotechnologie (wird im Abschnitt 8 besprochen) ab, kommen nur an die 12 native Biomaterialien für den terroristischen Einsatz in Frage.

Dieser Abschnitt beschränkt sich auf die Beschreibung ausgewählter Kampfstoffe und stellt keine lückenlose, erschöpfende Aufzählung dar. Die Beschreibungen dienen in erster Linie dazu, das Bedrohungsbild nachzuzeichnen und für den Leser greifbar zu machen. Detaillierte Beschreibungen und Listen von Biokampfstoffen sind öffentlich zugänglich und liegen diesem Auszug zugrunde.

Grundsätzlich kommen drei unterschiedliche Klassen von Organismen/

### Agentien als Biowaffen in Frage:

- *Bakterien*: einzellige, vermehrungsfähige Mikroorganismen, Auslöser von infektiösen Krankheiten. Andere vermehrungsfähige (Mikro-)Organismen sind Protozoen, Rickettsien und Pilze.
- *Viren*: Organismen, die sich nicht selbst vermehren können, sondern dazu andere Zellen infizieren (und zerstören) müssen. Streng genommen sind Viren keine Organismen, sondern nur Träger genetischer Information.
- *Toxine*: Substanzen, die durch Organismen hergestellt werden, also biogenen Ursprungs sind und daher zu den Bio-Kampfstoffen gezählt werden. In ihrer Wirkung sind sie mit chemischen Kampfstoffen vergleichbar, weshalb sie manchmal auch zu diesen gezählt werden.

Für den terroristischen Einsatz kommt nur eine relativ beschränkte Zahl von Biokampfstoffen in Frage. Bis zur Unterzeichnung des Biowaffenvertrages (1972) wurden von den Großmächten zahlreiche Biokampfstoffe entwickelt, getestet und für den Einsatz vorbereitet. Aber es sind, wie in den weiteren Abschnitten deutlich wird, bei weitem nicht alle für den militärischen Einsatz entwickelten Biokampfstoffe auch für terroristische Zwecke geeignet.

Andererseits ist es denkbar, dass militärisch uninteressante Agentien im terroristischen Kontext durchaus geeignet sind. Ausschlaggebend sind nicht nur die biologischen Eigenschaften, sondern etwa auch der Zugang zu geeigneten Kulturen, Züchtung, Selbstschutz, Lagerhaltung oder Einsatzmethode. Diese Kompetenzen hängen sehr stark von personellen und finanziellen Ressourcen ab, erfordern mitunter teure Infrastruktur, spezialisiertes Know-how und besondere logistische Kapazitäten – kritische Fähigkeiten beziehungsweise eine Kombination kritischer Fähigkeiten, die für kleine, verdeckt operierende Gruppen nicht so ohne weiteres realisierbar ist. Allerdings verändert sich diese Situation laufend zu ihren Gunsten – nicht zuletzt auf Grund wissenschaftlicher und politischer Entwicklungen.

Eine Auswertung von Studien der letzten 30 Jahre kommt zum Ergebnis, dass maximal 8 bis 12 Biokampfstoffen das Potential für terroristische Einsätze zugeschrieben werden kann. So kann man davon ausgehen, dass Terroristen eher Bakterien als Viren wählen, weil die Vermehrung von Viren schwierig ist und diese außerhalb der Wirtszellen nur begrenzt überleben beziehungsweise infektiös bleiben. Ebenfalls aus Gründen der Stabilität (Überlebensfähigkeit) werden sporenbildende Bakterien vor Nicht-Sporenbildnern den Vorzug bekommen. Toxine wiederum sind noch stabiler, relativ einfach herzustellen und extrem toxisch, allerdings fehlt ihnen das epidemiologische Potential von übertragbaren Krankheitserregern. Weitere wichtigen Auswahlkriterien sind: Toxizität, Herstellung beziehungsweise Beschaffung, Einsatzmöglichkeiten, Anhaltedauer des Gefährdungspotentials nach Freisetzung, Geschwindigkeit der Wirkung (es kann ein schneller Effekt erwünscht sein, manchmal aber gerade nicht) und Unempfindlichkeit gegenüber Gegenmaßnahmen (Detektion,

Antimittel).

Alle Studien über, aber auch alle bekannten Abwehrvorbereitungen westlicher Industriestaaten (USA, Kanada, Großbritannien) gegen Bioterrorismus evaluieren das Gefährdungspotential nach diesen Kriterien, wobei in erster Linie an der Schwere der hervorgerufenen Erkrankungen (Wirkprofil) sowie an der Anzahl der Betroffenen (epidemisches Potential) gemessen wird. Es sei betont, dass in all diesen Abschätzungen die zukünftigen Auswirkungen wissenschaftlicher (Stichwort Gentechnik) und technologischer Fortschritte nicht enthalten sind, ja nicht enthalten sein können. Im Abschnitt „Wissenschaftlich/technische Entwicklung“ werden denkbare Entwicklungen, soweit sie in diesem Kontext eine Rolle spielen, beschrieben.

### Bakterien

**Anthrax:** steht an erster Stelle praktisch aller Studien und Szenarien über mögliche Biowaffen-Bedrohungen. Dieser auf dem Bakterium *Bacillus anthracis* beruhende Biokampfstoff war und ist Bestandteil aller militärischen Programme und daher bestens untersucht. Als Sporenbildner ist er sehr stabil gegen Hitze, Sonne und teilweise auch gegen Desinfektionsmittel. Die Ansteckung erfolgt über die Atemwege. Die Infektiösität ist zwar etwas geringer als bei anderen Erregern, die Erkrankung ist jedoch äußerst schwer und, nach Ausbruch der Symptome fast immer letal. Die Symptome sind anfangs einer Grippe ähnlich und sind daher nicht sofort erkennbar. Eine Behandlung mit Antibiotika ist nur in frühen Stadien der Erkrankung erfolgversprechend. Ein (prophylaktischer) Impfstoff ist vorhanden (Erstzulassung 1970), neue Vakzine mit verbesserter Wirkung befinden sich noch im Tierversuch.

*Bacillus anthracis* ist ein weit verbreitetes Bodenbakterium, trotzdem ist der Zugang zu virulenten Stämmen nicht einfach. Auch die Züchtung des Materials und der wirksame Einsatz erfordern spezifische Know-how und geeignete Infrastruktur.

**Pest:** kommt als Lungen- oder Beulenpest vor, wobei erstere in diesem Kontext wichtig ist; das Bakterium *Yersinia pestis* ist wesentlich infektiöser als Anthrax bei ebenfalls hoher Letalität, weist unter geeigneten Bedingungen eine hohe Lagerstabilität auf, ist allerdings gegen Licht, Hitze und Desinfektionsmittel empfindlich (bildet keine Sporen). Eine Antibiotika-Therapie ist möglich, aber nur im frühen Stadium erfolgversprechend. Derzeit existiert kein Impfstoff.

Die Beschaffung von *Yersinia pestis* ist noch schwieriger als die von Anthrax, auch die Züchtung und vor allem der Einsatz als Kampfstoff erfordern umfangreiches Wissen und technologische Fähigkeiten. Es wird daher von den meisten Studien als möglicher, aber nicht sehr wahrscheinlicher Kampfstoff eingestuft.

**Tularämie (Hasenpest):** Erreger des Hasenfiebers oder der Hasenpest ist das

Bakterium *Pasteurella tularensis* und wird natürlicherweise von infizierten Wildtieren (Hautkontakt) übertragen. Die Infektiosität ist sehr hoch – eine deutlich geringere Anzahl an Organismen als bei Anthrax kann eine Erkrankung auslösen –, die Erkrankung selbst ist nicht so schwer. Eine Antibiotika-Therapie ist wirksam, ein Impfstoff befindet sich seit 1999 in klinischer Entwicklung (zugelassen durch die FDA).

Die Beschaffung eines infektiösen Stammes ist schwierig. Züchtung und Lagerung sind unproblematisch. Auf Grund der geringen Hitze-Stabilität ist die Stabilisierung für eine Verwendung als Kampfstoff schwierig.

**Rotz (engl. Glanders):** Erreger ist das Bakterium *Burkholderia mallei* und befällt natürlicherweise Tiere (Pferde). Die Infektiosität ist sehr hoch, die Erkrankung ist mittelschwer bis schwer. Eine Therapie (Antibiotika) ist möglich, aber wenig erprobt, Impfstoffe existieren nicht. Die Symptome hängen vom Infektionsweg ab, wobei insbesondere die Infektion der Blutwege zu den schwersten Krankheitsbildern führen.

Die Beschaffung des richtigen Stammes ist schwierig, aber die relativ gute Stabilität des Materials macht eine Verwendung als Biokampfstoff durchaus denkbar.

**Brucellose („Maltafieber“):** als Erreger sind drei Spezies der *Brucella*-Bakterien bekannt. Relativ infektiös (Haut, Wunden), aber nur mittelschwerer, selten tödlicher Krankheitsverlauf (Grippe-ähnlich). Antibiotika-Therapie ist möglich, Impfstoffe sind nicht vorhanden.

Die Züchtung der Bakterien ist nicht sehr schwierig und das Material ist stabil, aber infektiöse Stämme sind schwer zu bekommen. Die lange Inkubationszeit und der kaum letale Krankheitsverlauf lassen einen Einsatz als Biokampfstoff eher nicht erwarten.

## Viren

**Pocken:** werden vom Virus *Variola* verursacht und haben im Laufe der Menschheitsgeschichte mehr Menschen getötet, als jede andere Seuche (Beulenpest inklusive). Die Kontaminierung erfolgt üblicherweise über die Atemwege, kann aber auch durch Hautkontakt erfolgen. Die Inkubationszeit liegt bei 7 bis 14 Tagen, und ist in nicht geimpften Patient schwer mit hoher Mortalitätsrate. Ein Gegenmittel ist in klinischer Entwicklung (Cidofovir).

Zugang zu geeignetem Material, Lagerung und Verarbeitung zu einsatzfähigen Kampfstoffen ist schwierig. Man geht davon aus, dass einige Staaten entsprechende Vorräte lagern und damit auch politisch motivierte Terroristen Zugang zu diesen Kampfstoff haben. Nach der Quasi-Ausrottung der Pocken in den Sechzigern ist die Durchimpfung in den westlichen Industrieländern stark gesunken. Die hohe Stabilität der Viren, Infektiosität und Mortalität lassen daher die Pocken als potentiellen Biokampfstoff mit hoher Attraktivität für terroristische Einsätze erscheinen.

## Toxine

**Botulinum Typ A-G:** Das Bakterium *Bacillus botulinum* produziert sieben verschiedene Arten des Botulinum-Toxins (A-G), die Krankheitssymptome beginnen mit trockenem Mund und allgemeine Schwäche, Übelkeit bis hin zu Atemlähmung und Tod. Die Toxizität ist äußerst hoch.

Die Herstellung ist relativ einfach, sofern geeignete Produktionsstämme vorhanden sind. Die Stabilität des Toxins ist hoch, trotzdem trifft der Einsatz des Agens auf technologische Schwierigkeiten. Auch die japanische Aum-Sekte, verantwortlich für den Sarin-Anschlag in der Tokioter U-Bahn hat, wie spätere Untersuchungen ergaben, mit Botulinum experimentiert, keiner der Anschläge führte jedoch zu ernsteren Zwischenfällen.

**Rizin:** Dieses Toxin kann aus dem Öl der Castor-Bohnen (Rizinus-Öl) gewonnen werden. Die Toxizität ist äußerst hoch, doch Erfahrungen mit Rizin-Vergiftungen an Menschen sind dürftig. Die Symptome dürften von der Einnahme-Route (Atemweg, Verdauungstrakt, Injektion) abhängen. Man geht davon aus, dass sie nach 1, bis 3 Stunden einsetzen und innerhalb von 1, bis 2 Tagen zum Tod durch Atemstillstand, Kreislauf oder Multiorganversagen führen. Es gibt keine spezifische Behandlungsmöglichkeit; angeblich hat die US Army eine Vakzine in Entwicklung.

