

Gentechnik und Biologische Waffen

Die Geschichte der biologischen Waffen ist fast so alt wie die Geschichte der Kriege. Bereits in grauer Vorzeit wurden Brunnen vergiftet und Pfeilspitzen mit natürlichen Toxinen versehen. Es bedurfte nicht der Erkenntnisse Pasteurs und Kochs, um Pocken und Pest gezielt als biologische Waffen einzusetzen. Pestopfer wurden in belagerte Städte geschleudert und pockenverseuchte Kleidungsstücke an nordamerikanische Ureinwohner verteilt.

Ebenso wenig bedarf es der Gentechnologie, um biologische Waffen zu entwickeln – Pocken, Pest und Cholera sind auch im natürlichen Zustand schon tödlich genug. Trotzdem hat die Revolution in der modernen Biotechnologie dazu geführt, daß die Gefahr einer Entwicklung oder gar eines Einsatzes biologischer Waffen in den vergangenen Jahren massiv angestiegen ist. Mehrere Faktoren spielen dabei eine Rolle:

- Die globale Verbreitung moderner biotechnischer Verfahren führt dazu, daß das benötigte Wissen und Material heutzutage weltweit verfügbar ist. In Ländern und Regionen, in denen die Biotechnologie vor 30 Jahren noch auf einfache Lebensmitteltechnologien wie Bierbrauen beschränkt war, sind jetzt hochmoderne Anlagen zur Impfstoff- oder Einzellprotein-Produktion im Einsatz. Die sichere und qualitätssichere Produktion großer Mengen pathogener Mikroorganismen ist heute technisch in fast allen Ländern ohne großen Aufwand machbar.

- Selbst mit einfachsten gentechnischen Verfahren lassen sich klassische biologische Waffen noch effektiver gestalten.
- Mit Hilfe der modernen Biotechnologie werden ganz neue Biowaffen denkbar, die bislang so gar nicht machbar waren und deren Einsatz aus technischen und / oder moralischen Gründen möglicherweise viel wahrscheinlicher ist als der von klassischen Biowaffen. Die neuen technischen Möglichkeiten schaffen zunehmend neue Begehrlichkeiten, auch in westlichen Demokratien.

Im Folgenden werden insbesondere die letzten beiden Punkte im Detail ausgeführt. An ausgewählten Beispielen werden die Möglichkeiten für den militärischen Mißbrauch der Bio- und Gentechnologie diskutiert. Dabei werden nicht nur militärische Entwicklungen vorgestellt, sondern auch und vor allem solche Forschungsprojekte, die primär rein zivilen Zwecken dienen, die jedoch in anderen politischen Konstellationen ideale Waffen darstellen könnten.

1. Gentechnische Effektivierung klassischer Biowaffen

Mit Hilfe der Gentechnik wurden bereits Erreger entwickelt, die sehr viel effektivere Biowaffen abgeben als die natürlichen Mikroorganismen. Viele Beispiele aus der alltäglichen Arbeit von Mikrobiologen ließen sich hier aufzählen, nicht zuletzt

► von Jan van Aken

die Übertragung von Antibiotika-Resistenzen auf bakterielle Erreger, die heute zur Routine in unzähligen Labors gehört. In verschiedenen Projekten der Grundlagenforschung wurde – unwissentlich und unwillentlich – aufgezeigt, wie bestehende Probleme der Biowaffen-Entwickler mit Hilfe der Gentechnik überwunden werden könnten. Zwei konkrete Beispiele:

- *Harmlose Bakterien mit letalen Eigenschaften:* Bereits 1986 hat ein US-amerikanisches Team den letalen Faktor des Milzbranderreger (*Bacillus anthracis*) auf Kolibakterien übertragen. Wie erwartet produzierten die Kolibakterien daraufhin das entsprechende Protein, das sich im Laborexperiment als ähnlich letal erwies wie im natürlichen Milzbrandbakterium. [1]
- *Sonnenschutzfaktor:* Viele Mikroorganismen werden im Sonnenlicht sehr schnell durch die UV-Strahlung zerstört und eignen sich damit nur bedingt für einen Einsatz als biologische Waffe. Zudem wird durch diesen Effekt die Einsatzmöglichkeit vieler Biowaffen praktisch auf die Nachtstunden begrenzt. Es lassen sich gentechnisch jedoch Substanzen in Bakterien einfügen, die als Sonnenschutzfaktor dienen. So wurden bereits die Gene für die Synthese von Karotinoiden auf Kolibakterien übertragen, die die UV-Strahlung aufnehmen und damit die Zelle vor Zerstörung schützen. [2]

In den vergangenen Jahren sind zudem einige gentechnische Projekte aus dem früheren sowjetischen Biowaffen-Programm öffentlich geworden. Sie unterstreichen, daß es sich hier nicht nur um theoretische Mißbrauchsmöglichkeiten handelt, sondern um ganz reale militärische Anwendungen:

