

Raketenabwehrforschung International

Koordinationsgruppe: PD Dr. Bernd W. Kubbig,
Axel Nitsche und Sven Fikenscher

Ein Projekt der

Forschungsgruppe Rüstungskontrolle und Abrüstung (Leiter: Professor Dr. Harald Müller)
der Hessischen Stiftung Friedens- und Konfliktforschung

In Zusammenarbeit mit der Arbeitsstelle Friedensforschung Bonn (Leiterin: Dr. Regine Mehl)
Mit freundlicher Unterstützung der Deutschen Stiftung Friedensforschung

Bulletin No 56 – Herbst 2006

Jan Helmig

“Direct Energy Weapons” – Auf dem Weg zu einem neuen militärischen Paradigma?

Zusammenfassung

Gerichtete Energiewaffen haben das Stadium reiner Science Fiction hinter sich gelassen. Ihr Einsatz ist ungeachtet massiver finanzieller und technologischer Probleme, die trotz häufiger Beteuerungen seitens des Militärs keineswegs gelöst sind, keine pure Fiktion mehr. Allerdings hält die begleitende Diskussion auf politischer Ebene nicht mit den technischen Fortschritten mit. Rechtliche Streitfragen des Einsatzes werden häufig mindestens ebenso wenig diskutiert, wie die (sicherheits)-politischen Konsequenzen einer Stationierung. Zudem wird sich bei einer tatsächlichen Stationierung die Schere zwischen den beteiligten (oder vielmehr: nicht beteiligten) Nationen weiter öffnen. Gegenwärtig bringen nur die USA substantielle Finanzmittel auf, funktionierende DEW-Systeme zu etablieren. Aufgrund der gegenwärtig laufenden Entwicklungsanstrengungen ist durchaus damit zu rechnen, dass sich DEW in Zukunft als neue, dann auch aktive Waffensysteme etablieren werden. Angriffe mit Lichtgeschwindigkeit, zum Teil auch über große Distanzen hinweg, werden den US-Streitkräften dann die Möglichkeit geben, schnell und abgestuft gegen Bedrohungen vorzugehen. DEW haben das Potential, eine der zentralen Revolutionen der Kriegsführung in den kommenden Dekaden zu werden. Ihr erfolgreicher Einsatz wird das Bild des Krieges dauerhaft verändern. Die Konsequenzen möglicher Kollateralschäden, eine eventuell sinkende Hemmschwelle ihres Einsatzes, rechtliche Implikationen und fortschreitende technologische Überlegenheiten sind jedoch Aspekte, die es bereits jetzt ganzheitlich zu diskutieren gilt.

Einleitung

In Orson Welles Hörspiel *Krieg der Welten* sieht sich die Menschheit mit einer außerirdischen Macht konfrontiert, die aufgrund ihrer technologischen Überlegenheit leichtes Spiel bei der Invasion der Erde hat. Zwar macht im Originalplot eine mangelnde Grippeimpfung den extraterrestischen Herrschaftsplänen letztlich einen Strich durch die Rechnung, den überlegenen Waffen der Marsianer haben die Erdlinge aber wenig entgegenzusetzen. Vor allem der Einsatz von Strahlenwaffen lässt die Menschen verzweifeln, ist dem Beschuss mit reiner Energie doch keine irdische Abwehr gewachsen. Gut 75 Jahre später versuchen sich hinterhältige Marsbewohner abermals, wie schon so oft in der cineastischen Zwischenzeit, im Hollywoodfilm *Mars Attacks!* an der Invasion der Erde. Und wieder schaffen es die Menschen erst in aller letzter Sekunde – und diesmal eher zufällig mit einer eigenen ‚Akustikwaffe‘ – den überlegenen außerirdischen Waffensystemen Paroli zu bieten. So wie es gegenwärtig scheint, müssen sich zukünftige Roman- und Drehbuchautoren bei der Dramaturgie von Science-Fiction Geschichten jedoch Neues einfallen lassen. Novum ist nämlich, dass die Menschheit, zumindest ein Teil davon, selbst mit Energiewaffen ausgestattet wird.

Zwar darf mit Fug und Recht bezweifelt werden, dass sich das Militär hauptsächlich von Science Fiction Geschichten inspirieren lässt und daher Waffensysteme à la *Star Wars*, *Star Trek*, *Independence Day*, *Mars Attacks!* oder aber *Krieg der Welten* beschaffen will. Unzweifelhaft ist jedoch, dass viele der dort dargestellten Systeme durch ihre Funktionalität einen großen Reiz ausüben. Insbesondere der Wunsch nach Energiewaffen ist ungebrochen, verspricht ein erfolgreicher Einsatz doch eine tatsächliche Revolution der Kriegsführung.¹ Der Drang nach einer umfassenden Raketenabwehr kann dabei als ein wesentlicher Faktor bei der Entwicklung etwa von Lasern verstanden werden. Die Schwierigkeit, ballistische Raketen abzufangen, eröffnete sowohl Forschern als auch dem Militär die Möglichkeit, unkonventionelle Ansätze zu verfolgen, deren Radikalität mit alten Denkweisen brach. Bis zu einem filmreifen Einsatz dieser *Direct Energy Weapons* (DEW) ist der Weg aber, wenn überhaupt in dieser Form realisierbar, noch weit. Neben zahlreichen technologischen Hürden sind immense finanzielle Probleme zu meistern. Dennoch scheint der eingeschlagene Weg unumkehrbar und erste, wenngleich z.T. rudimentäre, Erfolge mit Laser-, Energie- und Akustikwaffen haben den Geist aus der Flasche befreit. Es erscheint daher sinnvoll, die möglichen Folgen und politischen Konsequenzen dieser Potenziale zu diskutieren und auf potenzielle Gefahren hinzuweisen, als einen unbedingten technologischen Fortschritt unreflektiert zu geißeln.

In der öffentlichen Diskussion wird der Entwicklung von *Direct Energy Weapons* kaum Beachtung geschenkt. Dabei haben sie durchaus das große Potenzial, eine der zentralen Revolutionen der Kriegsführung in den kommenden Dekaden zu werden. Insbesondere Energiewaffen bieten die Möglichkeit, Ziele mit Lichtgeschwindigkeit und hoher Genauigkeit zu bekämpfen und dies auch über große Entfernungen hinweg.² Während klassische Waffensysteme ihre Ziele mit konventionellen Mitteln bekämpfen – sei es mit Sprengköpfen oder kinetischer Energie – findet bei DEW ein Energietransfer ohne zwischengeschaltetes Trägermedium statt. Energie wird ohne zusätzliche Transportmittel direkt auf das Ziel

¹ Zur Abgrenzung der *Revolution in Military Affairs* vgl. bspw. Tim Benbow, *The Magic Bullet? Understanding the Revolution in Military Affairs*, London, 2004.