Rizin ist sehr leicht zugänglich, stabil und, wie erwähnt, äußerst giftig. Es eignet sich somit für Sabotagezwecke oder Attentate (rumänischer Geheimdienst in London). Über seine Verwendbarkeit als Massenvernichtungswaffe gibt es geteilte Ansichten, da eine Aerosolisierung sehr großer Mengen (trotz hoher Toxizität) bedarf.

**Staphylococcus Enterotoxin B:** SEB wird vom Bakterium *Staphylococcus aureus* produziert und ist im Zusammenhang mit Lebensmittelvergiftungen bekannt. Es kann in aerosolisierter Form als Kampfstoff eingesetzt werden, wobei erste Symptome nach drei Stunden einsetzen: Atembeschwerden, Übelkeit, Schwäche bis zu Lungenödemen bei hoher Konzentration. Ein tödlicher Krankheitsverlauf ist eher nicht zu erwarten. Es gibt keine Vakzine oder spezifische Gegenmittel.

SEB ist zwar sehr stabil, aber die Produktion relevanter Mengen sowie die relativ geringe Toxizität dürfte seine Einsetzbarkeit als Biokampfstoff stark limitieren.

**Trichotecene - Mykotoxine:** Unter Mykotoxinen versteht man eine sehr große und uneinheitliche Gruppe von Substanzen, die durch Schimmelpilze hergestellt werden. Die Trichotecene sind eine Untergruppe niedrigmolekularer Stoffwechselprodukte, der sogenannten Fusarien. Diese Toxine sind vor allem im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Produkten bekannt geworden, zum Beispiel durch Fusarien befallenes überwintertes Getreide ausgelöste Alimentäre Toxische Aleukie (19. Jahrhundert). Insbesondere das durch den Pilz *Stachybutrys atra* produzierte Toxin T-2 kommt als Biokampfstoff in Frage. Bei Hautkontakt stellen sich die ersten Symptome innerhalb von Minuten ein (Brennen, Blasenbildung). Auch nach dem Schlucken sind unmittelbar erste

Symptome zu erwarten, der Krankheitsverlauf ist schwer und kann zum Tod führen. Es gibt keine spezifischen Gegenmittel oder Vakzine.

Hohe Stabilität, leichte Zugänglichkeit, Toxizität und rasche Auswirkung sprechen für die Wahrscheinlichkeit einer terroristischen Nutzung, durch Aerolisierung („yellow rain“) oder Kontamination von Lebensmitteln.

## **Eigenschaften von Biowaffen**

Biologische Agentien können in ihrer pathogenen Wirkung die giftigsten Chemikalien wie Nervenkampfstoffe um den Faktor  $10^3$  bis  $10^4$  übertreffen. Von chemischen Kampfstoffen unterscheiden sie sich durch verzögerte Wirkung und epidemiologische Dynamik. Unsichtbarkeit, schwieriger Nachweis und nicht erkennbarer Ort und Zeitpunkt des Einsatzes lassen praktisch keinen Vergleich mit der Wirkung von Schusswaffen oder Sprengstoffen zu. Das große Spektrum unterschiedlicher Eigenschaften könnte zu neuen, bisher nicht bekannten Terrorszenarien führen.

Die wohl herausstechendste Eigenschaft von Biowaffen ist die Toxizität. Im Falle biologischer Agentien geht es aber nicht nur um die Giftigkeit im Sinne des LD<sub>50</sub>- Wertes, sondern um Eigenschaften wie Infektiösität, Übertragbarkeit und das damit zusammenhängende epidemiologische Potential, Inkubationszeit, Krankheitsverlauf, die Verfügbarkeit von Impfstoffen und Gegenmitteln.

Aber auch die Giftigkeit in dieser umfassenden und dynamischen Sicht beurteilt wäre zu kurz gegriffen. Die Haltbarkeit gegenüber Hitze, Licht oder Desinfektionsmittel ist für die Planung eines Einsatzes mindestens ebenso wichtig, denn das giftigste Agens ist wirkungslos, wenn es unter dem Einfluss von UV-Strahlung zerstört wird, bevor es sein Ziel erreicht.

Weitere zu beurteilende Eigenschaften sind die Infektionsrouten – die Kontamination kann über die Atemwege, direkten Hautkontakt oder Injektion in die Blutbahn stattfinden – die Beschaffbarkeit effektiver Agentien sowie die Produktion und Lagerung, die Schwere der Erkrankung und die Ausbreitungsdynamik.

Zu berücksichtigen ist weiters der Bedrohungstypus von Biowaffen, der sich sehr stark von Bomben oder Geiselnahmen unterscheidet. Biowaffen an sich erregen keine Aufmerksamkeit, sie sind unsichtbar und zeigen bis zum Ende der Inkubationszeit keine Auswirkungen (ausgenommen die Toxine). Selbst wenn die ersten Erkrankungen aufgetreten sind, muss noch nicht ein Biokampfstoff als Verursacher erkannt werden. Das Schicksal der Betroffenen bleibt vorerst unabsehbar, die Ausbreitung der Erkrankung ist nicht kalkulierbar und damit auch nicht die persönliche Betroffenheit jedes Einzelnen. Mit dem Hintergrund der historischen und durchaus aktuellen Erfahrung von „Seuchen als Geisel der Menschheit“ ist die Bedrohung durch Biowaffen durchaus geeignet, Angst und Schrecken zu verbreiten. Und gerade das ist die Absicht von Terroristen.



## **Toxizität**

Dass biologische Agentien zu den giftigsten aller bekannten Substanzen gehören, kann als bekannt vorausgesetzt werden. Dass aber beispielsweise das Typ A-Botulinum-Toxin (BTX oder Botox) um einiges (nämlich um das 1000 – 10 000fache) giftiger ist als Sarin, VX oder Cyanid, mag doch überraschen. Die tödliche Dosis für einen Erwachsenen wird mit 0,1 µg angegeben, der entsprechende Wert für Sarin liegt bei 1 mg. 1 g BTX ist somit theoretisch die tödliche Dosis für 10 Millionen Menschen (solche Zahlen verführen manchmal zu Horrormeldungen der Art, man könne mit etwa einem kg BTX die Menschheit ausrotten, was die absurde Hypothese beinhaltet, jedem Menschen würde einzeln und gezielt genau die Minimaldosis verabreicht).

In diesem Zusammenhang werden die Resultate eines Berichtes des US Congressional Office of Technology Assessment (OTA) zitiert. Die tödliche Dosis von VX liegt bei 0,4 mg, 1 g VX ist daher die theoretische Dosis für 2500 Menschen. Modellberechnungen haben ergeben, dass die Freisetzung von 7,2 Tonnen VX aus acht niedrig fliegenden Kampfflugzeugen über einem dicht besiedelten Areal (Großstadt) zu 125 000 Todesfällen führen würde. Das entspricht einer tödlichen Dosis pro Individuum von zirka 60 g, also dem fast 150 000fachen des theoretischen Wertes, und das unter der Voraussetzung optimaler waffentechnischer, technologischer und klimatischer Bedingungen. Der entsprechende Bedarf an BTX würde etwa 15 mg pro Person entsprechen, immer noch erschreckend, aber doch deutlich relativiert.

Ein anderes Bedrohungsszenario mit Terrorpotential ist der Angriff auf Trinkwasserversorgungen. Der Berechnung liegt ein Wasserreservoir von fünf Millionen Liter zugrunde; eine Kontamination soll dazu führen, dass eine Person, die 100 ml des nicht behandelten Wassers trinkt, schwer erkrankt, vielleicht sogar stirbt. Das wäre 10 Tonnen Kaliumcyanid, 50 kg VX, aber nur 7 kg Staphylococcal Toxin (Enterotoxin B) oder 5 kg BTX. Die Behauptung, dass nur 0,5 kg einer hochaktiven Salmonellen-Präparation dieselben Auswirkungen haben, wird von anderen Autoren massiv bezweifelt.

Dennoch muss auch die Toxizität pathogener Organismen als sehr hoch angesehen werden. Da ein Gramm einer angereicherten Bakterienkultur zirka  $10^{10}$  Mikroorganismen enthält, sind infektiöse Dosen von 0,1 µg realistisch. Im Falle von Organismen ist die Dosis, anders als bei Toxinen, nicht vom Körpergewicht des Opfers abhängig, da sich der Organismus im Träger vermehrt. Die infektiöse Dosis bei Anthrax beträgt (in Tierversuchen experimentell ermittelt) 10 000 Sporen und bei Pest einige 100 Bakterien. Beide Krankheiten zeigen ohne rechtzeitige Behandlung eine 100%ige Mortalitätsrate. Auch Pocken, Brucellose und andere bakterielle Agentien erreichen eine infektiöse Dosis von einigen 100 lebensfähigen Mikroorganismen, allerdings bei geringerer Mortalitätsrate. Es gilt als gesichert, dass eine dreißigminütige Exposition von 20 Anthrax-Sporen per m<sup>3</sup> Luft in die Nähe des LD50-Wertes führt.

Die angeführten Beispiele deuten bereits an, dass die Angriffsart (z.B.

Aerosolisierung), der Kontaminationsweg (Atemweg, Verdauungstrakt), die Infektösität, die Übertragbarkeit und andere Parameter die Effektivität von Biowaffen massiv beeinflussen. Eine detaillierte Darstellung dieser Zusammenhänge wird hier nicht vorgenommen. Auf Grund der schiereren Letalität von Biowaffen wird jedoch klar, warum in diesem Zusammenhang von Massenvernichtungswaffen in der Hand von Terroristen („the poor man’s nuke“) gesprochen wird. Es existieren durchaus Studien, die die quantitativen Auswirkungen von Biowaffen (auf Lebewesen) auf eine Stufe (oder höher) mit Atombomben stellen. Auf diese Thematik, die aber nur im Zusammenhang mit militärischen Operationen relevant wäre, soll hier nicht eingegangen werden.

### **Andere Eigenschaften**

Eine Reihe anderer Eigenschaften und Fakten im Zusammenhang mit Biowaffen wird in der Folge aufgezählt und kurz kommentiert. Stabilität, Waffenfähigkeit, und andere Fragen des konkreten Waffeneinsatzes werden in eigenen Abschnitten behandelt.

Die *Nachweisbarkeit* von Biowaffen mit herkömmlichen Sensoren und Dektionssystemen zur Terrorabwehr ist nicht gegeben. Röntgengeräte, Metalldetektoren, Rauschgifthunde, Mittel zur Entdeckung von Handfeuerwaffen oder Plastiksprengeffstoff versagen. Damit im Zusammenhang steht ein nicht unwesentlicher Faktor, der mit der hohen Toxizität einhergeht, nämlich das geringe Volumen bezogen auf das Gefährdungspotential. Die praktisch nicht erreichbare Früherkennung macht Gegenmaßnahmen wie Schutzanzüge, Atemschutz oder die Anwendung von Desinfektionsmitteln schwierig. Im Falle eines Bioevents werden die Rettungsmannschaften anfänglich gar nicht feststellen können, ob sie tatsächlich einem Bioangriff gegenüberstehen oder es mit dem natürlichen Ausbruch einer Seuche zu tun haben.