- *Bakterien mit unüblichen Krankheitssymptomen:* Eine Forschergruppe aus Obolensk in der Nähe von Moskau hat ein Gen für die Endorphin-Produktion in den Erreger der Hasenpest (*Francisella tularensis*) eingeschleust. Hasenpest gilt neben Milzbrand als der wichtigste bakterielle Biowaffen-Erreger. Personen, die mit dem gentechnisch veränderten Bakterium infiziert werden, würden nicht die üblichen Symptome der Hasenpest zeigen, sondern durch das Endorphin zusätzlich noch starke Verhaltensänderungen [3]. Die behandelnden Ärzte wären zunächst nicht in der Lage, eine richtige Diagnose zu stellen und eine adäquate Therapie einzuleiten.
- *Unsichtbares Anthrax:* Eine Veröffentlichung aus dem selben Institut in Obolensk hat 1997 Besorgnis im Westen ausgelöst. Durch die Übertragung eines Gens aus einem nahe verwandten Bakterium (*Bacillus cereus*) wurden Anthrax-Bakterien so verändert, daß sich ihre Oberflächenstrukturen veränderten [4]. Weder Impfungen noch Nachweisverfahren, die

auf der Verwendung von Antikörpern basieren, erkannten die genveränderten Bakterien als Anthrax. Gleichzeitig hat die Forschergruppe einen spezifischen Impfstoff für die „unsichtbare“ Variante mit entwickelt – eine optimale Kombination für den offensiven Einsatz. Im September 2001 wurde bekannt, daß die US-Armee diesen Versuch in eigenen Labors wiederholen möchte. [5]

In der Diskussion um Gentechnik und biologische Waffen wird oft konstatiert, daß die natürlichen Erreger doch ausreichend gefährlich und gentechnische Veränderungen überhaupt nicht mehr notwendig seien. Das ist insofern richtig, als daß sich effektive Biowaffen auch ohne Gentechnik – oder gar ganz ohne naturwissenschaftliche Erkenntnisse – einsetzen lassen, wie die Geschichte der Biowaffen in den vergangenen Jahrhunderten beweist.

Es ist tatsächlich nicht zu erwarten, daß die Gentechnik in der Anfangsphase eines Biowaffen-Programmes eine Rolle spielen wird. Die Entwicklung einsatzfähiger biologischer Waffen erfordert ein umfangreiches und ressourcenintensives Forschungsprogramm, in dem nacheinander drei zunehmend komplexe Probleme gelöst werden müssen: Die Beschaffung virulenter Erregerstämme, die Massenproduktion der Erreger ohne Verlust ihrer Pathogenität und die Entwicklung von effektiven Ausbringungsmethoden. Gerade der dritte Schritt ist recht aufwendig und wurde erst selten gelöst. Das wird auch am Beispiel des Irak deutlich, der Anfang der 1990er Jahre trotz eines jahrelangen staatlichen Biowaffen-Programmes keine effektiven Ausbringungsmethoden zur Verfügung hatte.

Aus dieser Perspektive gesehen stellt die Gentechnik erst den vierten Schritt bei der Entwicklung eines Biowaffenpotentials dar, der weder von Terrorgruppen noch von staatlichen Programmen vor den ersten drei, essentiellen Schritten vollzogen werden wird. Einzig vom massiven ehemaligen sowjetischen Biowaffen-Programm ist bekannt, daß dort auch gentechnische Methoden zum Einsatz kamen.

Andererseits darf jedoch nicht unterschätzt werden, daß kaum ein Erreger sich wirklich optimal als Biowaffe eignet. Die Anforderungen an einen Mikroorganismus sind aus Sicht der Militärs groß, der Erreger muß nicht nur in großen Mengen herstellbar sein, schnell wirken und harsche Umwelteinflüsse tolerieren, die Krankheit muß zudem prinzipiell behandelbar sein, damit der Aggressor sich selbst schützen kann. Viele Mikroorganismen eignen sich deshalb nur bedingt als B-Kampfstoff. Milzbrand gilt als Biowaffe erster Wahl, weil *Bacillus anthracis* fast alle Anforderungen optimal erfüllt – allerdings können eventuelle Opfer eines Milzbrandangriffes auch noch einige

Tage nach der Infektion erfolgreich mit gängigen Antibiotika geschützt werden, nur ein sehr geringer Prozentsatz der Infizierten würde tatsächlich sterben. Das hat nicht zuletzt die Erfahrung mit den Milzbrandbriefen in den USA im vergangenen Jahr gezeigt. Mit einem simplen gentechnischen Eingriff könnte hier ein sehr viel drastischer Effekt erzielt werden.