² Zudem sind Energiestrahlen nicht der Schwerkraft unterworfen, wie es bei klassischen Kampfmitteln der Fall ist. Allerdings können ohne Umlenksysteme nur Ziele in der ‚Sichtlinie‘ angegriffen werden.

transferiert.³ Der Energietransfer kann dabei auf unterschiedlichen Wegen geschehen. Neben Laserstrahlen sind hierbei insbesondere gerichtete ‚Strahlen‘, wie z.B. Millimeter- oder Mikrowellen, hervorzuheben. Mit der Entwicklung einer *Active Denial Technology* (ADT) verfolgen die USA das Ziel, ihren Streitkräften durch den Einsatz von Millimeterwellen weitere Optionen in bewaffneten Auseinandersetzungen an die Hand zu geben. Damit sollen u.a. die Entscheidungsmöglichkeiten im Einsatz erweitert werden. Neben der Auswahl zwischen *Shoot-to-kill* und *Not-to-shoot* soll z.B. mit *Active Denial Systemen* (ADS) ermöglicht werden, auch nicht-letale Mittel einzusetzen, um Angreifer abzuwehren. Vor einer effektiven Implementierung müssen allerdings hohe technologische, operationelle und auch finanzielle Hürden gemeistert werden. Inwiefern diese Barrieren aber tatsächlich überhaupt meisterbar sind, ist und bleibt umstritten.

Der militärische Einsatz von Lasern an sich stellt ebenso wenig eine Revolution dar wie der Einsatz gerichteter Energiewellen. Denn seit langem werden Laser zur Positionsbestimmung, Entfernungsmessung oder zur Identifizierung und Verfolgung von Zielen eingesetzt. Die Lenkung von Waffen erfolgt bereits seit dem Vietnamkrieg u.a. mit lasergesteuerten Bomben und Raketen. Radargeräte sind spätestens seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges aus militärischen Operationen nicht mehr wegzudenken. Allerdings wurden sowohl Laserstrahlen als auch Radar (sowie elektronische Kriegsführung überhaupt) eher passiv-unterstützend eingesetzt.⁴ Während erste Versuche mit DEW zu Hochzeiten des Kalten Krieges noch zumeist aufgrund technologischer Hürden fehlschlagen, wurden die Aussichten einer tatsächlichen und wirkungsvollen Implementation mit Fortschritten in der Computertechnologie, bei Fertigungstechniken und neuartigen Werkstoffen deutlich gesteigert. Energiewaffen werden zunehmend als aktive und ernstzunehmende Waffensysteme für die US-Streitkräfte interessant.

Mit diesem Beitrag soll daher in Ansätzen diskutiert werden, welche Folgen der erfolgreiche Einsatz von DEW haben kann, welche Probleme zu erwarten sind und welche Risiken mit ihrem Einsatz verbunden sind. Der Beitrag erhebt nicht den Anspruch, eine umfassende Analyse zu geben. Dies kann aufgrund der Vielfältigkeit der verfolgten technologischen Ansätze – und den damit verbundenen unterschiedlichen Folgen – an dieser Stelle ohnehin nicht erfolgen. Vielmehr soll exemplarisch anhand ausgewählter Programme diskutiert werden, inwiefern ein Einsatz von DEW das Bild des Krieges verändern kann und welche potenziellen Konfliktfelder zu erwarten sind. Zur Verdeutlichung wird der Schwerpunkt daher auf zwei unterschiedliche, aber verwandte Systeme gelegt. Zum einen die Entwicklung des *Airborne Laser* (ABL), der als zentrales Element eines amerikanischen Raketenabwehrschirmes das momentan technologisch wohl am fortgeschrittenste System ist, auch wenn das Programm beständig mit Budgetkürzungen und Einstellungen konfrontiert ist. Zum anderen das *Active Denial System*, welches mittels gerichteter Millimeterwellen das Arsenal der US-Streitkräfte bereichern soll. Bevor jedoch die politische Dimension des

³ Kritiker argumentieren daher auch, dass es sich demzufolge um keine tatsächliche Neuerung handelt, da das Prinzip, nämlich Energie von einem Ort auf einen anderen zu übertragen, gleich bleibt. Aufgrund des fehlenden Trägermediums, Reichweite und vor allem Geschwindigkeit scheint es jedoch durchaus angemessen, von einer Revolution im militärischen Sinne zu sprechen.

⁴ Man kann natürlich darüber streiten, ob der Einsatz von Laserdesignatoren zur Zielzuweisung ebenso in die Kategorie ‚passiver‘ Kriegsführung fällt, wie die Zielidentifizierung – und anschließende Bekämpfung – mittels Radar. An dieser Stelle wird jedoch unter passiver Anwendung die unterstützende Verwendung sekundärer technischer Hilfsmittel verstanden, während der aktive Einsatz die Verwendung als Waffensystem selbst bezeichnet. Eine Bombe ist demnach ein aktives Mittel, während ein zugehöriges Zielmittel als passives Hilfsmittel aufgefasst wird. Selbstverständlich können die Begriffe aktiv und passiv in diesem Zusammenhang nur aus analytischer Sicht klar getrennt werden.

Einsatzes von DEW diskutiert werden kann, wird vorher ein kurzer einführender Überblick über die beiden genannten Programme gegeben.

Der Airborne Laser (ABL)

Das Pentagon verfolgt verschiedene Ansätze, um DEW in das Arsenal der US-Streitkräfte zu integrieren. Am weitesten fortgeschritten ist sicherlich der *Airborne Laser* der US-Luftwaffe, der ballistische Raketen während ihrer Startphase mit gezielten Energieimpulsen zerstören soll.⁵ Diese Form der Zerstörung birgt verschiedene Vorteile. In der Startphase ist die Rakete noch relativ langsam, Gegenmaßnahmen sind noch nicht ausgesetzt und die heißen Abgase führen zu einer gut zu lokalisierenden Infrarotsignatur.⁶ Aber auch kleinere taktische Laser stehen in der Entwicklung und sollen konventionelle Waffensysteme auf dem Gefechtsfeld unterstützen.⁷ Um die massiven und sperrigen Komponenten des ABL in eine Flugzeugzelle zu integrieren, wurde eigens eine Boeing 747-400F umgebaut. Die Maschine erhielt die militärische Bezeichnung YAL-1A. Erst der große Rumpfquerschnitt und die mitführbare Nutzlast dieses Flugzeugs ließ die Integration der unterschiedlichen Lasermodule an Bord eines Flugzeuges zu. Auf den ersten Blick auffällig ist die dicke Nase mit der darin befindlichen adaptiven Optik des Lasers. Zudem fällt der am Rumpf montierte Ziellaser auf. Neben diesen beiden genannten Lasern besteht das gesamte System noch aus zwei weiteren Lasern. Insgesamt wiegen die vier Einzellaser mit den zugehörigen Chemikalien, dem Linsensystem sowie den Kommando- und Kontrolleinrichtungen über 80 Tonnen.

Die Zielerfassung wird von verschiedenen Sensoren am Rumpf gewährleistet, die eine Abdeckung von fast 360 Grad erzielen. Anschließend wird die Verfolgung einer gestarteten Rakete vom *Active Ranging System* (ARS) übernommen. Das ARS ist eine Weiterentwicklung bereits bestehender Zielerfassungssysteme der US-Luftwaffe. Der eigentliche Zielpunkt auf der gegnerischen Rakete wird von einem weiteren Laser festgelegt. Damit atmosphärische Turbulenzen den Laserstrahl weder streuen noch schwächen, misst ein zusätzlicher Laser beständig die Luftverwirbelungen zwischen ABL und Ziel. Die von den Einzellasern ermittelten Daten werden an den Kontrollrechner weitergegeben, der den drehbar gelagerten Geschützturm in der Nase der Boeing schließlich auf das Ziel ausrichtet. Die Zieloptik ist in der Flugzeuglängsachse um 360 Grad und seitlich bis zu +/- 120 Grad schwenkbar. Das komplizierte Spiegelsystem in der Nase des ABL gleicht bei der Abgabe der Impulse atmosphärische Verwirbelungen automatisch aus. Dazu werden die 341 Stellglieder der Optik automatisch bis zu 1.000 Mal in der Sekunde neu justiert. Selbst Eigenvibrationen des Flugzeugs soll der Kontrollrechner ausgleichen können. Vor dem eigentlichen ‚Schuss‘ wird der Laserstrahl somit gewissermaßen vor-verzerrt, um die maximale Energie auf den Zielpunkt zu bündeln. Das Spiegelsystem muss aber nicht nur Vibrationen und atmosphärische Störungen ausgleichen, sondern zudem noch dem bis zu 1.000° Celsius heißen Laserstrahl standhalten. Die atmosphärischen Bedingungen stellen, neben der eigentlichen Leistung des Lasers, die zentrale Einschränkung bei der Reichweite und Energieausbeute des Lasers dar. Zwar wird die Reichweite mit bis zu 400 km