Die *Inkubationszeit*, die Zeit zwischen Infektion und Ausbruch erkennbarer Symptome, kann zwischen Minuten (Toxine) und Wochen variieren. Innerhalb der Inkubationszeit kann sich die Infektion unbemerkt ausbreiten, wodurch Ort und Zeitpunkt der Attacke nicht mehr nachvollziehbar sind. Der Angreifer kann nicht oder nur sehr schwer erkannt werden und spurlos untertauchen. Das heißt aber auch, dass sich Biowaffen nicht unbedingt für das Übermitteln einer „Botschaft“ eignen. Terroristen, die in diesem Sinne an die Öffentlichkeit treten wollen, werden weiterhin eher Bomben, Brandanschlägen oder Geiselnahmen vertrauen.

Die *Flexibilität* von Biowaffen erlaubt Angriffe auf isolierte Ziele mit begrenzter Auswirkung bei gleichzeitig glaubwürdiger Demonstration eines wesentlich größeren Bedrohungspotentials. Dieselbe Eigenschaft erlaubt die Anpassung von Biowaffen an eine große Anzahl lohnender Ziele, wie sie eben auf Grund der Urbanisierung angeboten werden. Dichte Besiedelung, weit verzweigte Infrastruktur, komplexe Abhängigkeiten in großen Städten fördern das Entstehen von Angst und Panik.

## **Einsatz von Biowaffen**

Für den terroristischen Einsatz kommen in erster Linie Anschläge auf zentrale Trinkwasserversorgungen sowie Freisetzungen in frequentierten Räumen oder über dicht besiedelten Flächen (Städte) in Frage. Wirkungsvolle Bioattacken mit entsprechend gravierenden und massenhaften Auswirkungen erfordern spezifisches technisches Know-how, komplexe Organisation und perfekte Durchführung. Die Kriterien für den militärischen und den terroristischen Einsatz unterscheiden sich teilweise signifikant. Als Schlüsselfrage ist die Technologie der Freisetzung anzusehen.

Neben den angesprochenen spezifischen Eigenschaften müssen Organismen oder Substanzen bestimmte Erfordernisse erfüllen, um als Biowaffen eingesetzt werden zu können:

- Zuverlässige Auswirkung (Tod, Erkrankung)
- Herstellbarkeit in großer/relevanter Menge
- Stabilität während Herstellung, Lagerung, in der Munition sowie während des Transportes zum Einsatz
- Eignung für eine gezielte Ausbringungsmethode
- Stabilität nach Ausbringung

Daneben gibt es eine Reihe von Merkmalen, die wünschenswert sind:

- Selbstschutz für die Einsatzkräfte.
- Schwierigkeit des Nachweises, keine Soforthilfe für die Opfer
- Kurze und vorhersehbare Inkubationszeit
- Mehrere Infektionsrouten (Atemweg, Verdauungstrakt, Hautkontakt)
- Verursachung psychischer Auswirkungen

Obenstehende Aufzählungen wurden aus einem Handbuch des US Verteidigungsministeriums aus der Zeit vor dem BW-Bann durch Präsident Nixon (1969) adaptiert. Üblicherweise kann ein einzelnes biologisches Agens nicht alle Anforderungen gleichermaßen erfüllen. Bei der Auswahl wird es daher zu Kompromissen kommen, die die Zielsetzung der Aktion, aber auch die Beschaffbarkeit der biologischen Agentien und die technologisch/organisatorischen Fähigkeiten von Terroristen widerspiegeln.

Die Einsatzkriterien von Terrorgruppen unterscheiden sich jedoch wesentlich von den taktisch/operativen Überlegungen einer militärischen Aktion. Beispielsweise werden fanatisierte Gruppen auf Selbstschutz der Einsatzkräfte oder schwierige Nachweisbarkeit der Agentien weniger Wert legen als auf einen möglichst dramatischen epidemiologischen Verlauf.

Auch ist das Spektrum einsetzbarer Pathogene und Toxine im terroristischen Kontext größer als im militärischen. In einer militärischen Auseinandersetzung müsste der Biowaffen einsetzende Angreifer eine wirksame Abschirmung der gegnerischen Truppen durch Vakzinierung einkalkulieren. Ein Angriff zum Beispiel mit Anthrax könnte sich daher nicht nur als wenig wirkungsvoll herausstellen, sondern eine besonders scharfe und

erbitterte Reaktion des Gegners hervorrufen. Man kann davon ausgehen, dass dieses Kalkül für den Nichteinsatz des irakischen Biowaffen-Arsenal im Verlauf von „Desert storm“ eine Rolle gespielt hat. Da terroristische Angriffe auf eine Zivilbevölkerung kaum auf Durchimpfung oder andere wirkungsvolle Schutzmaßnahmen treffen werden, besteht diese Limitierung im Unterschied zu militärischen Einsätzen nicht.

## Formen terroristischer Biowaffen-Angriffe

Grundsätzlich sind vier Formen von biologischen Angriffen durch Terroristen (oder gewöhnliche Kriminelle) vorstellbar:

1. *Direkte Injektion* eines Pathogens oder Toxins: Diese Methode eignet sich zur Ermordung einer einzelnen Person und wäre kein Anlass für den Einsatz von Antiterrorkräften. Es wird darauf nicht weiter eingegangen. Es seien jedoch die Mordanschläge auf Emmigranten mittels Ricin-vergifteten Regenschirmspitzen durch einen östlichen Geheimdienst in den siebziger Jahren in Erinnerung gerufen.
2. Pathogene oder Toxine werden zur *Kontamination von Trinkwasser oder Nahrungsmitteln* (auch Ergänzungsstoffe, Arzneimittel) eingesetzt. Wirkungsvoll eingesetzt kann diese Methode hunderte Opfer bewirken.
3. *Aerosolisierung*: Pathogene oder Toxine können in feuchter oder trockener Form über einer Fläche oder in Räumlichkeiten verteilt/versprüht werden. Diese Methode ist technologisch/logistisch die anspruchsvollste, hat aber auch die potentiell höchsten Auswirkungen.
4. *Übertragung* durch infizierte Tiere wie Fliegen, Flöhe oder Ratten oder über Pakete und Briefe (ähnlich den Briefbomben). Wird auf Grund der begrenzten Auswirkungen nicht behandelt.

Die meisten Experten stimmen darin überein, dass der wirkungsvolle Einsatz von Biowaffen für Terroristen die entscheidende Hürde ist und nicht so sehr Beschaffung und Herstellung. Dies gilt vor allem für Angriffe mit dem Ziel einer Massenauswirkung.

Die **Kontamination von Trinkwasser und Nahrungsmittel** ist auf den ersten Blick ein realistisches Szenario, wobei Anschläge auf Trinkwasserversorgungen von Städten naheliegend erscheinen. Allerdings ist es ein Mythos, man könne mit der Einbringung einer kleinen Menge eines (biologischen) „Supertoxins“ in ein kommunales Wasserreservoir massenhaft schwere Erkrankungen, Vergiftungen, ja Todesfälle erreichen. Chemische Zersetzung, Chlorierung und der permanente Verdünnungseffekt machen es schwierig, größere Wasserversorgungssysteme nachhaltig zu attackieren. Es wären Giftmengen erforderlich, die auch gut organisierte Terrorgruppen nicht so leicht beschaffen und handhaben können. Aber schwierig bedeutet nicht unmöglich – stressresistente, für militärische Zwecke entwickelte Pathogene könnten die Chlorierungsmaßnahmen durchschnittlicher Trinkwassersysteme

überstehen und, zusammen mit Übertragung und Ansteckung, Massenerkrankungen hervorrufen. Mit den Mitteln der Gentechnik (s. später) sollten in den nächsten Jahren derartige Szenarien noch realistischer werden.

Bioattentate auf Nahrungsmittel sind bereits durchgeführt worden, wie zum Beispiel der Anschlag einer Rajneeshee-Sekte auf Salatbars in Restaurants (Oregon 1984), der nachweislich zu 751 Erkrankungen führte, oder ein Anschlag in Texas 1996 mit 15 Erkrankungen. Zwar wurden in beiden Fällen keine Todesfälle verzeichnet, doch hatten das die Täter auch nicht angestrebt. Auch die Lebensmittelindustrie als solches ist schon durch die Natur von Lebensmitteln, die Zutaten und die Herstellprozesse ein sehr geeignetes Ziele für Bioterrorismus.

Als potentiell wirkungsvollste Methode wird die **Aerosolisierung von Pathogenen und Toxinen** erachtet, das heißt die Ausbringung der Agentien als Aerosol in die Atemluft. Einfache Szenarien sind die Verteilung über Lüftungssysteme in geschlossene Räume (Konferenz-, Einkaufszentren, öffentliche Verkehrsmittel, Stationen). Eine andere Möglichkeit ist die Versprühung von der Ladefläche eines Lastwagens, der durch stark frequentierte Strassen fährt. Dadurch würde jeder Passant, der mehr als zwei Minuten - beispielsweise einem Anthrax-Aerosol - exponiert ist, eine infektionsauslösende Dosis inhalieren. Auch wenn nicht alle Opfer eine letale Dosis aufnehmen würden, so kann man sich leicht vorstellen, dass einige hundert bis tausend schwere Erkrankungen in einer Stadt zu katastrophalen Zuständen führen würden. Analoge Szenarien mit viralen Pathogenen (Q-Fieber, Pocken) haben zu vergleichbaren Resultaten geführt.

Auf Basis fundierter, durch die US Army experimentell abgesicherter Daten, wurde folgendes Beispiel abgeleitet: ein kleines Motorboot fährt das Ostufer Manhattans entlang (vom Battery Park im Süden bis zur Mündung des Long Island Sound im Norden). Für die zirka 30 km braucht das Boot drei Stunden, es weht eine leichte SO-Brise (12 km/h). Es hat 90 l einer Anthrax-Suspension mit  $10^9$  Sporen/ml an Bord und versprüht diese mit einer Rate von 500 ml/min. Wenn nur die Hälfte der potentiellen Zielpersonen, nämlich der Bevölkerung von Manhattan, die Infektionsdosis empfangen würden und von diesen wiederum nur die Hälfte erkranken würde, und nur die Hälfte der Erkrankten sterben würde, so wären das 600 000 Tote. Die Autoren beschreiben diese Annahmen als konservativ, aber selbst wenn diese Auswirkungen nur zu einem Bruchteil eintreten wären sie geeignet, jede denkbare terroristische Zielsetzung zu erfüllen.

Andere Berechnungen zeigen, dass es mit einem einmotorigen, für die Versprühung von Insektiziden ausgerüsteten Propellerflugzeugen („Rübenbomber“) möglich ist, in einem Ansatz eine Fläche von 4–6 km<sup>2</sup> zu kontaminieren. Auf entsprechende Studien des „Office of Technology Assessment“ wurde bereits unter „Eigenschaften von Biowaffen“ hingewiesen.

## Aerosolisierung von Biowaffen

Die beschriebenen Szenarien zeigen, dass terroristische Biowaffeneinsätze mit der Auswirkung massenhafter schwerer Erkrankungen prinzipiell möglich sind. Es mag sein, dass in diesen Szenarien die Auswirkungen überschätzt werden. Aber würden nicht bereits einige Dutzend schwerer Erkrankungen ausreichen, um Angst und Schrecken zu verbreiten – „Die Pest kehrt zurück!“? Der Erfolg einer Terroraktion hängt möglicherweise weniger vom tatsächlichen Eintritt massenhafter Erkrankungen ab, sondern von der realistischen Androhung.

Wie realistisch sind daher solche Szenarien? Sind sie, technisch gesehen, überhaupt möglich? Welche Kenntnisse, Fähigkeiten und Einrichtungen müssen vorhanden sein?