Es muß zudem betont werden, daß künftig wohl noch ganz andere Beschränkungen mit Hilfe der Gentechnik aufgehoben werden können. Der Zugang zu einigen der virulentesten Erreger ist zunehmend reglementiert und eingeschränkt. Insbesondere Pockenviren, die seit über 20 Jahren nicht mehr natürlich auftraten, sind (sehr wahrscheinlich) nur noch in zwei Hochsicherheitslaboratorien in den USA und Rußland verfügbar. Doch angesichts der rasanten Fortentwicklung molekularbiologischer Techniken ist schon bald damit zu rechnen, daß eine *in-vitro*-Synthese von Erregern oder Erreger-Kombinationen möglich wird. Zwei Publikationen haben in den vergangenen Monaten in diesem Zusammenhang weltweit Diskussionen ausgelöst:

Polio-Virus aus der Retorte

Das Poliovirus (Erreger der Kinderlähmung) wurde von einem Forscherteam der State University of New York in Stony Brook in einer chemischen Synthese künstlich völlig neu geschaffen. Ausgangspunkt war die online verfügbare Gensequenz des Erregers, die im Reagenzglas neu zusammengesetzt wurde. Die Forscher kombinierten kurze DNA-Stränge, die auf Bestellung von einer kommerziellen Dienstleistungsfirma synthetisiert wurden, in ihrem Labor zum kompletten Polio-Genom. In einem letzten Schritt wurde durch die Zugabe entsprechender Enzyme und anderer zellulärer Bestandteile die künstliche DNA-Sequenz *in vitro* in ein pathogenes Virus umgesetzt. [6]

Diese Methode ließe sich prinzipiell auch auf andere Erreger übertragen, die eine ähnlich kurze DNA-Sequenz haben wie das Poliovirus. Dazu zählen mindestens fünf Erreger, die auch als potentielle Biowaffen-Agenzien gelten: Ebola, Marburg, Venezuelanische Pferde-Enzephalitis, Gelbfieber und von Zecken übertragene Enzephalitis. Zumindest zwei dieser Erreger, das Ebola- und das Marburg-Virus, treten natürlicherweise nur sehr selten auf und sind damit für potentielle Biowaffen-Täter nur schwer aus natürlichen Quellen zu organisieren. Gerüchten zufolge hat beispielsweise die japanische Sekte Aum Shinrikyo, die durch den Giftgasanschlag auf die U-Bahn in Tokyo bekannt wurde, in den 1990er Jahren vergeblich versucht, sich bei einem Ausbruch in Zaire das Ebola-Virus zu beschaffen. Mit der jetzt

an Polio demonstrierten Methode könnte eine solche Sekte oder ein interessierter Staat theoretisch auch das Ebola-Virus nachbauen. Dabei muß allerdings betont werden, daß die am Polio-Virus vorexerzierte Methode doch recht komplex ist und derzeit nur von wenigen Experten beherrscht wird.

Das Poliovirus selbst eignet sich nicht wirklich als biologische Waffe. Das Experiment zeigt jedoch das ungeheure Potential der Gentechnik und deutet künftige Möglichkeiten an, die besonders mit Blick auf das Pockenvirus Besorgnis erregend sind. Es gilt heute als unwahrscheinlich (wenn auch nicht als ganz ausgeschlossen), daß andere Länder außer Rußland und den USA über Pockenviren verfügen. Darauf beruhen auch die gegenwärtigen Bedrohungsanalysen, die den Einsatz von Pocken als Biowaffe als sehr unwahrscheinlich einstufen. Sollte es in einigen Jahren möglich sein, auch Pockenviren in der Retorte zu erzeugen, würde sich eine vollkommen veränderte Situation ergeben – insbesondere für terroristische Gruppen – eine ideale biologische Waffe, da sie äußerst ansteckend und tödlich sind und keine effektiven Behandlungsmöglichkeiten existieren. Mit der relativen Sicherheit, die heute für Deutschland noch angenommen werden kann, ist es spätestens dann vorbei.

Die direkte Übertragung des Verfahrens zur künstlichen Synthese des Poliovirus auf Pocken ist nicht möglich. Zum einen ist das Pockengenom mit über 200.000 Basenpaaren ungleich größer als das Polio-genom, zum anderen ließe sich eine Pocken-DNA nicht wie beim Poliovirus *in vitro* in ein pathogenes Virus umsetzen. Allerdings gibt es bereits andere Ansätze zur Herstellung eines künstlichen Pockenvirus. Es wäre zum Beispiel möglich, einen verwandten Virus wie Maus- oder Affenpocken als Ausgangspunkt zu nehmen und all die Sequenzen bzw. Basenpaare, die sich von denen der Menschenpocken unterscheiden, gezielt zu verändern. Vor einigen Monaten ist erstmals dokumentiert worden, daß die Sequenz eines (pathogenitätsrelevanten) Genes des pockenverwandten Vaccinia-Virus in die Sequenz des entsprechenden Pockenvirus-Gens umgewandelt werden kann. Dafür mußten 13 Basenpaare in dem Gen gezielt umgewandelt werden (Quelle: [23]). Es ist sicherlich nur noch eine Frage von wenigen Jahren, bis derartige Verfahren auch für ganze Genome umsetzbar sind und wir unsere Bedrohungsabschätzung mit Blick auf die Pocken völlig neu überdenken müssen. Angesichts des enormen Schadenspotentials der Pocken stellt sich heute die Frage, ob es tatsächlich sinnvoll ist, die Pockensequenzen frei zugänglich zu machen. Derzeit sind die vollständigen Sequenzen mehrerer Pockenstämme im Internet verfügbar.