⁵ Vgl. dazu auch Jan Helmig, ABL – Airborne Laser. Ein Laserschwert für die US-Luftwaffe? in: Strategie & Technik, Vol. 49, No. 1 (Januar 2006), S. 44-45. Zum Vorläufer des ABL, des *Airborne Laser Laboratory* (ALL) vgl. Robert W. Duffner, *Airborne Laser: Bullets of Light*, New York, 1997.

⁶ Eine gute Einführung in die grundsätzlichen technischen Konzepte und Systeme der Raketenabwehr findet sich in James M. Lindsay und Michael E. O'Hanlon, *Defending America. The Case for Limited National Missile Defense*, Washington D.C. 2001, S. 29-115.

⁷ An dieser Stelle kann nicht auf den Entwicklungsstand dieser taktischen Systeme eingegangen werden. Die politischen Folgen sind jedoch zum Teil durchaus vergleichbar.

angegeben, realistisch dürften jedoch geringere Kampftentfernungen sein.⁸ Insbesondere Wolken, Aerosole oder Rauch schränken den Aktionsradius des Laserstrahls massiv ein. Im Einsatz wird der ABL daher auch wohl hoch über der typischen Wolkenobergrenze operieren.⁹ Die mitgeführten Sensoren sollen es dem ABL erlauben, selbstständig nach den Infrarotsignaturen von startenden Raketen zu suchen. Allerdings bedeutet dies auch, dass sich die Flugzeuge dazu in relativ geringer Entfernung zu potenziellen Krisenherden befinden müssen. Ausreichender Jagdschutz der Flugzeuge wird, ähnlich wie bei JSTAR und AWACS-Maschinen auch, die unabdingbare Folge sein.¹⁰

Ziele sollen schließlich mit dem Ein-Megawatt Hochenergielaser zerstört werden. Der im Rumpf untergebrachte *Chemical Oxygen Iodine Laser* (COIL) wird durch die Fusion verschiedener Chemikalien, insbesondere Wasserstoffperoxid, Chlor und Jod gespeist. Die mitgeführten Substanzen reagieren durch Mischung und emittieren Photonen, welche über verschiedene Module schließlich über das Teleskop in der Flugzeugnase als Laserlicht auf das Ziel gebündelt werden. Die Wellenlänge liegt im für das menschliche Auge nicht sichtbarem Spektrum bei 1.315 Mikron.¹¹ Aus Science-Fiction Filmen bekannte spektakuläre Effekte sind daher weder visuell noch akustisch zu erwarten. Trotz der beachtlichen Größe der umgebauten Boeing 747-400 ist die mitgeführte Menge an Chemikalien natürlich begrenzt. Etwa 40 jeweils drei bis fünf Sekunden dauernde Impulse können abgefeuert werden, bevor die Maschine zum Nachladen wieder landen muss.¹² Zwar soll die mitgeführte Menge ausreichen, um auch mehrere Ziele bekämpfen zu können; allerdings variiert die Anzahl der Schüsse nach Entfernung, benötigter Energiemenge, atmosphärischen Konditionen und Zielart.¹³

Während eines Einsatzes besteht die sechsköpfige Crew des ABL aus den beiden Piloten, einem Mission Commander, Waffenoffizier, Techniker sowie Kommunikations- und Aufklärungsexperten. Das umfangreiche *Battle-Management*-System des Kampfflugzeuges stellt die Kommunikation zu anderen fliegenden, schwimmenden oder stationären Verteidigungssystemen sicher. Der ABL fungiert somit nicht nur als eigenständiges Waffensystem, sondern auch als ‚Aufklärer‘ für andere Akteure im US-Arsenal. In der

⁸ In einer Studie des *Lexington Institutes* wird die Reichweite mit 500-700km angegeben. Vgl. Loreen Thompson und Daniel Goure, *Direct-Energy Weapons. Technologies, Applications and Implications*, Arlington, VA, 2003, S. 16.

⁹ Vgl. Michael E. O'Hanlon, *Alternative Architectures and U.S. Politics*, in: James J. Wirtz und Jeffrey A. Larsen, *Rockets' Red Glare. Missile Defenses and the Future of World Politics*, Boulder, CO, 2001, S. 125f.

¹⁰ Kritiker bemängeln daher nicht nur die operativen und finanziellen Mehrkosten, die durch den Einsatz einer ganzen Flotte von Flugzeugen auftreten, sondern auch, dass der ABL selbst zu einem bevorzugten Ziel werden könnte. Vgl. dazu bereits Craig R. Eisendrath, Melvin A. Goodman und Gerald E. Marsh, *The Phantom Defense. America's Pursuit of the Star Wars Illusion*, Westport, London, 2001, S. 113f.; bzw. generell auch die Studie der *American Physical Society* (APS), *Report of the American Physical Society of the Study Group on Boost-Phase Intercept Systems for National Missile Defense*, Scientific and Technical Issues, Washington, D.C., 2003, S. 150ff.

¹¹ Eine kurze Übersicht zum COIL-Laser findet sich unter <http://www.de.af.mil/Factsheets/COIL.swf> [27.06.2006].

¹² Andere Quellen sprechen von 20 Schüssen, bevor die Maschine ihren Vorrat an Chemikalien wieder auffüllen muss. Vgl. James M. Lindsay und Michael E. O'Hanlon, a.a.O., S. 110. Die exakte Energieausbeute als auch Schussintensität über einen bestimmten Zeitraum – und damit die Anzahl der maximal möglichen Schüsse – sind jedoch klassifiziert.

¹³ Vgl. dazu auch die Airborne Laser-Daten auf der Seite des *Air Force Research Laboratory, Direct Energy Directorate*: <http://www.de.af.mil/FactSheets/> [28.06.2006].

amerikanischen System- und Missionsarchitektur kommt der Frühwarnfunktion der YAL-1A eine wichtige Rolle zu.

Der Abschuss von ballistischen Raketen während ihrer Startphase ist kein einfaches Unterfangen. Bei der Umsetzung dieses ehrgeizigen Ziels sind daher zahlreiche technologisch führende Rüstungskonzerne eingebunden. Hierbei sind vor allem Boeing, die sowohl die umgebaute 747-400F als auch die Steuerungssoftware für den Missionsrechner beisteuern, als auch Northrop-Grumman zu nennen. Letzterer Konzern trägt, nach der Akquisition von TRW, den chemischen Laser bei. Lockheed-Martin schließlich, ein weiterer Großkonzern der Rüstungsindustrie, ist neben dem drehbaren Geschützturm für die komplexe Optik verantwortlich.