Unabhängig von ihrer potentiellen Vernichtungskraft hat jede Waffe nur dann einen Nutzen, wenn sie auch wirkungsvoll in das Ziel gebracht werden kann. Das gilt für Biowaffen ebenso wie für Sprengstoffe, Geschosse oder Feuer. Die effektive Verteilung und Freisetzung von Bioagentien wird als die eigentliche technische Herausforderung angesehen. Folgende Anforderungen sind zu berücksichtigen:

- Die Munition beziehungsweise das Freisetzungssystem muss Aerosolpartikel erzeugen, die von ihren Abmessungen her geeignet sind, tief in die Lungen der Zielpersonen einzudringen.
- Das Bioagens muss derart stabilisiert sein, dass es den Verteilungsprozess lange genug überlebt, um eine ausreichende Infektion der Zielpersonen sicherzustellen.
- Die Verteilung muss so erfolgen, dass einerseits die Aerosolisierung des Bioagens sichergestellt ist, andererseits der Verlust an Vitalität und Toxizität begrenzt bleibt.
- Größe und Form des Aerosols sowie die Konzentration der Bioagentien im Aerosol müssen vorhersehbar sein, um die Auswirkung im Zielgebiet sicherzustellen.

Daraus ist bereits zu erkennen, dass Verteilung und Freisetzung von Bioagentien eine anspruchsvolle technische Aufgabenstellungen sind. Ein biologisches Aerosol ist ein stabiler Nebel bestehend aus mikroskopisch kleinen Tröpfchen, die jeweils hunderte bis tausende Bakterien oder Viren enthalten. Das Aerosol wird eingeatmet und führt zu Infektionen in der Lunge. Dieser Infektionsweg ist wesentlich effektiver (und deshalb letaler) als direkte Injektionen, da die Immunabwehr des Körpers umgangen wird.

Die Partikel sollen tief in die Lunge vordringen und sich dort verteilen. Als optimal werden Partikel/Tröpfchen-Durchmesser zwischen 1 und 5  $\mu\text{m}$  angesehen. Partikel größer als 5  $\mu\text{m}$  werden bereits in den oberen Regionen des Atemwegs abgefangen (und führen dort zu lokalen Infektionen), Partikel kleiner als 1  $\mu\text{m}$  werden kaum zurückgehalten und wieder ausgeatmet. Die Partikelgröße wirkt sich aber auch auf die Stabilität des Aerosols aus. Tröpfchen mit Durchmessern von größer 5  $\mu\text{m}$  neigen verstärkt zum Zusammenfließen

und fallen rasch zu Boden, das heißt das Aerosol verschwindet. 0,5 µm große Partikel führen wohl zu einem stabilen Aerosol, ihre Sinkgeschwindigkeit liegt aber bei 1m/Tag. Bereits bei geringen Windgeschwindigkeiten von um die 5 km/h wäre die Treffsicherheit der Biowaffe nicht mehr gegeben. Außerdem wird durch die lange Verweilzeit die Lebensfähigkeit des Bioagens herabgesetzt (Licht, Hitze, Austrocknung).

Kleine Tröpfchendurchmesser erfordern mehr (mechanische) Energie im Aerosolisierungsprozess und damit mehr Belastung für das Bioagens. Die Wirkung eines Bio-Aerosols wird daher maßgeblich durch einen Kompromiss aus Tröpfchengröße und Lebensfähigkeit des Bioagens bestimmt. Grundsätzlich gibt es drei Methoden für die Aerosolisierung von Biowaffen:

1. Explosivstoffe
2. Sprühdüsen
3. „Trockene“ Agentien

Die Verwendung von **Explosivstoffen** geht ursprünglich auf japanische und britische BW-Programme im Zweiten Weltkrieg zurück, wobei die Japaner auf die Wirkung kontaminierter Bombensplitter abzielten. Diese Splitter sollten nicht nur verletzen, sondern auch kontaminieren. Die Briten befassten sich dagegen mit der Möglichkeit, durch Explosionen lebensfähige, infektiöse Bio-Aerosole herzustellen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass diese Methoden nicht geeignet sind. Bis zu 95 Prozent des Bioagens wurden durch thermischen und mechanischen Stress während der Explosion vernichtet. Auch die Partikelgröße ist trotz hohen Energieeintrages auf diesem Weg nicht reproduzierbar.

Mit **Sprühdüsen** ist es möglich, Aerosole mit der gewünschten Partikelgröße und relativ geringer Streuung herzustellen. Die flüssige Suspension mit dem Bioagens wird unter Druck durch die Düsen gepresst und in Tröpfchen zerteilt. Die technologischen und verfahrenstechnischen Grundlagen (Düsenart, Vordruck, Durchsatz, mittlere Partikelgröße, Dimensionierung der Pumpen) sind über Literatur und Herstellerunterlagen öffentlich zugänglich und stellen für einigermaßen versierte Techniker keine besondere Herausforderung dar.

Die Auslegung und Konstruktion von größeren Aerosolisierungseinrichtungen, die auf Fahrzeugen, in Flugzeugen oder auch stationär montiert werden können, ist prinzipiell möglich. Die Verwendung von agrartechnischen Sprüheinrichtungen würde jedoch zu unbefriedigenden Ergebnissen führen, da sie relativ große, schnell sinkende Tropfen produzieren. Solche Anlagen müssten zumindest in Richtung feinere Düsen und höhere Drücke modifiziert werden. Neben der oben beschriebenen Notwendigkeit einer Optimierung von Teilchengröße und Energieeintrag wird bei feinen Düsen auch die Verstopfung der Düsen zum Problem. Um größere Mengen einer Bakteriensuspension in ein wirkungsvolles Aerosol umzusetzen, ist spezifisches Know-how für die Präparation der Suspension notwendig.

Kleinere Sprühvorrichtungen sind verfügbar: Sogenannte Airbrush-Pistolen sind für eine wirksame Freisetzung in geschlossenen Räumen geeignet,

gewöhnliche Spray-Dosen sind allerdings wegen zu großer Partikel (zu geringer Sprühdruck) ungeeignet.

Die technologisch anspruchsvollste Form ist die Verwendung **Trockener Agentien**. Das hat eine Reihe von Vorteilen: üblicherweise werden Pathogene unter normalen Umweltbedingungen rasch abgebaut. Eine Ausnahme sind die Sporenbildner wie Anthrax, das äußerst widerstandsfähige Sporen ausbildet und nicht zuletzt deshalb als eines der naheliegendsten Bioagentien gehandelt wird. Andere Pathogene müssen „stabilisiert“ werden, um Lager- und Transportfähigkeit sowie eine ausreichende Überlebensfähigkeit nach Freisetzung zu gewährleisten. Die Überführung in trockene Formulierungen mittels einfacher Sprühtrockner hat sich nur bei Sporenbildnern bewährt.

Für andere Pathogene ist die sogenannte Gefriertrocknung (Lyophilisation) besser geeignet. Dieser Prozess besteht aus dem schnellen Einfrieren mit anschließender Dehydratation unter Vakuum. Eine Bakterien-(Viren-) Suspension in Kombination mit einem zuckerhaltigen Stabilisator wird so in einen trockenen Kuchen umgewandelt, der zur gewünschten Partikelgröße vermahlen werden kann. Diese Technologie ist beispielsweise für Instanthefe im industriellen Maßstab etabliert.

Eine weitere Entwicklung könnten Mikrokapseln darstellen. Dazu werden die Lyophilisat-Partikel mit Polymeren (Gelatine, Cellulose) beschichtet und so gegen Umwelteinflüsse geschützt. Diese Methode erlaubt die Verarbeitung von extrem instabilen Pathogenen zu waffenfähigen Formulationen und erweitert dadurch das Spektrum potentieller Bioagentien enorm.

Auch der Bereich Präparation und Stabilisierung von Biomaterialien hat durch die Entwicklung der Biotechnologie in den letzten Jahren eine stürmische Entwicklung genommen. Techniken, die in den Jahren bis zum Biowaffenvertrag nicht oder nur in aufwendig ausgestatteten Anlagen großer Armeen verfügbar waren, sind heute weit verbreiteter Standard in Forschung und Industrie. Lyophilisatoren und Anlagen für die Herstellung von Mikrokapseln (Pharma, Düngemittel) sind in allen Größenordnung verfügbar ebenso wie die zum Betrieb notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten.

## Einsatz von Bioaerosolen

Drei Einsatzarten können nach Kriterien wie Ziel des Angriffes, technische Voraussetzungen und potentielle Auswirkungen unterschieden werden:

1. Einsatz in geschlossenen Räumen
2. Angriffe auf Punktziele
3. Angriffe auf Flächenziele

Der **Einsatz von Bioaerosolen in geschlossenen Räumen** umfasst Freisetzungen etwa in U-Bahnsystemen oder allgemein öffentlichen Verkehrseinrichtungen mit hoher Frequenz, in Kaufhäusern, Konferenzzentren oder Schulen. Hier ist die Freisetzung über raumluftechnische (RLT-) Anlagen



naheliegend, erfordert aber die Berücksichtigung ausgedehnter Leitungssysteme (an den Kanalwänden kann sich das Aerosol niederschlagen), Filteranlagen oder Luftwäscher. Ein wirkungsvoller Einsatz wird jedenfalls Eingriffe in die RLT-Anlage erfordern, ist aber aus terroristischer Sicht absolut erzielbar.

Der **Angriff mit Biowaffen auf Punktziele** hat, so fern er nicht ohnehin den Einsatz in geschlossenen Räumen meint, eher militärisch/taktische Bedeutung, zum Beispiel die Eroberung von militärischen Anlagen und Gebäuden durch Ausschalten der Besatzung ohne Zerstörung der Infrastruktur. In Hinblick auf den terroristischen Kontext wird auf diese Möglichkeit nicht näher eingegangen.

**Bioattacken auf Flächenziele** entsprechen allem Anschein nach eher terroristischen Zielsetzungen. Die Freisetzung der aerosolisierten Bioagentien kann, wie in Beispielen weiter oben schon beschrieben, sowohl von mobilen (Flugzeuge, Automobile, Schiffe) als auch ortsfesten Einrichtungen aus erfolgen. Der Einsatz mit raketengestützten Systemen kann hier außer Acht gelassen werden.

Mobile Einrichtungen eignen sich vor allem für Freisetzungen entlang einer Linie, wobei das Aerosol durch die vorherrschende Luftströmung über das Zielgebiet verteilt wird. Das ist sicher jene Einsatzart, die die Einschätzung von Bioagentien als potentielle Massenvernichtungswaffe rechtfertigen. Sie erlaubt jedoch wenig Kontrolle und nur geringe Vorhersagbarkeit der Auswirkungen, hängt sie doch weitgehend von den meteorologischen Bedingungen ab, insbesondere von einer stabilen Atmosphäre. Im Manhattan-Szenario (s.o.) könnte ein Wechsel der Windrichtung oder eine Veränderung der Windgeschwindigkeit zur fast vollständigen Wirkungslosigkeit führen. Bei einem Wechsel der Windrichtung um 45° würde das Aerosol im Huson River oder im Atlantik niedergehen, bei Windstille oder einer Windgeschwindigkeit von 15 km/h wären ebenfalls kaum Auswirkungen im Zielgebiet gegeben.

Die Freisetzung sollte weiters bei Nacht erfolgen, um den Aktivitätsverlust durch UV-Strahlung gering zu halten, und es darf nicht regnen. Begünstigt werden Biowaffeneinsätze durch Inversionswetterlagen. Man kann davon ausgehen, dass diese Unwägbarkeiten mit ein Grund dafür waren, dass von den militärischen Großmächten kein strategischer Biowaffen-Einsatz durchgeführt worden ist, obwohl die Mittel dazu im ausreichenden Maß gegeben waren. Ein Terrorist, der schon mit der glaubwürdigen Demonstration eines Bedrohungspotentials sein Ziel erreicht, wird das anders beurteilen.