► Literatur

[1] Robertson DL, Leppla SH (1986) Molecular cloning and expression in *Escherichia coli* of the lethal factor gene of *Bacillus anthracis*. *Gene* 44:71-78

[2] Sandmann, G., Kuhn, S., Böger, P. (1998) Evaluation of structurally different carotenoids in *Escherichia coli* transformants as protectants against UV-B radiation. *Applied and Environmental Microbiology* 64:1972-1974

[3] Borzenkov VM, Pomerantsev AP, Ashmarin IP (1993) The additive synthesis of a regulatory peptide *in vivo*: the administration of a vaccinal *Francisella tularensis* strain that produces beta-endorphin *Biull Eksp Biol Med* 116:151-153

[4] Pomerantsev AP, Staritsin NA, Mockov YV, Marinin LI. (1997) Expression of cereolysine ab genes in *Bacillus anthracis* vaccine strain ensures protection against experimental hemolytic anthrax infection. *Vaccine* 15:1846-1850

[5] New York Times, 4. September 2001. US Germ warfare research pushes treaty limits

[6] Cello J, Paul AV, Wimmer E (2002). Chemical synthesis of poliovirus cDNA: Generation of infectious virus in the absence of natural template. *Science*, online veröffentlicht am 11. Juli 2002

Das Mäusepocken-Experiment in Australien

Vor zwei Jahren haben australische Wissenschaftler unbeabsichtigt ein für Mäuse tödliches Virus hergestellt. In dem gentechnischen Experiment sollten Mäusepockenviren als eine Art Verhütungsimpfung für Mäuse produziert werden, um damit der australischen Mäuseplage Herr zu werden. In einem ersten Versuch wurden Proteine von der Oberfläche der Eizellen in das Virus eingebracht, um so eine Immunantwort in den Mäusen auszulösen, die dann Antikörper gegen Eizellen produzieren sollten. Im Folgeversuch sollte die bis dahin ungenügende Immunantwort durch die Integration eines zusätzlichen Gens für Interleukin-4 gesteigert werden. Völlig unerwartet starben jedoch die Tiere, die mit diesem neuen Virus infiziert wurden, selbst wenn sie vorher gegen das Virus geimpft waren. Es stellte sich heraus, daß das Interleukin-4 das Immunsystem der Mäuse komplett abgeschaltet hatte. [7]

Damit haben die australischen Forscher einen neuen Mechanismus aufgezeigt, wie die Pathogenität auch von üblicherweise harmlosen Viren gesteigert werden kann. Ihnen war seinerzeit das militärische Mißbrauchspotential bewußt, sie wandten sich deshalb auch direkt an das australische Verteidigungsministerium, um den Umgang mit den Forschungsergebnissen zu beraten. Nach der Veröffentlichung fanden diese Arbeiten weltweite Beachtung und lösten eine Diskussion um den möglichen Mißbrauch gentechnischer Verfahren aus. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß auch in vielen anderen Experimenten unbeabsichtigt und unerwartet pathogenere Varianten entstehen, ohne daß dies der Weltöffentlichkeit bekannt wird und die in der Regel wohl schlicht als Ergebnisse fehlgeschlagener Experimente in den Tiefen eines Laborkühlschranks oder Autoklaven verschwinden. So wurde kürzlich an der Michigan State University bei dem Versuch, gentechnisch einen Impfstoff gegen den Erreger einer Schweinekrankheit, *Actinobacillus pleuropneumoniae* (APP), zu entwickeln, versehentlich eine gefährlichere Variante produziert. Öffentlich wurde dies erst, als der gentechnisch veränderte Stamm aus dem Labor gestohlen wurde und die US-Landwirtschaftsbehörde eine Warnung an die umliegenden Farmer ausgab. [8]

Zusammenfassend muß konstatiert werden, daß moderne molekularbiologische Verfahren entscheidend dazu beitragen können, klassische Biowaffen-Erreger zu effektiveren bzw. den Zugang zu ihnen zu erleichtern. Bislang sind erst wenige konkrete Anwendungen im Rahmen von offensiven Biowaffen-Programmen bekannt geworden, aber dies ist sicherlich der Tatsache geschuldet, daß derartige – illegale – Programme naturgemäß höchster Geheimhaltung unterliegen. Es ist davon

auszugehen, daß in jedem fortgeschrittenen (staatlichen) Biowaffen-Programm früher oder später auch gentechnische Methoden zum Einsatz kommen. Die bekannten Beispiele sind mit Sicherheit nur die Spitze des Eisberges und zeigen die heute fast unbegrenzten technischen Möglichkeiten in diesem Bereich auf.