Zurück zur Technik. Nach dem Abfeuern des Laserstrahls führt der Impuls durch die transferierte Energie zu Deformationen auf der Raketenaußenseite. Die auftretende Hitze auf der Raketenoberfläche führt schließlich zu Rissen oder Brüchen in der Außenhaut. Die besondere Bauweise der Rakete sowie die hohen strukturellen Belastungen während des Starts tragen ihren Teil dazu bei, dass austretender Treibstoff oder das geänderte Flugverhalten zum Absturz der Rakete führen. Erst die besondere Bauweise von Raketen mit einem unter Druck stehenden, zumeist hochexplosiven Antriebsgemisch sowie die fragile Aerodynamik während der Startphase führen also dazu, dass der Energieimpuls die Rakete zur Explosion bringt. Während konventionelle Kampfmittel durch Aufprallenergie oder Detonation von Munition Ziele zerstören, findet bei DEW wie erwähnt ein Energietransfer zwischen Sender und Empfänger statt, der ohne zugehörige Transportmittel auskommt. Unabdingbar ist dazu aber, dass der Laserstrahl für mehrere Sekunden auf dem Zielpunkt fokussiert bleibt. Um dieses Ziel zu erreichen, sind komplexe Spiegel- und Linsensysteme erforderlich, die es ermöglichen, ausreichend hohe Energiedichten selbst über große Distanzen konstant auf das Ziel zu bündeln. Die Zusammenstellung des Energieträgers für den Laserstrahl sowie erstklassige Steuerungssoftware ist ebenfalls von großer Bedeutung.

Nach zahlreichen Verzögerungen wird die kommende Testphase für die weitere Zukunft des ABL als entscheidend angesehen. Zwar wurden bereits 2002 während der Flugerprobung wichtige Meilensteine erreicht, so z.B. die Fähigkeit zur Luftbetankung (und damit strategische Reichweiten) nachgewiesen. Allerdings fanden diese Tests noch ohne die Integration aller Einzelkomponenten statt. Erst nachdem die verschiedenen Systeme auf der Edwards AFB intensiv am Boden getestet wurden, wurden die Elemente in das Flugzeug installiert. Anfang Dezember 2004 wurden die verschiedenen Systeme schließlich erstmals in der Luft getestet, ohne dass es jedoch zu Probeschüssen mit den Hauptlasern kam. Erste realistische Tests mit dem eigentlichen Waffenlaser stehen bisher noch aus und sind für Ende 2008 angesetzt.¹⁴ Das Zusammenspiel der Komponenten wurde zwar während Bodentests im Juni 2006 nachgewiesen, wobei jedoch noch nicht die tatsächlichen Waffen- und Ziellaser aus dem Innern der Maschine abgefeuert wurden.¹⁵ Erst wenn dies erprobt wird, wird sich zeigen, ob der ABL die ehrgeizigen Ziele hält, die es verspricht. Bisherige Versuche fanden vornehmlich am Boden statt. Allerdings konnte der Laser dabei sein Potenzial unter den vorgegebenen Testbedingungen beweisen. Die für die Zerstörung von ballistischen Raketen angenommene Feuer-Zeitspanne von ca. zehn Sekunden wurde bei Abgabe der vollen Leistung am Boden gegen feststehende Ziele simuliert.¹⁶ Der Nachweis

¹⁴ Vgl. James W. Brosnan, Laser Defense on Three-Year Timeline, The Albuquerque Tribune, 28. Januar 2006.

¹⁵ Vgl. dazu die Pressemitteilung von Boeing http://www.boeing.com/news/releases/2006/q2/060626a_nr.html [26.6.2006].

¹⁶ Marc Selinger, Airborne Laser Achieves Full Power In Ground Test, in: Aviation Now, http://www.aviationweek.com/avnow/news/channel_aerospacedaily_story.jsp?id=news/LASER12125.xml

der Einsatzfähigkeit auch unter realistischeren Bedingungen vor allem bedeutet dies luftgestützte Testphasen gegen bewegte Ziele bilden den gegenwärtigen Kern der Anstrengungen. Bis 2008 sollen verschiedene Tests gegen Kurzstreckenraketen abgeschlossen sein. Je nach Ausgang dieser Versuche, sind weitere Testschüsse gegen simulierte strategische Langstreckenraketen für 2009/2010 geplant. Damit hinkt das Programm dem vormaligen Zeitplan ca. sechs Jahre hinterher.¹⁷

Nach den bisherigen Erfahrungen mit dem ABL erscheint es fraglich, ob der gesteckte Zeitrahmen in Zukunft eingehalten werden kann. Zudem gefährden massive Kostenüberschreitungen das Programm. Das *General Accountability Office* (GAO) – das amerikanische Äquivalent zum Bundesrechnungshof – hat mehrfach die nicht eingehaltenen Finanzpläne und Überschreitungen von z.T. 50% gerügt und droht mit der Streichung des Programms.¹⁸ Noch können die Verantwortlichen jedoch mit Geld rechnen. Alleine für die fiskalischen Jahre 2004 bis 2009 sind für Entwicklung und Tests ca. 3 Mrd. US-Dollar vorgesehen. Bis zum Ende der Testphase werden allerdings Mehrkosten von insgesamt gut 1 Mrd. US-Dollar erwartet. Es bleibt daher zweifelhaft, ob der ABL die in ihn gesetzten Erwartungen auf Anhieb erfüllt. Dazu scheinen die technischen Herausforderungen, neben den politischen und finanziellen Unwägbarkeiten, zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht ausreichend gelöst.¹⁹ Zudem sind, wie wohl bei jedem militärischen System, Gegenmaßnahmen denkbar, die die Effektivität des Laserstrahleinsatzes minimieren.²⁰

Das Active Denial System (ADS)

Neben Laserstrahlen, die auf verschiedenen Wegen und durch verschiedene Medien erzeugt werden können, stehen u.a. auch Millimeterwellen im Zentrum des gegenwärtigen Forschungsinteresses. Millimeterwellen dringen weder tief in organische Substanzen ein noch durchqueren sie Gewebeschichten mit schwerwiegenden Nebeneffekten. Dieser Umstand macht sie zu einem bevorzugten Gegenstand bei der Entwicklung nicht-letaler Waffensysteme. Im Wellenspektrum von 95GHz und mit einer Wellenlänge von ca. 3 mm sollen Millimeterwellen eingesetzt werden, um Personen zum Rückzug zu zwingen, ohne dauerhafte körperliche Schäden anzurichten. Dazu richtet eine Antenne den unsichtbaren, gebündelten Strahl auf ein bestimmtes Objekt, wie z.B. eine Person. Durch die auftreffende Strahlung erhitzt sich das Gewebe, ohne das es zu chemischen Veränderungen kommt, wie

[26.6.2006]. Miranda Priebe führt jedoch aus, dass der Test nicht das eigentliche Lasersystem repräsentiert hat, sondern lediglich Unterkomponenten. Die Systemreife des ABL wurde daher in keiner Weise nachgewiesen. Vgl. Miranda Priebe, *Airborne Laser: Overweight and Oh-So-Late*, in: *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 59, No. 3 (Mai/Juni 2003), S. 18-20.

¹⁷ Vgl. Bill Sweetman, *Direct Energy Lasers – Fact or Fiction?*, in: *Janes Defence Weekly*, 22. Februar 2006.