Dass der Einsatz von Biowaffen im allgemeinen und Bioaerosolen im besonderen technisch und logistisch äußerst anspruchsvoll ist, zeigt wiederum das Beispiel der japanischen Aum-Sekte, die an einem entsprechenden Programm gearbeitet hat. Trotz ernsthafter, ja fanatischer Absicht, trotz der Mitgliedschaft von Biologen und kompetenten Technikern, trotz enormer finanzieller Mittel und geeigneter Einrichtungen ist es dieser Gruppe nicht gelungen, eine wirkungsvolle Biowaffe herzustellen. Zumindest zwei gescheiterte Versuche sind erwiesen: Einmal kam ein nicht-virulenter Anthrax-

Stamm zum Einsatz, ein anderer Versuch scheiterte an durch die Bakteriensuspension verstopften Zerstäuberdüsen. Allerdings kann man auch nicht ausschließen, dass die Sekte bereits mit dem nächsten Versuch Erfolg gehabt hätte.

## **Bioterrorismus in der Vergangenheit**

Ein Blick in die Geschichte zeigt, dass Biowaffen durchaus eine Verlockung für Terroristen darstellen. Drohungen, Beschaffungsversuche und geplante Anschläge wurden und werden in durchaus signifikanter Häufigkeit registriert. Tatsächlich ausgeführte Anschläge sind jedoch eine Rarität, Anschläge mit Massenauswirkungen sind bisher nicht bekannt geworden.

Wenn man den Einsatz von Biowaffen durch Terroristen studiert, wird es offensichtlich, dass Bioterrorismus die Ausnahme und keinesfalls die Regel darstellt. Natürlich wurden im Verlauf der Menschheitsgeschichte immer wieder Bioagentien für Mord, Terror und kriegerische Auseinandersetzungen eingesetzt, ob das nun die Vergiftung von Brunnen im römisch besetzten Palästina durch die Zeloten war oder der Beschuss (mit Katapulten) der Stadt Fodossia (Ukraine) mit pest-infizierten Kadavern durch die Tartaren im 14. Jahrhundert.

In der öffentlich zugänglichen Literatur gibt es Berichte über einige Dutzend Vorfälle mit Biowaffen, seien es tatsächliche Einsätze, Drohungen oder Beschaffungsversuche. Unter den einzelnen Autoren in diesem Gebiet herrschen auch ziemliche Differenzen darüber, was nun tatsächlich als Bioterrorismus einzustufen ist, und was lediglich als kriminelle Tat mit erpresserischen Hintergrund. Es herrscht aber weitgehende Übereinstimmung, dass es bisher noch keinen ernsthaften, auf Massenvernichtung abzielenden Terroranschlag mit Biowaffen gab.

Andererseits gibt es viele Hinweise, dass in den letzten Jahrzehnten von einigen Terrorgruppen der Einsatz von Biowaffen ernstlich ins Auge gefasst worden ist. Im Falle der japanischen Aum-Sekte ist dieses Faktum nachgewiesen. Labors, Tierversuchseinrichtungen, Produktionsanlagen und regelrechte Beschaffungsexpeditionen wurden durch polizeiliche Untersuchungen entdeckt. Es konnte aber nicht abschließend geklärt werden, ob die Aktivitäten dieser Gruppe in unten stehender Aufzählung und Ziffer 3 oder bereits unter 4 einzuordnen sind. Auch im Zusammenhang mit der Roten Armee Fraktion, den Roten Brigaden und einigen palästinensischen Terrorgruppen sind ernsthafte Versuche zum Erwerb von Biowaffen im Verlaufe der 70er und 80er bekannt geworden.

Zur Übersichtlichkeit werden die Vorfälle mit Biowaffen (BW) in 5 Kategorien im Sinne einer zunehmenden „Ernsthaftigkeit“ geordnet:

1. Androhung der Anwendung von BW ohne Beweis für tatsächliche Verfügbarkeit von BW
2. Erfolglose Versuche zur Beschaffung von BW
3. Tatsächliche Beschaffung und Besitz von BW-tauglichen Agentien
4. Erfolgloser Versuch eines BW-Einsatzes

## 5. Erfolgreicher BW-Einsatz

### **Zu 1.: Androhung der Anwendung**

- 1976 kündigt die Baader Meinhof Bande die Versendung von „Anthrax-Brifen“ an.
- 1990 berichtet die Kairoer Zeitung Al Akbar sehr detailliert über ein irakisches Agentennetz, das zum Zwecke von Terroranschlägen mit chemischen und biologischen Waffen aufgebaut worden ist.
- 1991 wurde eine Bioattacke auf die Wasserversorgung der Stadt Kelowna, British Columbia, angedroht, von den Behörden ernst genommen und mit dem Golfkrieg in Zusammenhang gebracht.
- 1992 droht die Animal Aid Association Anschläge mit Aids-Viren als Protest gegen Tierversuche und nachlassende Dotierung der Aids-Forschung.
- Die rechtsextremen, amerikanischen „Minuteman“ mit ihrem Führe Robert De Pugh kündigen die Freisetzung von Viren auf US-Flughäfen an. De Pugh war Besitzer eines Veterinär-Pharmabetriebes namens Biolab Corp., Missouri.

### **Zu 2.: Erfolgreiche Beschaffungsversuche**

- 1970 versucht die amerikanische Linksterror-Gruppe „Weather Underground“ einen homosexuellen Angestellten der Biowaffen-Fabrik der US-Army, Fort Dedrick, zu erpressen, um virulente Stämme für die Kontamination von Trinkwasserversorgungen amerikanischer Städte zu erhalten.
- 1975 werden bei der „Symbionistischen Befreiungsarmee“ Unterlagen und Planungen für die Herstellung von waffenfähigen Bioagentien gefunden.
- 1979 werden Mitglieder der Roten Armee Fraktion (RAF) in palästinensischen Lagern im Libanon in der Verwendung von BW ausgebildet.
- 1989 kundschaften RAF-Mitglieder das Forschungsinstitut für Virologie an der Universität Tübingen aus, offensichtlich zur Beschaffung von Pathogenen.
- 1989 versuchte eine iranische Gruppe mehrfach, toxinbildende Stämme von Fusarien zu beschaffen. Ihre Anfrage bei Forschern und Stammsammlungen in USA und Europa wurden jedes Mal abschlägig beschieden. Mehrfache Versuche in den achtziger und neunziger Jahren unter Vorspiegelung wissenschaftlicher Arbeiten waffenfähige Stämme von der American Type Culture Collection zu beziehen. Einige dieser Versuche wurden vom FBI verfolgt und mündeten auch in Verhaftungen.

### **Zu 3.: Beschaffung und Besitz von Bioagentien**

- 1972 wurden Mitglieder der rechtsextremistischen Gruppe „Order of the rising sun“ in Chicago festgenommen. Der Gruppe konnte der Besitz von 40 kg Typhus-Kulturen nachgewiesen werden sowie Vorbereitungen zur Kontamination von Wasserversorgungseinrichtungen in Chicago. Auf

Grund der Chlorierung des Trinkwassers wären ernste Auswirkungen nicht zu erwarten gewesen.

- 1980 werden in Paris in einem sogenannten „sicheren Haus“ der RAF ein behelfsmäßiges mikrobiologisches Labor sowie geringe Mengen an Botulinum-Toxin entdeckt. Weiters wurden Stammkulturen vom *C. botulinum* sowie Unterlagen gefunden die auf eine intensive Beschäftigung mit diesen Bioagentien schließen lassen. Die Anwesenheit von zumindest einem RAF-Mitglied mit einschlägiger Ausbildung in diesem Haus konnte bestätigt werden.
- 1983 nimmt das FBI in Seattle ein Brüderpaar fest, das erhebliche Mengen an Ricin produziert und gelagert hatte.
- 1995 werden in den USA erstmals 2 Personen nach dem „Biological Weapons Anti-Terrorism Act“ verurteilt. Sie waren Mitglieder einer Gruppe namens „The Patriot Council“, die in erster Linie Steuerprotest auf ihre Fahnen geschrieben hatte. Ihr Plan sah die Vergiftung von Steuerfahndern durch Rizin-vergiftete Türgriffe in einem Amtsgebäude vor.

#### **Zu 4.: Erfolgreiche Biowaffen-Attacken**

- 1976 wird eine Welle von „Bio-Briefbomben“ an amerikanische Behörden registriert, es gibt keine Informationen über Erkrankungen sowie über die Urheber.
- 1982 können die Polizei von Los Angeles und das FBI gerade noch einen Toxin-Anschlag auf eine Trinkwasserversorgung vereiteln. Der Vorfall führte zu Verhaftungen und Verurteilungen.
- 1994 verschickt die britische „Animal Liberation Front“ Briefe mit HIV-infizierten Injektionsnadeln.

#### **Zu 5.: Erfolgreich durchgeführte Biowaffen-Attacken**

- 1915 produziert der deutschstämmige Arzt Dr. Anton Dilger, unterstützt von Deutschen Reich, in Washington D.C. Suspensionen von Anthrax und *P. mallei*. Mit diesen Präparaten wurden im Hafen von Baltimore Pferde und Vieh, die als Nachschub für die alliierten Truppen in Europa verladen wurden, infiziert. Angeblich erkrankten auch einige 100 Militärangehörige.
- 1984 kontaminiert die Rajneesh Sekte kontaminiert Slatbars in diversen Hotels in Oregon und verursacht zumindest 750 Erkrankungen, angeblich um den Ausgang einer lokalen Volksbefragung zu beeinflussen.

Aus vorstehenden Aufzählungen ist zu erkennen, dass es zwar immer wieder ernsthaftes Interesse für terroristische Anwendung von Biowaffen gegeben hat, aber, mit Ausnahme der Rajneesh-Episode, praktisch keinen Fall von Bioterrorismus mit Massenauswirkung. Es ist möglich, dass es in der Vergangenheit eine Reihe von Anschlägen gegeben hat, die fehlgeschlagen und daher auch nicht bemerkt worden sind.

## **Was spricht gegen Bioterrorismus?**

Warum nützen Terroristen das offensichtliche Potential von Biowaffen nicht, warum setzen sie die ihnen zuzuschreibenden Kenntnisse und Fähigkeiten nicht ein? Es gibt nicht-technische und technische Gründe, warum es bisher noch zu keinen ernsthaften Bioterror-Szenarien mit Massenauswirkung gekommen ist. Zu den nicht-technischen gehören der zu befürchtende Verlust an öffentlicher Zustimmung und Sympathie, das Risiko massiver Gegenmaßnahmen der Sicherheitsbehörden sowie die komplexe Aufgabenstellung, die die Durchführung eines effektiven Anschlages darstellt. Unter den technischen Gründen ist vor allem die Freisetzungstechnologie eine ernste Hürde.

Diese Frage wird, um keine ethischen oder moralischen Missverständnisse aufkommen zu lassen, aus der Sicht des potentiellen Terroristen gestellt. Sie ist jedoch angesichts der in dieser Arbeit ausführlich dargestellten Vorteile von Biowaffen einerseits und dem offensichtlich nicht gerade intensiven Gebrauch durch Terroristen andererseits berechtigt. Jedenfalls drängt sie sich aber für eine „Beurteilung der Lage“ geradezu auf.

Jeder Einsatz einer Waffe bedingt technische und nicht-technische Voraussetzungen. Auch der Bioterrorismus kann auf die Frage nach den Mitteln und nach der Motivation reduziert werden. Es mag (potentielle) Terroristen geben oder in der Vergangenheit gegeben haben, die in der Lage waren, einsatzbereite BW herzustellen, aber sich aus nicht-technischen Gründen dagegen entschieden haben. Und es hat sicher auch Terrorgruppen und Einzeltäter mit der absoluten Absicht für BW-Attacken gegeben, die aber schlicht einfach dazu nicht in der Lage waren. In der Folge werden für beide Fälle einige Argumente dargestellt (jedoch ohne eingehende Diskussion).