2. Neuartige Biowaffen

Die gentechnische Veränderung der klassischen Pathogene ist jedoch nur ein kleiner Ausschnitt aus den Möglichkeiten, die die neuen biomedizinischen Techniken potentiellen Aggressoren bieten. Aus abrüstungspolitischer Sicht ist ein anderer Trend sehr viel bedenklicher: Heute werden zunehmend Biowaffen möglich, die noch vor wenigen Jahren in den Bereich der Science Fiction gehörten. Dabei geht es auch und vor allem um so genannte „nicht-tödliche“ Waffen, die speziell für Situationen außerhalb klassischer Kriege entwickelt werden. Die besondere Gefahr liegt hier darin, daß bei den Militärs auch in westlichen Ländern dadurch plötzlich neue Begehrlichkeiten geweckt werden.

Die weltweite Ächtung biologischer Waffen, festgelegt in der Genfer Konvention von 1925 und der Biowaffen-Konvention von 1972, hat sicherlich dazu beigetragen, daß nur sehr wenige Länder in den vergangenen Jahrzehnten an offensiven Biowaffen geforscht haben. Für nicht-tödliche Waffen, die beispielsweise gegen Material oder gegen Drogenpflanzen gerichtet sind, scheint diese Hemmschwelle nicht oder nicht so stark zu existieren. Die heutigen technischen Möglichkeiten befördern zur Zeit eine neue Rüstungsdynamik im biologischen Bereich, die in ein biologisches Wettrüsten zu münden droht. Im Folgenden dokumentieren wir drei real existierende Beispiele für militärische Bio- und Chemiewaffenforschung, die derzeit in westlichen Demokratien durchgeführt werden:

Material-zersetzende Mikroorganismen

In Zukunftswerkstätten diskutiert die US-Armee seit langem mögliche Anwendungen der Biotechnologie für Kriegsszenarien. Eine Möglichkeit, die dabei regelmäßig genannt wird [9], ist die Entwicklung von materialzerstörenden Waffen, also von Mikroorganismen, die gezielt Kraftstoff, Baumaterial, Tarnanstriche oder andere kriegswichtigen Materialien zersetzen können.

Ausgangspunkt dieser Überlegungen sind natürlich vorkommende Mikroorganismen, die teilweise heute schon für Reinigungsarbeiten – z.B. nach Ölunfällen – eingesetzt werden. Bekanntermaßen ist kaum ein Werkstoff vor natürlichen Zersetzungsprozessen sicher. Vom Kölner Dom

[7] Jackson RJ, Ramsay AJ, Christensen CD, Beaton S, Hall DF, Ramshaw IA (2001) Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox. *J Virol* 75:1205-1210

[8] Mackenzie D, Le Page M (2002) Act now plea on bioterror threat. *New Scientist* 28. September 2002

[9] Z.B. im Bericht des "Biotechnology Workshop 2020", vom 29-30. Mai 1996 im US Army War College (Bericht freigegeben an Edward Hammond unter dem Freedom of Information Act); oder auch im Bericht „Biotechnology – Military Applications“ des Strategic Assessment Center von Science Applications International Corporation (einer Vertragsfirma der US-Armee) vom Dezember 1995

bis hin zu Unterwasserkabeln und Gartenstühlen sind praktisch alle erdenklichen Materialien allzeit gefrässigen Mikroorganismen ausgeliefert [10].

Die natürlichen Bakterien und Pilze sind in der Regel jedoch langsam und unzuverlässig. Erst mit Hilfe der Gentechnologie lassen sich sehr viel effektivere Mikroorganismen herstellen – so effektiv, daß sie sich auch für den Einsatz als Biowaffe eignen könnten. Bereits vor dreißig Jahren, in den Anfangsjahren der Gentechnologie, wurde ein Patent auf ein genverändertes Bakterium erteilt, das Öl zersetzen kann. Noch immer steckt diese Entwicklung in den Anfängen, doch gibt es zunehmend Ansätze, die Zersetzungsprozesse mit Hilfe der Gentechnik schneller und effektiver ablaufen zu lassen [11]. Führend dabei sind in den USA vor allem militärische Laboratorien.

1998 wurde erstmals öffentlich, daß das Naval Research Laboratory in Washington D.C. auch ganz praktisch an materialzersetzenden Pilzen mit offensivem Anwendungspotential arbeitet. Ein gentechnisch veränderter Pilzstamm wurde entwickelt, der Polyurethan zersetzt – mit einer bislang unbekanntem Effektivität. Nach eigenen Angaben verursachten die Pilze Hunderte von Blasen auf militärischen Polyurethan-Anstrichen in nur 72 Stunden [12]. Eine militärische Anwendung, so die Navy-Forscher, könnte folgendermaßen aussehen: *“It is quite possible that microbial derived or based esterases might be used to strip signature control coatings from aircraft, thus facilitating detection and destruction of the aircraft.”* [13]

Da derartige Entwicklungsarbeiten an offensiven Biowaffen jedoch durch nationales und internationales Recht verboten sind [14], fügten die Autoren der Studie den Hinweis an, daß nur die potentiellen Möglichkeiten dieser Technologien ausgelotet werden sollen, um entsprechende Schutzmaßnahmen zu entwickeln.