¹⁸ Vgl. dazu auch den Report des *General Accounting Office* (GAO), *Missile Defense: Knowledge-Based Decision Making Needed to Reduce Risks in Developing Airborne Laser*, 12. Juli 2002, <http://www.gao.gov/new.items/d02631.pdf> [26. Juli 2006]. Aber auch der erfolgreiche Nachweis der militärischen Fähigkeiten des ABL ist keineswegs gleichbedeutend mit einer anschließenden Akquisition des Waffensystems. Falls sich das Projekt im operativen Einsatz als zu kostspielig erweist, hält General Trey Obering, Chef der *Missile Defense Agency* (MDA), eine Absage für möglich. Vgl. Thomas Duffy, *Cost Could Scuttle Airborne Laser*, *InsideDefense.com*, <http://www.military.com/features/0,15240,95036,00.html> [21.04.2006].

¹⁹ Die ungelösten Probleme veranlassten das Pentagon sogar dazu, den Status des Projektes auf den Stand eines Technologiedemonstrators zurückzustufen. Vgl. Thomas Duffy, *Pentagon Demotes Airborne Laser Program*, *InsideDefense.com*, <http://www.military.com/features/0,15240,88020,00.html> [16.02.2006].

²⁰ Vgl. *American Physical Society* (APS), a.a.O., insbesondere S. 150-153; 293-340.

es z.B. bei Röntgenstrahlen der Fall sein kann. Die transferierte Energie ist thermische Energie, wobei die Photonen etwa 10.000 Mal weniger energetisch sind als Photonen sichtbaren Lichts.²¹ Bei Versuchen von Millimeterwellen getroffene Personen berichteten von Verbrennungsgefühlen.²² Sobald der Strahl abgestellt wird oder sich die Person aus dem Strahlenkegel weg bewegt, endet das Gefühl, ohne sichtbare dauerhafte Schäden auf der Haut zu hinterlassen.

Auch der Einsatz von ADT im Irak wurde, trotz noch längst nicht abgeschlossener Tests, mehrfach diskutiert. Nach verschiedenen Berichten sollte ein *Sheriff* genanntes System im Irak eingesetzt werden, um Aufständische bei z.B. Demonstration oder Angriffen zu vertreiben.²³ Technische Probleme haben den Einsatz des von Raytheon entwickelten Systems aber immer wieder verzögert.²⁴

Der Vorteil solch nicht-letaler Systeme ist aus Sicht der Militärs offensichtlich: Anstatt die Wahl zwischen der Abgabe – potenziell tödlicher – Schüsse oder einem Verzicht des Schusswaffengebrauchs zu haben, soll das Optionsspektrum des Militärs erweitert werden.²⁵ Die Reichweite des ADS von bis zu 750 m liegt im bzw. sogar über dem Aktionsradius herkömmlicher Handfeuerwaffen. Zudem bewegen sich die gerichteten Wellen mit Lichtgeschwindigkeit und sind damit ungleich schneller als konventionelle Geschosse. Allerdings ist nicht eindeutig geklärt, wie ADT unter ungünstigen atmosphärischen Witterungsbedingungen wie Nebel, Regen oder allgemein hoher Luftfeuchtigkeit funktioniert. ADS soll vor allem bei urbanen Konflikten eingesetzt werden. Als Plattform fiel daher schnell die Entscheidung für ein sogenannten *High Mobility Multi-Purpose Wheeled Vehicle* (HMMWV, oder umgangssprachlich: *Humvee*). Die Energie soll von Generatoren und Batterien auf dem Fahrzeug stammen. Allerdings sind auch andere Trägermittel wie Schiffe und Flugzeuge denkbar. Das unbestrittene militärische Potenzial von Energiewaffen, insbesondere hinsichtlich zunehmender asymmetrischer Gefahren in urbanen Konfliktzonen, veranlasste das Pentagon dazu, in den vergangenen elf Jahren ca. 51 Millionen US-Dollar in die Entwicklung der neuen Technologie zu investieren.²⁶

Aber auch ADS ist keine Wunderwaffe mit Breitenwirkung. Verschiedene Gegenmaßnahmen sind denkbar. Zum Beispiel, ganz einfach ungeschützte Hautpartien ausreichend mit entsprechender, absorbierender oder reflektierender Kleidung zu bedecken. Da die Strahlen lediglich ca. 0,4 mm in die Haut eindringen und dortige Wassermoleküle erhitzen, kann entsprechende, hinlänglich dicke Kleidung einen Schutz vor den Strahlen bieten. Auch metallische Schichten oder ‚Schilde‘ halten die schmerzhaft Strahlung ab. Wenn die Haut jedoch nicht geschützt wird, kommt es sehr schnell zu schmerzhaften Verbrennungsgefühlen. Nach Testberichten erhitzt sich die Haut bereits nach einem lediglich zwei Sekunden dauernden Beschuss mit Millimeterwellen auf etwa 55° Celsius. Bei diesen

²¹ Doug Beason, *The E-Bomb. How America's New Directed Energy Weapons Will Change The Way Future Wars Will Be Fought*, Cambridge, MA. 2005, S. 114f.

²² Vgl. ebd., S. 113-125.

²³ Markus Becker, *Energiewaffen im Irak: Der Sheriff mit der Strahlenkanone*, SpiegelOnline [21.09.2004].

²⁴ Vgl. *Janes Defense Weekly*, 3. Mai 2006, S. 7.

²⁵ Nicht-letale Systeme wie z.B. Gummigeschosse oder sogenannte *Taser* stehen aus verschiedenen Gründen in der Kritik. Zum einen ist die Reichweite geringer als bei DEW und damit die Eigengefährdung höher. Zudem bergen beide Konzepte das Risiko von potenziell tödlichen Nebenfolgen, die mit den neuen Waffensystemen, so die Argumentation, umgangen werden sollen. Daher werden DEW häufig mit nicht-letalen Waffen gleichgesetzt, was in der Diskussion jedoch nicht nur semantisch problematisch erscheint.

²⁶ Vgl. <http://www.de.afrl.af.mil/Factsheets/ActiveDenial.swf> [27.06.2006].

Temperaturen setzt der Schmerzreflex ein, der Menschen z.B. bei der Berührung heißer Gegenstände automatisch zurückzucken lässt. Da die Strahlen jedoch nicht tief in die Haut eindringen, sind bei kurzzeitiger Bestrahlung laut Angaben keine langfristigen Schäden der Haut zu erwarten. Allerdings befürchten unabhängige Mediziner, dass die Erhitzung z.B. des Auges zu bleibenden Sehschäden führen kann.²⁷ Auch bleibt ungeklärt, welche Folgen ein länger dauernder Beschuss auf exponierte Hautflächen nach sich zieht.²⁸ Zwar beteuert das US-Verteidigungsministerium, dass erst ein Beschuss von länger als 250 Sekunden zu Verbrennungen führt; jedoch wird bei Einsatzüberlegungen anscheinend stillschweigend angenommen, dass angestrahlte Personen quasi instinktiv die Zielzone verlassen. Was mit Personen geschieht, die sich nicht eigenständig aus dem Zielgebiet bewegen können und länger andauernden Strahlendosen ausgesetzt sind, wird, genauso wenig wie die Effekte auf sehr kurzen Distanzen, nicht ausreichend thematisiert. Steve Goose von *Human Rights Watch* merkt zudem an, dass es noch keine einschlägigen Studien zu den Langzeitfolgen eines Strahlenbeschusses gibt.²⁹

Überblick über die politische Dimension

Zwischen ABL und ADS/ADT bestehen deutliche physikalische Differenzen hinsichtlich Reichweite, Absorption, Reflexion, Intensität und transportierte Energiedichten.³⁰ Wenngleich sich die beiden exemplarisch vorgestellten Programme daher nicht direkt vergleichen lassen – was alleine aufgrund ihrer Einsatzart ohnehin nicht möglich wäre – sind sie dennoch stellvertretend für eine Reihe neuer Entwicklungen, die die Prinzipien der Kriegsführung verändern könnten. Im Folgenden sollen beispielhaft einige der zu erwartenden Problemfelder angerissen werden, ohne Lösungsvorschläge an die Hand zu geben.