### **Nicht-technische Gründe**

Biowaffen sind potentielle Massenvernichtungswaffen. Nach dem Stand der Technik hergestellt und gegen ungeschützte städtische Bevölkerung wirkungsvoll zum Einsatz gebracht können sie zu hunderten, ja tausenden schweren Erkrankungen mit Todesfolge führen. Terroristen müssten also davon ausgehen, dass eine große Anzahl von Opfern zur Erreichung ihrer Ziele notwendig ist. Dass „traditionelle“ Terrorgruppen bisher diese Notwendigkeit nicht gesehen haben, ist wohl weniger auf moralische Bedenken zurückzuführen, sondern auf eine pragmatische Kosten-Nutzen-Rechnung. Bioattacken mit massenhaften und grauenvollen Auswirkungen würden breite öffentliche Ablehnung hervorrufen und in weiterer Folge die Unterstützungsbasis der Terrorgruppe gefährden. Ein anderes, fast schon philosophisches Argument bezieht sich ebenfalls auf die öffentliche Meinung oder Propaganda: Die Bedeutung eines Terroraktes liegt in der Tat an sich, jedoch nicht in der Anzahl der Opfer. Historisch gesehen sind Terrorakte mit massenhaften

Opferzahlen tatsächlich äußerst selten.

Ganz allgemein versuchen Terroristen, Reaktionen des Staates oder von Staaten zu provozieren. Aber ein erfolgreicher Bioterrorakt mit Massenfolge oder deren glaubwürdig Androhung würde äußerst massive staatliche Maßnahmen hervorrufen, durch die die organisatorische Integrität, ja ihre physische Existenz letztlich gefährdet wäre. *„Solange Terroristen davon ausgehen, dass die ihnen zur Verfügung stehenden ‚konventionellen‘ Waffen und Methoden zur Erreichung ihrer Ziele genügen und die im Zusammenhang mit BW bestehenden politischen und persönlichen Risiken scheuen, werden diese Waffen nicht zum Einsatz kommen“* – so jedenfalls die Meinung einer Mehrheit der Experten.

Ein Beispiel für dieses Argumente könnte auf palästinensische Terrorgruppen zutreffen: Einige Splittergruppen haben in der Vergangenheit intensiv Bioterror vorbereitet. Die israelischen Geheimdienste haben, wie man heute weiß, die Aktivitäten beobachtet. Es ist daher nicht überraschend, dass Israel während der Kuwait-Krise auf eine derartige Bedrohung besser vorbereitet war als die alliierten Streitkräfte. Ein tatsächlicher Einsatz hätte jedoch die Weltöffentlichkeit massiv gegen die Palästinenser aufgebracht und einen massiven, von der Weltöffentlichkeit kaum gebremsten Gegenschlag Israels ausgelöst.

Eine weitere Schwierigkeit im Zusammenhang mit der Beschaffung und dem Einsatz von Biowaffen scheint in der Komplexität der Aufgaben zu liegen. Die Abwicklung eines Biowaffen-Programms birgt daher ein höheres Risiko der Aufdeckung durch die Behörden. Es erfordert die Rekrutierung von wissenschaftlich-technischen Mitarbeitern, die möglicherweise eigenständig denken und handeln und somit ein erhöhtes Sicherheitsrisiko darstellen. Einigermaßen rational agierende Angreifer werden die einfachste, kostengünstigste und verlässlichste Form der Attacke wählen – und das sind nicht Biowaffen.

Komplexe Organisation, unterschiedliche Projekte, schwierige Aufgabenstellungen, Geheimhaltung, Aquirierung von Personen und das notwendige Know-how ergeben eine höchst anspruchsvolle Führungsaufgabe, die entsprechende Persönlichkeiten erfordert. Personen mit fanatischen und paranoiden Charakteren, wie sie bei Terroristen anzutreffen sind, eignen sich eher nicht für derartige Aufgaben – allerdings hat der Führer der Aum-Sekte, Shoko Asahara, den Gegenbeweis weitgehend erbracht.

Das vielleicht gewichtigste Argument gegen Bioterrorismus ist die Unvorhersehbarkeit und Unsicherheit von Biowaffen. Da es keine brauchbaren Beispiele und Erfahrungswerte gibt, kann eine Terrorgruppe die Auswirkungen der Attacke nicht einschätzen. Sobald die Waffe zum Einsatz gebracht worden ist, steht sie nicht mehr unter der Kontrolle des Angreifers. Eine Biowaffe kann gänzlich versagen oder – im Extremfall – eine unkontrollierbare Epidemie auslösen. Wenn es sich dabei nicht um ein Toxin, sondern um einen lebenden Organismus handelt, manifestieren sich die Auswirkungen mit zum Teil erheblicher Verzögerung. Meteorologische Bedingungen, Wind, Temperatur, Licht und viele andere Faktoren sind in ihrer Auswirkung nicht kalkulierbar.

Die Gefahr von Entdeckung, wirksamen Gegenmaßnahmen, Fragen des persönlichen Schutzes oder der ungeklärte Anspruch auf Urheberschaft könnten ebenfalls wichtige Gründe für Terroristen sein, auf Biowaffen zu verzichten. Allerdings sollte an dieser Stelle noch einmal erwähnt werden, dass viele Eigenschaften von Biowaffen, die gegen ihre Verwendung sprechen, in bestimmten Situationen terroristischen Zielsetzungen geradezu idealtypisch entgegenkommen.

### **Technische Gründe**

Berichte in den Medien zum Thema Bioterrorismus nähren oftmals die Vorstellung vom Wahnsinnigen, der in der Lage ist, mit einem Fläschchen Anthraxsuspension einen Anschlag mit tausendfacher Todesfolge durchzuführen. Dass dieses Szenario unrealistisch ist, geht bereits aus den Abschnitten über die Beschaffung und den Einsatz von Biowaffen hervor. Zusammenfassend seien noch einmal die notwendigen Schritte für einen bioterroristischen Angriff aufgezählt:

- Informationssammlung über geeignete Bioagentien für das ausgewählte Angriffsziel
- Beschaffung der geeigneten Stammkultur
- Einrichtungen und Methoden für mikrobiologisches Arbeiten
- Einrichtungen für die Produktion
- Herstellung und Lagerung im benötigten Maßstab
- Beschaffung und Erprobung der Freisetzungsmethode
- Formulierung des waffenfähigen Bioagens, eventuell verdeckte Waffentests
- Auswahl, Aufklärung, Entwicklung eines Einsatzplanes
- Ausführung des Angriffes
- Maßnahmen nach dem Angriff (verwischen von Spuren)

Jeder dieser Schritte beinhaltet wiederum eine Reihe von technischen Hürden. Jede dieser Hürden scheint für sich durchaus überwindbar, mit Ausnahme der Freisetzung. Die Entwicklung und Etablierung einer wirkungsvollen Aerosolisierung von Pathogenen ist sicher die größte technische Herausforderung. Aber abgesehen davon, sind es die Vielfalt der erforderlichen Schritte, die einzelnen technischen Lösungsansätze, Koordination aller Maßnahmen und die umfassende Logistik, die das Unterfangen so anspruchsvoll gestalten.

Trotz vielfältiger Bedenken in westlichen Industriestaaten erscheint es aus heutiger Sicht ausgeschlossen, dass ein derartiges Programm auf Basis verschiedener, über Internet, Spezialverlage und sonstige Quellen leicht zugängliche „Anleitungen für Anarchisten“ durchgezogen werden könnte. Natürlich wäre ein kleines Team von Personen mit den notwendigen mikrobiologischen Kenntnissen und technischen Fähigkeiten dazu in der Lage. Ein Mikrobiologe, ein Aerosoltechniker, jeweils mit Universitätsabschluss oder vergleichbarer Qualifizierung, einige hunderttausend Euro an Finanzmitteln,

ein Erprobungsgelände, Labor- und Arbeitsflächen im Ausmaß einer größeren Wohnung sind die Minimalerfordernisse.

Es scheint so zu sein, dass bisher noch keine ernstzunehmende Terrorgruppe willens oder in der Lage war, alle technischen und nicht-technischen Hürden für einen erfolgreichen Biowaffeneinsatz zu überwinden. Das heißt aber nicht, dass das immer so bleiben wird. Beispielsweise könnte die Unterstützung einer Terrorgruppe durch einen Biowaffen-führenden Staat die Situation von heute auf morgen grundlegend ändern. Aber auch die rasante, fast nicht mehr nachzuvollziehende Entwicklung in der Biotechnologie könnte einerseits die technischen Hindernisse abbauen und andererseits die Attraktivität von Biowaffen für Terroristen erhöhen.

### **Wissenschaftlich-technische Entwicklung**

Die biologisch/biotechnologische Revolution der letzten Jahre hat die Ausgangssituation für die Entwicklung von Biowaffen im Vergleich zu den Nachkriegsjahren grundlegend verändert. Informationen, Ausrüstung und Geräte sind weit verbreitet und öffentlich zugänglich, ihre Beschaffung erregt keinen Verdacht. Die Anzahl einschlägig ausgebildeter Wissenschaftler und Techniker hat sprunghaft zugenommen. Der Beschaffung und Herstellung konventioneller Biowaffen stehen keine wesentlichen technischen Hindernisse entgegen. Weiters könnten durch die rapide wissenschaftliche Entwicklung einige gravierende Nachteile für den wirkungsvollen Einsatz von Biowaffen überwunden werden, wobei in erster Linie an Gentechnik und Protein-Engineering gedacht werden muss. Aus heutiger Sicht sind keine neuen Bedrohungsbilder durch die wissenschaftliche Entwicklung zu erwarten, das könnte sich aber innerhalb der nächsten 5 Jahren ändern.

Betrachtet man die Entwicklung der Biowissenschaften und Biotechnologien in den letzten 20 bis 30 Jahren, so wird klar, dass man die Bedrohung durch Bioterrorismus nicht mit den Maßstäben der Nachkriegsjahre messen darf. Während des Zweiten Weltkrieges errichteten die USA in Vigo, Indiana, eine Produktionsanlage mit mehr als 500 Wissenschaftlern und Technikern. 12 Fermenter mit jeweils 10 000 l Arbeitsvolumen erlaubten eine monatliche Produktion von bis zu 100 t waffenfähigem Anthrax. Eine noch größere Anlage wurde 1950 in Pine Bluff, Arkansas, errichtet. Vigo wurde in den ersten Nachkriegsjahren in eine private Antibiotikaproduktion umgewandelt, Pine Bluff war ab Mitte der Siebziger jahrelang mit der Vernichtung des US-Biowaffenarsenals beschäftigt.

Durch die Fortschritte in der Biotechnologie sind derart riesige geheime Komplexe nicht mehr notwendig, um eine ausreichende Menge an waffenfähigen Bioagentien herzustellen. Computergesteuerte Durchflussreaktoren, optimierte Prozesstechnik oder Ultrafiltration haben die Produktivität sowohl quantitativ als auch qualitativ erhöht. Konservative Schätzungen gehen hier vom Faktor 1000 aus. Geräte und Ausrüstungen sind erheblich kleiner und billiger, für die Erfordernisse eines Terroranschlages reichen Anlagen im



Labormaßstab. Ausrüstung und Ausgangsprodukte sind am freien Markt erhältlich beziehungsweise stehen, anders als noch vor 30 Jahren, in zahlreichen Forschungslabors ohne allzu große Sicherheitsmaßnahmen in Gebrauch. Die Absicht zur beziehungsweise die tatsächliche Durchführung der Produktion von Biowaffen kann nicht aus dem Vorhandensein der erforderlichen Infrastruktur abgeleitet werden, sofern die Mindestanforderungen für mikrobiologisches Arbeiten eingehalten werden. Die Schwierigkeiten der UNO-Waffeninspektoren im Irak, trotz eindeutiger Indizien einen direkten Nachweis für ein irakisches Biowaffenprogramm zu erbringen, illustrieren diese Situation deutlich.