Im Laufe des Jahres 2002 wurden jedoch verschiedene Forschungsanträge der US-Militärs öffentlich, die unverhohlen eine offensive Nutzung materialzerstörender Mikroorganismen zum Ziel haben. So heißt es in einem Antrag der Naval Research Laboratories:

“It is the purpose of the proposed research to capitalize on the degradative potential of naturally occurring microorganisms, and to engineer additional, focused degradative capabilities into [genetically modified microorganisms], to produce systems that will degrade the warfighting capabilities of potential adversaries.” [15]

Das besondere Interesse der Armeeforscher an den materialzerstörenden Organismen wird durch das Zusammenkommen zweier paralleler Entwicklungen begründet. Zum einen wächst das Interesse an so genannten nicht-tödlichen Waffen, die auch in medienwirksamen Kriegssituationen eingesetzt werden können und (zivile) Opfer möglichst vermeiden. Zum anderen sind diese Waffen

erst mit Hilfe der modernen Gentechnologie möglich. Die natürlichen Mikroorganismen sind für den militärischen Gebrauch vollkommen ungeeignet, und andere Methoden der Materialzerstörung – außer den klassischen Sprengstoffen – sind nur bedingt verfügbar, vom Zucker im Tank einmal abgesehen. Neuartige technische Möglichkeiten treffen hier auf Konzepte einer neuartigen Kriegsführung und führen dazu, daß einstmals als geächtet geltende Waffen zunehmend auch in den USA wieder hoffähig werden.

Pilze zur Zerstörung von Drogen-produzierenden Pflanzen

Seit vielen Jahren werden in verschiedenen Ländern Pilze für die Vernichtung von Drogenpflanzen wie Koka oder Schlafmohn entwickelt. Ende der 1980er Jahre sandte das US-Landwirtschaftsministerium Forscher weltweit auf die Suche nach möglichen Schädlingen von Koka, Cannabis und Schlafmohn [16]. Auf einer ehemaligen Koka-Plantage des Getränkeherstellers Coca-Cola isolierten sie *Fusarium oxysporum*, einen Pilz, der in kürzester Zeit ganze Kokafelder vernichten kann. Ein effektiver Schädling der opiumproduzierenden Mohnpflanzen, *Pleospora papaveracea*, war bereits vom offensiven Biowaffen-Programm der früheren Sowjetunion isoliert und dann in einem Labor in Taschkent im heutigen Usbekistan eingelagert worden.

Der Mohnschädling wurde in der Folgezeit in einem usbekischen Labor weiterentwickelt, finanziert von der US-amerikanischen und britischen Regierung und unter der Schirmherrschaft des UN-Drogenkontrollprogramms UNDCP [17]. Im Sommer 2001 sollten die Arbeiten beendet sein und ein einsatzfertiges Produkt zur Vernichtung der umfangreichen Schlafmohnfelder in der Region zur Verfügung stehen.

Die Koka-vernichtenden Pilze wurden parallel in US-amerikanischen Laboren getestet. Für das Jahr 2000 standen erste Freilandversuche in Kolumbien an, die jedoch nach massiven Protesten der Anrainerststaaten vorerst gestoppt wurden. Neben den Pilzen werden mittlerweile auch Insekten mit Mitteln des US-Landwirtschaftsministeriums daraufhin untersucht, ob sie sich für den Drogenkrieg eignen. [18]

Auch bei dieser neuartigen Waffengattung kamen die entscheidenden Impulse aus einer aufstrebenden biologischen Wissenschaft. Hier war es nicht die Gentechnik – die bislang einsatzbereiten Pilze sind noch nicht gentechnisch verändert –, sondern die moderne biologische Schädlingsbekämpfung, mit deren Methoden die Selektion hochvirulenter Pilzstämme und die Entwicklung neuartiger Ausbringungsverfahren speziell für den Einsatz im kolumbianischen Kriegsgebiet erst möglich wurde.

[10] Siehe z.B. Juhaz A & Naidu R, Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo[a]pyrene, International Biodeterioration and Biodegradation 45 (2000) p. 57-88; Nica D et al, Isolation and characterization of microorganisms involved in the biodeterioration of concrete in sewers, International Biodeterioration and Biodegradation 46 (2000) p. 61-68; Mitchell R, A Study of Microbial Deterioration of Fiber Reinforced Composites and Protective Coatings, Final Report to the Air Force Office of Scientific Research, October 1993. Little B et al, Fungal influenced corrosion of post-tensioned cables, International Biodeterioration and Biodegradation 47 (2001) p. 71-77.