Als Theodor Maiman am 15. Mai 1960 den ersten Laserstrahl erzeugte, war sich der Physiker der Tragweite seiner Entdeckung nicht vollständig bewusst. Daher formulierte er vorsichtig: „The laser is a solution looking for a problem.“³¹ ‚Probleme‘, oder vielmehr Anwendungsbeispiele, fanden sich in der Folge zuhauf: von CD-Spielern über neue Schweißtechniken bis hin zu medizinischen Verfahren. Auch das amerikanische Militär wurde schnell auf die Durchbrüche in den Forschungslabors aufmerksam. Aber erst etliche Jahre später scheint der Laser tatsächlich näher an einen aktiven Einsatz heranzurücken.

²⁷ Vgl. dazu auch Bemühungen, die Effekte von Laserwaffen in das Internationale Recht zu integrieren. Bengt Anderberg, et. al., *Blinding Laser Weapons and International Humanitarian Law*, in: *Journal of Peace Research*, Vol. 29, No. 3, 1992.

²⁸ Vgl. dazu auch Frank Vizard, *Do Microwave Weapons Kill?* in: *Scientific American*, 18.2.2003 <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=000CBC91-B6FD-1E51-A98A809EC5880105> [27.06.2006].

²⁹ *The Economist*, *Electromagnetic Weapons. Come Fry With Me*, February, 30.01.2003, S. 68-69. Wesentlich unkritischer sieht Doug Beason den Einsatz von ADT. Folgeschäden wie z.B. karzinogene Hautveränderungen o.ä. erwartet er nicht und verweist auf 20 Jahre Forschung. Vgl. Doug Beason, a.a.O., S. 115.

³⁰ Im Einzelnen kann an dieser Stelle nicht darauf eingegangen werden, inwiefern sich die physikalischen Unterschiede z.B. in der Interaktion mit verschiedenen Medien, ihrer Ausbreitungsmerkmale oder ihr Leistungsspektrum darstellen.

³¹ Theodor H. Maiman, *Stimulated Optical Radiation in Ruby*, in: *Nature*, August 6 (1960), S. 493-494; John A. Osmundsen, *Light Amplification Claimed by Scientist*, in: *New York Times*, 8. Juli 1960, S. 1;7; beide Angaben zitiert nach: Doug Beason, a.a.O., S. 63.

Mit den steigenden Kosten, immer noch nicht vollständig gelöster technischer Unwägbarkeiten und zweifelhafter militärischer Anwendbarkeit sieht sich das Militär (und die Industrie) einem Rechtfertigungsdruck ausgesetzt, der sich in Gedankenspielen bezüglich zukünftiger Einsatzszenarien von DEW widerspiegeln. Ungeachtet ihrer z.T. eingeschränkten Plausibilität müssen diese Gedankenspiele eines Einsatzes von z.B. Laserwaffen, auch jenseits des bisher angedachten ABL, diskutiert werden. Hierbei handelt es sich nämlich nachgerade nicht nur um fiktive Phantastereien, sondern auch die *Missile Defense Agency* (MDA) betont, dass Laserwaffen prinzipiell durchaus auch gegen weitere Ziele wie Flugzeuge, Cruise Missiles oder Bodenziele gerichtet werden könnten.³² Die Air Force simuliert bereits den Einsatz von Lasern in Jagdflugzeugen, um möglichst frühzeitig taktische Konzepte anpassen zu können.³³ Es befinden sich zudem kleinere Laser in der Entwicklung, die z.B. an Bord von AC-130 Gunship Transportflugzeugen gezielt Bodenziele, wie z.B. Fahrzeuge oder Gebäude, angreifen sollen.³⁴

Es bleibt aber zweifelhaft, ob Laser tatsächlich in dem Maße wirksam sind, wie die Berichte und Planspiele zu suggerieren scheinen.³⁵ Was Bernd W. Kubbig bereits für DEW-Programme unter der Reagan Administration feststellte, kann auch heute noch für große Teile der wissenschaftlichen, aber vor allem auch politischen Rhetorik gelten, wenn es um zukünftige Einsatzkapazitäten von DEW-Systemen geht. „Zu den Standardbegriffen der PR-Strategie gehörten die mit dem positiv konnotierten Terminus Innovation verbundenen Versprechen vom ‚technologischen Durchbruch‘ und dem ‚beträchtlichen Fortschritt‘ an entscheidenden Forschungsfronten.“³⁶ Hoffnungsfrohe Wendungen und ein starker Technologie-Optimismus sind noch immer weit verbreitet. Da die Versprechen nach baldigen Durchbrüchen und Erfolgen bereits seit 20 Jahren gebetsmühlenartig wiederholt werden, muss trotz erwiesener Fortschritte und Erfolge die angekündigte Einsatzfähigkeit von DEW mit Skepsis behandelt werden. Vor allem gilt es, durch kritische Begleitung die nicht zu leugnende Magie der Waffen zu entzaubern.³⁷

Gerade bei einigen Autoren, die DEW positiv gegenüber stehen, verwischt die Grenze zwischen momentan machbarer Realität und wünschbarer Fiktion zusehends.³⁸ Schließlich ist es etwas anderes, einen gegnerischen Sensor zu blenden, Antennen und

³² Vgl. James W. Brosnan, a.a.O. Auch in der Studie des *Lexington Institutes* werden unterschiedliche Missionsprofile von DEW erstellt. Vgl. dazu Loreen Thompson und Daniel Goure, a.a.O., S. 19-32.

³³ Vgl. <http://www.globalsecurity.org/military/library/news/2003/08/mil-030826-afpn01.htm> [02.06.2006]. Zudem wird durchaus ernsthaft diskutiert, aktive Lasersysteme auch in Kampfflugzeuge der nächsten Generation zu installieren. Vgl. Hampton Stephens, *Toward a New Laser Era*, *Air Force Magazine*, 6, 2006.

³⁴ Vgl. auch die Pressemitteilung von Boeing zur Umrüstung eines ersten Erprobungsträgers http://www.boeing.com/news/releases/2006/q1/060123a_nr.html [27.06.2006].

³⁵ Kritiker argumentieren z.B., dass der ABL gegen isolierte Ziele wenig wirksam ist. So richten sich die Laserstrahlen des ABL gegen das Trägermittel, nicht gegen das Kampfmittel. Damit wächst im übrigen die Gefahr, dass der noch intakte Gefechtskopf auf Drittländer niedergehen könnte. Dazu ausführlicher: Geoffrey Forden, *Laser Defenses: What if they work?* in: *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 58, No. 5 (September/Oktober 2002), S. 48-53.

³⁶ Bernd W. Kubbig, *Wissen als Machtfaktor im Kalten Krieg. Naturwissenschaftler und die Raketenabwehr der USA*, Campus, Frankfurt/New York, 2004, insbesondere S. 421-517, hier S. 496.

³⁷ Vgl. ebd., S. 516.