Neue biotechnologische Züchtungsmethoden wie Zellkulturen oder Hohlfaserreaktoren erlauben heute die Herstellung relevanter Mengen von pathogenen Organismen, die noch vor zwei Jahrzehnten nur in geringsten Mengen für wissenschaftliche Untersuchungen verfügbar waren. Die enormen Fortschritte in den Biowissenschaften sowie die systematische Industrialisierung der Biotechnik, die starke Zunahme an einschlägig ausgebildeten Wissenschaftlern und Technikern, immer bessere Ausrüstungen und Methoden werden zu einem Abbau der heute immer noch signifikanten technischen Hürden beitragen. Anders als noch vor wenigen Jahren, sind praktisch alle Schlüssel-Informationen für ein wirkungsvolles Biowaffen-Projekt frei zugänglich.

An dieser Stelle muss auch auf die Informationstechnologie hingewiesen werden: Nicht nur die rasch wachsende Menge an öffentlich zugänglichen Informationen begünstigt terroristische und kriminelle Anwendungen, sondern auch die Möglichkeiten der elektronischen Kommunikation. Moderne Verschlüsselungsverfahren sind auch für hochgerüstete Strafverfolgungsbehörden nicht mehr zu knacken, Terroristen können über das Internet Informationen gewinnen, austauschen, Aktionen koordinieren – das FBI macht sich diesbezüglich keine Illusionen.

Wie leistungsfähig kriminelle Organisationen sein können, zeigt die Entwicklung im Bereich der synthetischen Drogen, der Designer-Drogen. Die Fähigkeit durchaus anspruchsvolle Synthesen in erheblichen Maßstäben zu etablieren, zeigt wie relativ technische Hürden sein können. Auch die Aum-Sekte war nachhaltig und finanziell erfolgreich in diesem Marktsegment tätig.

### **Biotechnologische Entwicklung – Mittelfristige Auswirkungen**

Aus heutiger Sicht sind zwei Bereiche der modernen Biotechnologie für die Anwendung in der BW-Entwicklung besonders interessant: Gentechnik und Protein-Engineering.

Ein Beispiel zur Illustration: Ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiter des sowjetischen Biowaffen-Programmes wurden 1998 verdächtigt, mit gentechnischen Methoden bestimmte Eigenschaften von Pocken und Ebola Viren kombiniert zu haben, um die Virulenz des Ebola-Virus mit der Widerstandsfähigkeit und der Aerosolisierbarkeit des Pocken-Virus zu

vereinen. Diese Gruppe versuchte auch Viren aus den im Permafrost begrabenen Leichen zu isolieren, die während den großen Grippe-Epidemien 1918/19 verstorben waren (nachweislich). Das vermutliche Ziel wäre wohl die Kombination dieses Erbmaterials mit dem der heute vorherrschenden Stämme, um natürliche Immunabwehr und Impfschutz zu umgehen. Ein anderes Projekt befasste sich mit der sogenannten gerichteten Mutagenese von Zellwandproteinen pathogener Stämme. Auch hier bestand das Ziel in der Ausschaltung des körpereigenen Abwehrsystems durch Ausschalten der spezifischen Immunantwort. Diese Gruppe konnte aufgedeckt werden, nachdem sie versucht hatte, Technologie und Know-how im Westen zu verkaufen.

Neben der Neukombination der Eigenschaften von Pathogenen (Infektiösität, Virulenz, Stabilität) durch Gentechnik können über Proteinengineering die Eigenschaften eines einzelnen Proteins gezielt verändert werden. Diese Methoden werden etwa für die Entwicklung von Waschmittelenzymen seit Jahren mit großem Erfolg eingesetzt. Die heutigen Waschmittelenzyme (Enzyme sind Proteine) arbeiten optimal und sind stabil bei Temperaturen von 60–80°C, hohen Salzbelastungen und extremen pH-Werten. Die entsprechenden Wildtypen, das heißt die natürlich vorkommenden Proteasen und Lipasen, würden bei solchen Bedingungen sofort denaturiert und unwirksam gemacht. Analog ist es denkbar, Toxine (die meisten Biotoxine haben Enzymfunktion) so zu verändern, dass sie beispielsweise stabil gegenüber Chlor und erhöhten Temperaturen sind oder in Wasser nicht dissoziieren. Die meisten Biotoxine bestehen aus zumindest zwei Subeinheiten, von denen eine Trägerin der Toxinfunktion ist und die andere für die Bindung an Zelloberflächen verantwortlich ist. Auch hier ist eine weite Spielwiese für die Erhöhung der Wirksamkeit durch Proteinengineering gegeben.

Das sind nur einige Beispiele dafür, was gemacht werden könnte. Die inhärenten technischen und wissenschaftlichen Schwierigkeiten führen zur Annahme, dass solche Entwicklungen in den nächsten 3–5 Jahren jedenfalls nicht von Terrorgruppen oder kriminellen Vereinigungen durchgeführt werden, etwa auf Grund sogenannter pleomorphischer Effekte, die zu unerwünschten Eigenschaften von genetisch veränderten Mikroorganismen führen. Hat man es beispielsweise geschafft, die Toxinproduktion eines Pathogens nachhaltig zu verbessern, weist dieser Stamm eine deutlich reduzierte Infektiösität oder Hitzeresistenz auf. Das würde einen neuerlichen Forschungszyklus mit anschließender Entwicklung und Felderprobung erfordern, um die pleomorphischen Effekte wegzubringen und gleichzeitig die gewünschte Eigenschaft zu erhalten – eine sehr zeitaufwendige und mühsame Vorgangsweise, die in der Wissenschaft üblich ist, aber den Vorbereitungsrahmen eines Terroranschlags wohl sprengen würde.

Das Wissen über natürliche Phänomene wie Pathogenese, Infektiösität und ähnliches ist nach wie vor lückenhaft. Anwendungsorientierte Entwicklung mit spezifischen Zielsetzungen ist derzeit praktisch ausgeschlossen. Die meisten für Biowaffen relevanten Eigenschaften, die die Virulenz determinieren, zum Beispiel die Fähigkeit eines Pathogens, das Darmepithel zu überwinden oder

anders an Zellen eines Wirtsorganismus anzudocken (Tropismus), werden jeweils von mehreren oder sogar vielen Genen kontrolliert. Die Übertragung und Veränderung einzelner Gene ist heute wissenschaftlicher und industrieller Standard. Die gezielte Veränderung Multigen-kontrollierter Eigenschaften, wie eben Infektiosität, steht aber nicht unmittelbar bevor.

### **Biotechnologische Entwicklung – längerfristige Auswirkungen**

Aus dem bisher Gesagten folgt aber auch, dass sich diese Situation auf längere Sicht ändern wird. Die Wissenschaften, nicht zuletzt angetrieben durch die Entwicklung der Biotech-Industrie, arbeiten intensiv an den molekularen Grundlagen der Pathogenese, der Infektion oder der Abwehrmechanismen des Immunsystems. Komplette bakterielle Genome, darunter auch die von Pathogenen, werden laufend sequenziert und veröffentlicht. Das Human Genome Projekt, dessen Fertigstellung für ursprünglich 2004 geplant war, wurde bereits Mitte 2000 abgeschlossen – nicht zuletzt ein Hinweis auf die fast nicht zu kalkulierende Dynamik in den Biowissenschaften. 2003/04 werden die kompletten Sequenzen von mindestens 70 der wichtigsten pathogenen Bakterien, Pilze und Parasiten, das sind rund 250 000 codierende Genabschnitte, vorliegen und öffentlich zugänglich sein.

Nach Vorliegen dieser Gensequenzen beginnt die Aufklärung der Funktion der einzelnen Genabschnitte sowie deren Zusammenwirken und Regulation. Diese unter der Bezeichnung „functional genomics“ laufenden Entwicklungen werden in erster Linie Ansätze für neue Arzneimittel und Therapien ergeben. Umgekehrt führen sie aber auch zu Möglichkeiten für die Störung physiologischer Funktionen durch spezifisch konstruierte Pathogene und Toxine.

So könnte es möglich zu werden, Genmarker zu identifizieren, die für bestimmte Populationen typisch sind. Sollte es auf diesem Weg gelingen, Pathogene oder Toxine zu entwickeln, die hauptsächlich oder ausschließlich Menschen mit einer bestimmten Genmarke schädigen, wären sogenannte „ethnische“ Waffen realisierbar. Die Vorstellung von BW, die spezifisch Schwarze, Chinesen oder Weiße betreffen, ist im höchsten Maß beunruhigend. Es ist allerdings festzustellen, dass ein derartiges Programm nur im Rahmen einer breit angelegten, internationalen Forschungsinitiative erfolgreich durchzuführen wäre – was mit einer terroristischen Zielsetzung wohl ziemlich unvereinbar erscheint. Nach übereinstimmender Expertenmeinung ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine derartige Entwicklung in überschaubarer Zukunft erfolgreich sein könnte, praktisch nicht gegeben.

Trotz allem muss man davon ausgehen, dass Biowaffen (BW) in den nächsten Jahren für Terroristen an Attraktivität gewinnen werden, und zwar aus folgenden Gründen:

- Mit dem raschen Wachstum der Biotech- und Life Science-Industrie vergrößert sich auch die Anzahl der Experten in diesen Bereichen. Man kann erwarten, dass ein kleiner Teil dieser Personen bereit ist, dieses Wissen für terroristische oder

kriminelle Zwecke einzusetzen.

- Laboreinrichtungen, biochemische Methoden und Geräte werden immer effizienter, ihre Beschaffung erregt keinen Verdacht.
- Wissenschaftlich-technische Informationen über Beschaffung und Einsatz von BW sind öffentlich zugänglich und werden immer spezifischer. Personen mit durchschnittlicher biowissenschaftlicher Ausbildung können diese Informationen erlangen und bei der Entwicklung von BW anwenden.
- Winzige Menge von Pathogenen oder Toxinen können bei richtiger Anwendung schwere Erkrankungen bis hin zum Tod vieler Menschen verursachen.
- Taktische BW können leicht versteckt oder getarnt werden. Sie sind daher mit den üblichen Kontrollen kaum zu entdecken; spezifische Detektionssysteme für Bioagentien vergleichbar den Metalldetektoren sind nicht so bald zu erwarten.
- Einsatzmethoden für BW sind relativ einfach, solange „nur“ einige hundert Opfer angepeilt werden (Vergiftung von Nahrungsmitteln, Wasser, Freisetzung in geschlossenen Räumen). Aerosolisierung zum Zwecke von Flächenangriffen scheint auch in den nächsten Jahren keine reale Option zu sein.
- Es gibt praktisch keine Abwehrtechnologien für zivile Einrichtungen, um freigesetzte BW sofort oder zumindest ausreichend schnell zu erkennen. Die Tatsache, dass ein BW-Angriff erfolgt ist, kann frühestens nach Ablauf der Inkubationszeit erkannt werden.

Der Fortschritt der Wissenschaft ist nie einseitig. Er wird also nicht nur das Risiko und die Wahrscheinlichkeit von Bioterrorismus fördern, sondern auch die Abwehr von Biowaffen (Detektion, Impfstoffe usw.).