[11] Sayler G (2000) Field applications of genetically engineered microorganisms for bioremediation processes. Current Opinion in Biotechnology 11:286-289
Zwillich T (2000) A tentative comeback for bioremediation. Science 289:2266

[12] Beschreibung von Dr. Joanne Jones-Meehan, Mikrobiologin am NRL. Online unter <http://pony.nrl.navy.mil/meehan.html>

[13] Campbell J, Defense Against Biodegradation of Military Materiel, Non-Lethal Defense III Conference, Feb. 1998

Bei den Anti-Drogen-Pilzen handelt es sich eindeutig um biologische Waffen. Nach dem Geist und Wortlaut der Biowaffen-Konvention sind Entwicklung, Produktion und Einsatz dieser Pilze unzweifelhaft verboten, denn jede feindselige Anwendung biologischer Mittel fällt unter das Verbot. Gerade im kolumbianischen Bürgerkrieg steht der Waffencharakter der Pilze außer Frage, aber auch der Einsatz gegen Privatpersonen im Rahmen polizeilicher Maßnahmen muß als „feindselige Anwendung“ im Sinne der Biowaffen-Konvention gelten [19]. Die Tatsache, daß die Bekämpfung von Drogenanbau und -handel durchaus sinnvoll und wünschenswert ist, rechtfertigt nicht den Einsatz von geächteten Waffen, denn fast jeder Krieg wird von der einen oder anderen Partei als „gerecht“ angesehen – der Einsatz von Biowaffen ist jedoch prinzipiell verboten.

Es wurde in der Vergangenheit auch argumentiert, daß der Einsatz der Anti-Drogen-Pilze gerechtfertigt sei, da die Drogenbekämpfung von den Vereinten Nationen betrieben und befürwortet wird und daß es sich bei den Drogen-produzierenden Pflanzen nicht um Nahrungspflanzen handelt. Beide Argumente führen in eine gefährliche Richtung, da sie Ausnahmen in das generelle Biowaffen-Verbot hineindefinieren würden, die auch für andere Zwecke ausgenutzt werden könnten. So war auch der Golfkrieg gegen den Irak 1991 mit einem UNO-Mandat versehen, ein Einsatz von biologischen Waffen durch die UNO-Streitkräfte läßt sich damit aber sicherlich nicht rechtfertigen. Und die Frage, ob es sich bei den Pflanzen nun um Nahrungspflanzen oder um cash crops handelt, kann nicht wirklich eine Rolle spielen, andernfalls könnte auch der US-amerikanische cotton-belt ungestraft mit biologischen Waffen angegriffen werden.

Sobald angefangen wird, zwischen „guten“ und „schlechten“ biologischen Waffen zu unterscheiden, begibt sich die Welt auf eine schiefe Ebene, die direkt in die Rechtfertigung immer neuer Biowaffen führt und eine vollständige Erosion der Biowaffen-Konvention zur Folge haben wird. Es war 1972 richtig, ein umfassendes Biowaffen-Verbot ohne jede Ausnahme zu beschließen, um ein für alle Mal dem biologischen Wettüsten ein Ende zu bereiten. Daran hat sich auch dreißig Jahre danach nichts geändert.

3. Militärischer Mißbrauch von psychoaktiven Substanzen

Das dritte Beispiel betrifft nicht biologische, sondern neuartige chemische Waffen. Auch hier hat die Revolution in der biomedizinischen Forschung neue Begehrlichkeiten in Ost und West geweckt, auch hier werden derzeit aktiv neue Waffensysteme entwickelt, die gegen internationale Verbots-

normen verstoßen und in einem neuen chemischen Wettüsten zu enden drohen.

Besondere Aktualität hat dieser Bereich durch den Gaseinsatz bei der Geiselnbefreiung in dem Moskauer Musiktheater gewonnen. Dort wurden psychoaktive Substanzen – wahrscheinlich ein Opiat, möglicherweise in Verbindung mit einem anderen Narkotikum – eingesetzt, die den Tod von mehr als 100 Geiseln verursachten.

Sogenannte „nicht-tödliche“ Chemiewaffen wurden bereits in den 1950er Jahren entwickelt, allen voran eine BZ genannte Substanz, die in der US-Armee auch als „sleeping gas“ bekannt war. Da diese Substanz jedoch individuell sehr unterschiedlich wirkte und deshalb als vollkommen unverläßlich galt, wurde sie Ende der 1960er Jahre aus dem Arsenal der US-Armee verbannt. Heute stellt die moderne Neurobiologie ein umfangreiches Wissen über spezifische Neurorezeptoren und eine Vielzahl an psychoaktiven Substanzen zur Verfügung, die die Möglichkeit „nicht-tödlicher“ Chemiewaffen wieder in das Blickfeld der Militärs gerückt haben. Die Universität des Marine Corps in den Vereinigten Staaten hat zum Beispiel Betäubungsmittel, Schlafmittel und krampfauslösende Substanzen auf ihre Waffentauglichkeit untersucht [20].