³⁸ Dazu exemplarisch die fiktive Darstellung eines Einsatzes des ABL vor der Küste San Francisco gegen seegestützte Marschflugkörper und den Einsatz von ADS gegen indische Demonstranten. Der Einsatz von DEW gerät damit zur *Self-fulfilling Prophecy*, in: Doug Beason, a.a.O., S. 1ff; 143ff.

Kommunikationseinrichtungen außer Gefecht zu setzen oder aber einen Bunker zu zerstören. Darüber hinaus ist die Anwendbarkeit von komplexen High-Tech Waffensystemen im Einsatz unter Gefechtsbedingungen grundverschieden von den kontrollierten Laborbedingungen der Versuchsanstalten. Dazu zählt nicht nur, große und schwere Systeme an die Forderungen des Militärs anzupassen und entsprechend praktikabler zu gestalten. Auch die Abhängigkeit von oftmals toxischen und instabilen Energieträgern stellt hohe logistische Ansprüche. Es ist kaum zu erwarten, dass militärische Gerätschaften, die ein konstruktionsbedingtes inhärentes Risiko bergen und noch dazu zu einem bevorzugten Ziel werden könnten, von den Streitkräften mit offenen Armen angenommen werden.

Aber nicht nur die Komplexität des Materials und des Nachschubes an sich sind problematisch, sondern auch die zugehörige Komplexität im Umgang mit den Systemen. Damit ist nicht nur die reine Instandhaltung angesprochen, sondern vor allem auch die einfache, schnelle und zuverlässige Bedienung im Einsatz. Was unter Laborbedingungen von spezialisierten Wissenschaftlern in kontrollierten Versuchsaufbauten funktioniert, stellt sich im täglichen Einsatz oder in Gefechtssituationen möglicherweise deutlich anders dar. Vorerst bleiben Laser daher wohl eher, trotz ihres zu erwartenden aktiven Einsatzes, Ergänzungswaffen zu konventionellen Systemen. Dennoch erscheint es vernünftig anzunehmen, dass Lasersysteme nicht auf ein Szenario beschränkt bleiben, sondern gerade ihr erfolgreicher Einsatz gegen z.B. ballistische Raketen den Wunsch nach einer Ausweitung des Einsatzspektrums nach sich ziehen wird; allerdings wohl nicht in dem sofortigen Maße, wie es dem Wunschdenken mancher Befürworter entspricht.

Inwiefern Laser tatsächlich das Versprechen halten können, in Zukunft zu einem strategischen Waffensystem zu reifen, bleibt offen. Zudem erscheint die kritische Auseinandersetzung mit den strategischen, politischen und völkerrechtlichen Implikationen nur rudimentär entwickelt. Auch wenn nicht erwartet werden kann, dass DEW in Kürze umfassend einsatzbereit sein werden, erscheint eine frühzeitige Auseinandersetzung mit dem Thema jedoch wünschenswert. Denn eines darf als relativ sicher angenommen werden: Überlegene, funktionierende Waffensysteme werden nur unter größten Schwierigkeiten aus den Arsenalen des Militärs verschwinden, wenn erst im nachhinein ethisch-moralische oder einsatz-doktrinäre Bedenken auftreten.

Ähnlich wie der Einsatz von Millimeterwellen, birgt die Möglichkeit Laserstrahlen abgestuft einsetzen zu können, sowohl Vor- als auch Nachteile. Militärische Entscheidungsträger argumentieren, dass mit dem Einsatz von DEW mehr Optionen an die Hand gegeben werden. Euphemistisch sprechen Militärs von der Möglichkeit, ‚From Toast to Roast‘ alle Stufen auf der Eskalationsleiter durchführen zu können. Aber gerade die Fähigkeit, den Einsatz von Energiewaffen auf das jeweilige Bedrohungsspektrum abzustellen, führt auch zu Kritik. Denn mit der Kapazität nicht-letale Mittel einzusetzen, die „nur“ vertreibend oder abschreckend wirken, steigt potentiell auch die Verlockung, diese Waffen tatsächlich zu benutzen. Die militär-technische Dominanz birgt den Reiz, im Sinne eigener Politik – der fast immer die moralische Überlegenheit attestiert wird – aktiv zu werden und eigene Ziele durchzusetzen. Im internationalen System kann es somit zu geopolitischen Verschiebungen kommen, die sich aus technologischen Fähigkeiten ergeben. Dies gilt umso mehr, als auch die Kosten pro Schuss, neben Reichweite und Angriffsgeschwindigkeit, als effektiv empfunden werden.³⁹ Zudem können mehr Schüsse pro Einsatz abgegeben werden, was

³⁹ Als ‚Deep Magazine‘ wird die erhöhte Menge an abfeuerbaren Schüssen bezeichnet, die entsprechend die Effektivität steigert als auch die Kosten pro Schuss verringert. Bei den Kosten sind jedoch nicht die Anschaffungskosten mit eingerechnet, die bei Lasersystemen momentan deutlich höher sind als bei traditionellen Systemen. Zudem sind die logistischen Herausforderungen nicht zu unterschätzen, zum Teil hoch-toxische Chemikalien unter Gefechtsbedingungen zu handhaben. Für gegenwärtig bestehende Systeme gilt das Argument der Kosteneffizienz daher nicht.

die Wirksamkeit als auch die kalkulatorische Effizienz erhöht. Diese Annahme machen Befürworter der Programme für die meisten DEW-Systeme geltend.

Das Potenzial, gezielt Personen anvisieren und vertreiben zu können, ruft auf der anderen Seite die Befürchtung hervor, dass das Militär z.B. ADT als repressives Kontrollmittel der zivilen Bevölkerung einsetzen könnte. Die Hemmschwelle, unliebsame und nicht opportune (politische) Versammlungen mittels nicht-letaler, kaum nachweisbarer Strahlen gezielt aufzulösen, könnte durch die erweiterten technischen Möglichkeiten sinken. Das Militär würde auf der Eskalationsskala Handlungsspielraum dazugewinnen, ohne auf der politischen Stufenleiter notwendigerweise relationale Verluste hinnehmen zu müssen. Dies umso mehr, als gerichtete Energiewellen insbesondere auch gegen Einzelpersonen eingesetzt werden können. Das gezielte Bestrahlen von ‚Delinquenten‘ in der Masse würde sicherlich neue Maßstäbe im Umgang mit Demonstranten setzen.

Gleichzeitig ergeben sich aus den neuen Waffentechnologien auch neue, rechtliche Konsequenzen, die bei der Darstellung der technischen Hintergründe zumeist zu kurz kommen. Millimeterwellen-Technologie im Besonderen und der Einsatz von DEW im Allgemeinen führt zwangsläufig zu der Frage, unter welchen Einsatzbedingungen das Militär Energiewaffen gegen Zivilisten einsetzen darf. Der Hinweis, dass ein Einsatz schließlich zu keinen dauerhaften Schäden führt, greift als *Rules of Engagement* eindeutig zu kurz, um DEW als legitimes Machtmittel zu billigen. Dass internationale Kriegsrecht bietet hier nur Ansatzpunkte, ohne befriedigende Antworten zu liefern. Solange DEW lediglich als Ergänzungswaffen zu konventionellen Systemen angesehen werden, bleibt diese Frage auf der Agenda jedoch wohl nachgeordnet. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass – einmal verfügbar – der Einsatz von ADT wahrscheinlich wird. Zusätzlich stellt David Fiddler, Rechtsprofessor aus Indiana, die Frage, welche ethisch-moralischen Konsequenzen die erfolgreiche Verbreitung von DEW im Arsenal der Streitkräfte hätte. Denn schließlich ist es schwierig zu rechtfertigen, warum man einen Gegner tötet, wenn man doch die Möglichkeit hat, ihn lediglich außer Gefecht zu setzen.⁴⁰ Die Debatte um Präzisionswaffen und Kollateralschäden liefert auch hier nur erste Ansatzpunkte.