## Risiko und Tätergruppen

Dieser Abschnitt ist, und das sei betont, keine tiefgehende Analyse und Bewertung des Risikos des Bioterrorismus. Es kann nicht überraschen, dass dieses Thema in der Fachwelt sehr kontroversiell diskutiert wird, hängen doch davon alle Konzepte und (budgetwirksamen) Maßnahmen ab. Viele Experten (Geheimdienste, Zivilschutzbehörden, Regierungen) haben die Möglichkeit einer Bedrohung durch Bioagentien eigentlich erst nach Aufdeckung der japanischen Aum-Sekte erkannt. Vor allem in den USA, in Großbritannien, Kanada und Japan wurde darauf mit erheblichen Aufwand reagiert. Seit 1999 ist jedoch in den USA eine gewisse Gegenbewegung zu bemerken: das behauptete Bedrohungspotential wird kritisch hinterfragt, die Höhe der öffentlichen Ausgaben überprüft (Government Accounting Office). Die Medien, die vor einigen Jahren dem Bioterror Schlagzeilen widmeten, fragen nunmehr, ob die Verbreitung solcher Horrorszenarien nicht in erster Linie dazu dient, Forschungsgelder und Aufträge für die Industrie locker zu machen.

Im Mittelpunkt der kritischen Auseinandersetzung steht die Frage nach einer objektivierten Risikoabschätzung. Wissenschaftlich gesehen lässt sich Risiko formulieren:

## **Risiko = Gefahr x Auswirkung**

Risiko ist demnach eine kombinierte Größe, die sich auf die Wahrscheinlichkeit des Eintretens und auf die Größenordnung eines Schadens bezieht. „Gefahr“ ist der (absolute) Schaden (Krankheit, Tod, Behandlungskosten), den ein Bioagens verursachen kann, die „Auswirkung“ bezieht sich auf die Anzahl der betroffenen Personen, die Konzentration, Dauer der Einwirkung usw. Diese Themen wurden in den bisherigen Abschnitten behandelt, es ist aber offensichtlich, dass das zu kurz greift. Es fehlen die Fragen nach den potentiellen Tätern, ihren Motiven, den Quellen für Know-how, Unterstützung oder Geld.

Es gibt eine Reihe von systematischen, statistisch orientierten Ansätzen zur Abschätzung des Risikos bioterroristischer Anschläge. Unter anderem untersucht eine großangelegte, vom US-Kongress eingeleitete Untersuchung Wahrscheinlichkeit und Schwere der Auswirkung bestimmter Szenarien. Mit einer Reihe von Annahmen (Anzahl der Wissenschaftler und Know-how Träger, Verfügbarkeit von Biomaterialien, Anteil der „Schlecht-Gesinnten“) kommt man zum Ergebnis, dass in den USA etwa 50 Terrorgruppen Zugang zu und Motivation für den Einsatz von Biowaffen haben könnten.

Aber gibt es diese Terrorgruppen wirklich und wären sie tatsächlich zur Durchführung eines Anschlages bereit? Ein Mitglied religiöser Fanatiker (in den USA durchaus verbreitet), selbst Biotechnologe und von einem Journalisten befragt, ob er auch Biowaffen zu Durchsetzung seiner Ziele einsetzen würde, antwortete: „Wenn Gott es mir befiehlt, werde ich es tun.“ Damit ist auch schon das Grunddilemma beschrieben: Kein noch so umsichtiger und kenntnisreicher Risikobewerter kann voraussehen, ob und wann Gott den entsprechenden Befehl an derartige Leute geben wird.

Risikoabschätzung ist letztlich immer mit Spekulation verbunden, basierend auf unbewiesenen Annahmen, Informationslücken und Mangel an Vorhersehbarkeit. Dieser Abschnitt wird sich daher dem Thema nur deskriptiv nähern, indem potentielle Tätergruppen, Know-how Träger, Unterstützer und ähnliches angeführt und beschrieben werden. Wie eingangs betont, ist er keine Risikoanalyse und kann auch eine solche nicht ersetzen.

## **Epidemiologisches Risiko**

Die größte biologische Gefahr für westliche, urbanisierte Gesellschaften sind zweifelsohne Infektionskrankheiten und zwar insbesondere neu auftretende, wieder auftretende und (durch Reisende) eingeschleppte Krankheiten. Zur ersten Gruppe gehörten AIDS und das Hantavirus, Krankheiten die scheinbar aus dem Nichts auftauchen und unermessliche Auswirkungen haben. Zur zweiten Gruppe gehört das Auftreten der ausgerottet geglaubten Cholera in Südamerika oder die immer wieder ausbrechenden Ebola-Epedemien in Afrika. Ein Beispiel für eingeschleppte Seuchen ist der Ausbruch des Marburg-Virus in

Deutschland 1998. Wie neu auftretende Erkrankungen treffen auch eingeschleppte Krankheitserreger auf immunologisch naive und daher extrem gefährdete Populationen.

Im Vergleich zu dieser durchaus realen Bedrohung durch Krankheiten mit natürlichem Ursprung ist das Risiko einer Erkrankung durch absichtliche Freisetzung pathogener Keime sehr klein – zumindest wenn man die bisherige Entwicklung zum Maßstab nimmt.

### **Potentielle Tätergruppen**

Der Einsatz von – chemischen, nuklearen oder biologischen – Massenvernichtungswaffen kann prinzipiell einen kriminellen oder terroristischen Hintergrund haben. Gegen den Einsatz von Biowaffen für die Durchsetzung krimineller Ziele (am ehesten Erpressung) spricht einiges, er kann aber auch nicht restlos ausgeschlossen werden. Beispielsweise kann die Vergiftung/Kontamination von Lebensmittelkonserven einfacher und für die Täter gefahrloser durch chemische Mittel erreicht werden. Andererseits wurden auf diesem Wege schon einige Erpressungsversuche gestartet und die großen, als Opfer in Frage kommenden Lebensmittelkonzerne sind darauf vorbereitet. Die Verwendung biologischer Kampfstoffe könnte neue, besonders perfide Vorgangsweisen ermöglichen und dadurch das Erpressungspotential steigern. In der Tat wird in den letzten Jahren ein Ansteigen von „Zwischenfällen“ mit biologischen Waffen, denen eine kriminelle Motivation zugrunde liegt, beobachtet. Das „Center for Nonproliferation Studies“ in Monterey, CA, eine kritische und nicht zu Übertreibungen neigende private Forschungsinstitution, zählt für 1999 an die 100 Vorfälle mit Bioagentien (dazu gehören auch Androhungen), wobei in 50 der Fälle von einem kriminellen Hintergrund ausgegangen wird.

Trotzdem scheint das größere Gefährdungspotential von Gruppen mit terroristischen Motiven auszugehen, das heißt Anschläge erfolgen im Zusammenhang mit nationalen, religiösen oder sozialen Ideologien. Man unterscheidet sogenannte „single issue“-Gruppen (z.B. Abtreibungsgegner), national-separatistische Organisationen, Gruppen mit apokalyptischen oder religiös unterlegten Vorstellungen, Endzeit-Propheten und andere.

Der „konventionelle“ Terrorismus, so wie er aus der Geschichte bekannt ist, war und ist bedacht auf unmittelbare Auswirkung, Machtdemonstration, öffentliches Echo. Der Einsatz von Schusswaffen und Bomben gegen ungeschützte oder unvorbereitete Ziele garantiert den Erfolg dieser Zielsetzungen und sorgt dafür, dass dieser Art des Terrorismus auch in Zukunft die überragende Rolle spielen wird.

Allerdings gibt es deutliche Anzeichen einer Entwicklung hin zum sogenannten „Superterrorismus“, der durch überproportionale Bedrohungsszenarien Massenauswirkungen und besondere Aufmerksamkeit erreichen will. Hat(te) der konventionelle Terrorismus zumeist eine politische oder ideologische Zielsetzung, haben sich die Motive in den letzten Jahren

zunehmend in Richtung eines „asymmetrischen“ Krieges gegen die Gesellschaft geändert. Nicht politische Beeinflussung ist die Zielsetzung, sondern möglichst gravierende, massenhafte Auswirkungen (World Trade Center, Oklahoma, Pariser Metro, Aum Sekte, Massaker in Algerien usw.). Dagegen sucht der konventionelle, politische Terrorismus bestimmte Ziele oder Personen zu treffen, die für ihn (und die Öffentlichkeit) Symbole für einen Missstand, eine Schuld, Ausbeutung, Besetzung oder ähnliches sind. Während dieser politische Terrorismus danach trachtet, Rückhalt und Zustimmung (von Teilen) der Öffentlichkeit zu gewinnen, nimmt der Superterrorismus darauf keine Rücksicht, ganz im Gegenteil.

Kulte, Sekten, Apokalyptiker, und andere Fundamentalisten sind daher die Träger dieser ziemlich jungen Entwicklung und damit potentielle Anwender von chemischen oder biologischen Kampfmitteln. Diese Gruppen sind gekennzeichnet durch Überlegenheitsgefühl, Paranoia, Einzelgängertum und weisen keine außenstehende Anhängerschaft auf. Dadurch gehen jene soziale Rückkoppelungen, die extremste Entwicklungen verhindern könnten, oft vollständig ab. Andererseits und glücklicherweise behindern gerade diese Eigenschaften den Erwerb komplexer wissenschaftlicher und technischer Fähigkeiten, wie sie für den wirkungsvollen Einsatz biologischer Kampfstoffe notwendig sind. Eine Reihe misslungener Anschläge in den USA durch religiöse Fanatiker belegen den durch Abschottung und Überlegenheitsdünkel geförderten Amateurismus – in vielen Fällen auf geradezu skurrile und lächerliche Weise.

Besorgniserregend ist allerdings das Auftreten von Gruppen mit guter Organisation und riesigen Ressourcen. Die bekanntesten Beispiele sind die Aum Shinrikyo-Sekte und die Al Quaida Organisation des Osama bin Laden. Beide Gruppen sind beziehungsweise sind bisher trotz intensiver Bemühungen gescheitert, chemische oder biologische Waffen als Massenvernichtungswaffen effektiv zum Einsatz zu bringen – aber das muss natürlich nicht so bleiben.

### **Bedrohung durch Staaten oder ehemalige staatliche Programme**

In den neunziger Jahren ist klargeworden, dass Staaten wie die vormalige Sowjetunion, Südafrika und der Irak Biowaffenprogramme in einem weitaus größerem Ausmaß finanzierten als zuvor angenommen. Derartige staatliche Programme könnten wichtige Hilfestellungen für Terrorgruppen geben, mit oder ohne Wissen der betreffenden Regierungen.

Große Befürchtungen gab es Anfang der neunziger Jahre in Bezug auf jene zahlreichen Wissenschaftler und Techniker, die in den Rüstungsprogrammen der Sowjetunion beschäftigt waren. Ein massiver Transfer von Personen, Materialien und Know-how in Richtung Irak, Syrien oder globalen Terrororganisationen stand drohend im Raum. Die westlichen Industrienationen, insbesondere die USA, stellten riesige Summen zum Erhalt und Transformation der wissenschaftlichen Strukturen in Russland bereit. Für die vielen russischen Wissenschaftler, die trotzdem emigrierten, sind die

prosperierenden Hochtechnologie-Sektoren der westlichen Ökonomien wohl wesentlich attraktiver als geheime Waffenprogramme in Drittwelt-Staaten.

Eine direkte Bedrohung durch staatlich gestützten Terrorismus wird allgemein als sehr gering angesehen. Kein einziger Vorfall der letzten Jahre konnte auch nur im entferntesten damit in Zusammenhang gebracht werden. Die mangelnde Kontrollierbarkeit von Terrorgruppen, die berechtigte Furcht vor Vergeltung und internationaler Ächtung dürften dieses Gefährdungspotential sehr einschränken.