Die Identifizierung geeigneter Chemikalien ist jedoch nur der eine Teil der Chemiewaffen-Forschung. Jüngst veröffentlichte Dokumente belegen, daß parallel in den USA neue Ausbringungssysteme mit Reichweiten von über 2,5 Kilometer entwickelt werden – eine Distanz, die ausschließlich für den Einsatz von Chemikalien in militärischen Situationen Sinn macht. Die Chemiewaffen-Konvention verbietet jedoch jeglichen Einsatz von Chemikalien in Kriegssituationen, auch „nicht-tödliche“ Chemikalien und selbst Tränengas dürfen im Krieg nicht verwendet werden. Der Grund dafür liegt in der enormen Eskalationsgefahr, denn in einer Gefechtssituation kann die angegriffene Seite gar nicht erkennen, welcher Art die eingesetzte Chemikalie ist. Sie könnte versucht sein, selbst mit Chemikalien – auch tödlichen – zurückzuschlagen.

Ein beunruhigender Blick in die Zukunft

Die hier dokumentierten Anwendungsbereiche der neuen biomedizinischen Techniken verdeutlichen die Vielfalt der heutigen Möglichkeiten und die zunehmende Gefahr eines biologischen Wettüstens, das unterhalb der Schwelle der tödlichen Humanpathogene zu beginnen droht. Dabei darf nicht aus den Augen verloren werden, daß die Bio- und Gentechnologie nach wie vor noch in den Kinderschuhen steckt. Nach der Entschlüsselung des menschlichen Genoms werden sich in vielen

[14] Die Entwicklung von Material zerstörenden Mikroorganismen zu offensiven Zwecken ist durch die US-amerikanische Gesetzgebung (US Code Title 18, Sec. 175-177) ausdrücklich verboten und wird mit bis zu lebenslanger Haft bestraft. Auch die Bestimmungen der Biowaffen-Konvention schließen Material zerstörende Organismen mit ein.

[15] Enhanced Degradation of Military Material, Naval Research Laboratory, 1998. Das Dokument wurde dem Sunshine Project unter dem US Freedom of Information Act zugänglich gemacht und ist online verfügbar unter <http://www.sunshine-project.org/publications/jnlwd-pdf/nrlbwp.pdf>

[16] Menn JJ, Sands DC (1995) Trip report - biocontrol of weeds project. Memo to Eric Rosenquist, USDA, from 23. June 1995, (Dokument wurde vom USDA unter dem Freedom of Information Act zugänglich gemacht).

[17] UNDCP Project Document No. AD/REF/98/C37

[18] Project Number: 0500-00056-011-00, <http://nps.ars.usda.gov/projects/projects.htm?accession=402468>

Bereichen der biomedizinischen Forschung noch ganz neue Horizonte eröffnen – auch für einen militärischen Mißbrauch [21]. Dabei wird die Effektivierung der klassischen Biowaffen wahrscheinlich nur eine marginale Rolle spielen, selbst wenn die unbehandelbaren tödlichen Superkeime aus der Retorte heute noch das Feuilleton beeindrucken. Wahrscheinlicher und bedenklicher sind die neuartigen Waffen für spezielle Militäroperationen, nicht nur im Kriege, sondern auch in Konflikten unterhalb der Kriegsschwelle und in Geheimdienstoperationen. Der Phantasie sind dabei keine Grenzen gesetzt – Steven Block, Biophysiker an der Stanford University, sagte dazu: *“If you put a bunch of biologists in a room and asked them to brainstorm, you’d come up with countless possibilities.”* [22]

Beunruhigend ist, daß diese Tatsache bislang in den betroffenen Wissenschaften nur sehr ungenügend wahrgenommen wird. Es ist eine der wichtigsten Aufgaben für die kommenden Jahre, in Biologie und Medizin ein waches Bewußtsein für die militärischen Implikationen der eigenen Forschung zu schaffen.

Die Arbeiten zu dieser Publikation wurden gefördert mit Mitteln der Berghof-Stiftung für Konfliktforschung.



Jan van Aken, Sunshine Project e.V. und Universität Hamburg, Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt

*Kontakt:
Sunshine Project e.V.,
Groß Flottbeker Straße 44
22607 Hamburg
van.aken@sunshine-project.de
im Internet unter www.sunshine-project.de*

[19] van Aken JP, Hammond E (2002) Closing Loopholes in the Biological Weapons Convention. *Medicine, Conflict and Survival* 18:194-198

van Aken JP (2002) Grenzen für die biologische Abwehrforschung. *Wissenschaft & Frieden* 2/2002, S. 56-57

[20] Alle in diesem Abschnitt genannten Dokumente wurden dem Sunshine Project unter dem US Freedom of Information Act zur Verfügung gestellt und sind auf der Internetseite www.sunshine-project.org abrufbar.

[21] Für einen umfassenden Überblick siehe Fraser CM, Dando MR (2001) Genomics and future biological weapons: the need for preventive action by the biomedical community. *Nature Genetics* 29:253-256 sowie ein news feature in *Nature* 411:232-235.

[22] In *Nature* 411, S. 232 (“The bugs of war”)

[23] Rosengard AM, Liu Y, Nie Z, Jimenez R (2002) Variola virus immune evasion design: Expression of a highly efficient inhibitor of human complement PNAS 99: 8808-8813