Darüber hinaus gibt es keine verlässlichen Daten, welche Kollateralschäden durch z.B. Streuung, Reflexion oder fehlgeleitete Strahlen auftreten können. Augenschäden und Hautverbrennungen sind die am häufigsten aufgeführten Folgen. Allerdings muss beachtet werden, dass sich die potenziellen Kollateralschäden nicht auf die unmittelbare Nähe des Zielgebiets beschränken müssen, da sich Laserstrahlen nahezu in Echtzeit auch über große Entfernungen ausbreiten können. Für den Einsatz von Mikrowellen bzw. energetischen Waffen allgemein gilt zudem, dass ihr Einsatz in unmittelbarer Nähe eigener Ausrüstung eventuell mehr Schaden als Nutzen anrichtet. Gerade die USA sind zunehmend von elektronischem Equipment abhängig. Die Einführung von Energiewaffen, die sich explizit gegen Elektronik richten, kann gegebenenfalls zu einer nicht beabsichtigten Verschiebung führen, die der gegenwärtigen Asymmetrie der Ausrüstung nicht gerecht wird. Zudem sind die Kosten für Entwicklung und Anschaffung von DEW-Systemen immens und stehen bisher noch in keinem Verhältnis zu den erzielten Resultaten. Ob die hohen Investitionen sich schließlich auszahlen, kann gegenwärtig noch nicht abschließend bewertet werden. Generell bleibt die Frage dennoch bestehen, ob konventionelle Mittel viele geplante Einsatzarten nicht kostengünstiger und mindestens ebenso wirksam erledigen könnten. Trotz aller militärischen Verheißungen bleibt das Einsatzspektrum von DEW begrenzt, und auch Gegenmaßnahmen sind durchaus denkbar.

Energiewaffen, in welchem physikalischen Spektrum auch immer angesiedelt, werden in Zukunft das Arsenal der Streitkräfte bereichern, auch wenn technologische und politische

⁴⁰ The Economist, a.a.O., S. 68-69.

Schwierigkeiten einen raschen und umfassenden Einsatz wenig wahrscheinlich erscheinen lassen. „Military officials have noted that for all their promise, directed-energy weapons development has been slowed by technical and policy impediments.“⁴¹ Eine Debatte ihres Einsatzes erscheint trotz der Verzögerungen jedoch mehr als gerechtfertigt, geht es in der sicherheitspolitischen Diskussion doch vielmehr um das ‚Wann‘, weniger um ein ‚Ob‘ ihrer Verwendung. *Direct Energy Weapons*, die zum Teil ihren Ursprung in Raketenabwehrprogrammen haben, werden ein erweitertes Einsatzspektrum erfahren. Durch militär-technologische Diffusion und taktische Umwendungen werden diese Systeme Einzug in verschiedene Einsatzgebiete erlangen. Zwar kann durchaus angenommen werden, dass DEW auch ohne Reagans Security Defense Initiative den Weg auf das Gefechtsfeld gefunden hätten. Allerdings stellen die Pläne zur Abwehr ballistischer Raketen einen wichtigen Faktor bei der Entwicklung dieser neuartigen Waffensysteme dar.

Erst der Geist einer unbegrenzten Forschungskultur und auch die Möglichkeit, unkonventionelle Ansätze auf traditionelle Herangehensweisen aufzusetzen ermöglichte es dem Militär, DEW mit größeren Anstrengungen voranzutreiben, als dies ohne die beinahe aussichtslos erscheinende Idee des Abfangens von Raketen hätte geschehen können. Zuletzt haben der Krieg im Irak und die zunehmenden asymmetrischen Bedrohungen im Kampf gegen den Terror zudem eindrucksvoll unterstrichen, wie schnell und an welche Grenzen eine ausschließlich konventionell und konservativ aufgestellte Armee stößt. Die aktuelle *Quadrennial Defense Review* des Pentagons fordert daher nicht nur den weitergehenden Umbau der US-Streitkräfte, sondern auch den verstärkten Einsatz von Sondereinheiten.⁴² Es erscheint daher logisch anzunehmen, dass auch in Zukunft vormals als ‚exotisch‘ aufgefasste Mittel und Strategien zum Einsatz kommen. Die Räumung von Minen in Afghanistan mit Lasern gibt einen ersten Hinweis auf mögliche Einsatzfelder von DEW. In städtischen Szenarien birgt die Möglichkeit, gezielt Aufmärsche ohne den Gebrauch von Schusswaffen aufzulösen, für Sicherheitskräfte einen hohen Reiz. Gerade die gegenwärtige Situation im Irak und die anhaltende Bedrohung durch asymmetrische Gefahren lässt den Wunsch nach alternativen militärischen Mitteln eher größer denn geringer erscheinen. Darüber hinaus sind die Geschehnisse in Israel und dem Libanon, die Raketentests Nordkoreas und die aggressive Rhetorik Irans nicht nur Wasser auf die Mühlen von Befürwortern einer Raketenabwehr insgesamt, sondern insbesondere auch bei der forcierten Entwicklung alternativer Abfangmöglichkeiten. Allerdings werden gerade auch hier die Grenzen der Technik überaus deutlich. Nach 10 Jahren Entwicklungszeit und Kosten in Höhe von gut 300 Millionen US-Dollar wurde die weitere Entwicklung des *Tactical High Energy Lasers* (THEL), einer Kooperation zwischen Israel und den USA, eingestellt. Mit dem THEL sollten Katjuscha-Raketen, aber auch z.B. Artilleriegeschosse abgefangen werden. Ungelöste technische Probleme, wie z.B. giftige Chemikalien oder die Größe der Anlage, führten jedoch zu einer kompletten Revision des Projekts. Der anschließende Programmstopp zeigt, dass trotz der weiterhin bestehenden Bedrohung durch Katjuscha-Raketen – und daraus resultierend der sicherlich große Wunsch nach wirksamen Abfangmöglichkeiten – die technischen Möglichkeiten nicht mit den sicherheits- und militärpolitischen Ansprüchen Schritt halten konnten. Diese wurden dementsprechend deutlich heruntergeschraubt: Die abgespeckte Variante des THEL, nunmehr *Skyguard* genannt, soll mit einem wesentlich verringerten Einsatzradius nun nur noch Punktziele verteidigen. Das Beispiel des THEL, aber auch die Probleme mit dem ABL zeigen, dass *Direct Energy Weapons* keineswegs kurz vor der tatsächlichen Einsatzreife stehen, sondern die zu meisternden technologischen als auch

⁴¹ Janes Defense Weekly, 3. Mai 2006, S. 7.

⁴² Vgl. dazu Jan Helmig, Quadrennial Defense Review Report - Ein Überblick über das amerikanische Strategiepapier und seine Bedeutung für die US-Raketenabwehr, Raketenabwehrforschung International, Bulletin No. 54 (Frühjahr 2006), Frankfurt am Main, 2006.

finanziellen Hürden noch immer hoch sind. Allein die Anzahl der gegenwärtig verfolgten Programm und die bereits investierten Finanzmittel lassen jedoch den Schluss zu, dass der Trend eindeutig in Richtung DEW weist.