

# SWP-Studie

Stiftung Wissenschaft und Politik  
Deutsches Institut für Internationale  
Politik und Sicherheit

*Sascha Lange*

## Flugroboter statt bemannter Militärflugzeuge?

S 29  
Juli 2003  
Berlin

**Alle Rechte vorbehalten.**

Abdruck oder vergleichbare  
Verwendung von Arbeiten  
der Stiftung Wissenschaft  
und Politik ist auch in Aus-  
zügen nur mit vorheriger  
schriftlicher Genehmigung  
gestattet.

© Stiftung Wissenschaft und  
Politik, 2003

**SWP**

Stiftung Wissenschaft und  
Politik  
Deutsches Institut für  
Internationale Politik und  
Sicherheit

Ludwigkirchplatz 3-4  
10719 Berlin  
Telefon +49 30 880 07-0  
Fax +49 30 880 07-100  
[www.swp-berlin.org](http://www.swp-berlin.org)  
[swp@swp-berlin.org](mailto:swp@swp-berlin.org)

ISSN 1611-6372

# Inhalt

<b>Problemstellung und Empfehlungen</b>	5
<b>Die neuen Flugroboter</b>	7
<b>Das Spektrum heutiger UAV</b>	9
HALE (High Altitude Long Endurance)	10
MALE (Medium Altitude Long Endurance)	10
TUAV (Tactical Unmanned Aerial Vehicles)	11
MUAV (Mini Unmanned Aerial Vehicles)	11
<b>Vorteile unbemannter Systeme</b>	12
Verweildauer	13
Kosteneinsparungen	13
Risikoverminderung	14
Einsatzbereitschaft	15
Größenvorteile	15
Psychologische Wirkungen	15
Manövrierfähigkeit	15
<b>Offene Fragen</b>	16
Steuerung	16
Integration in den Luftraumbetrieb	16
Betriebssicherheit	17
<b>Entwicklungstendenzen</b>	18
Historischer Hintergrund	18
Technischer Entwicklungsprozeß	18
Trägerplattform	19
Nutzlasten	20
Neue Einsatzkonzepte in den USA	20
UAV als Konkurrenz für Hubschrauber	22
Ein optimales UAV	22
<b>Unbemannte Flugzeuge der Bundeswehr</b>	24
Einsatzszenarien	26
Szenario 1: <i>Peacekeeping</i>	26
Szenario 2: <i>Robuste Militäreinsätze</i>	27
<b>Fazit</b>	29
<b>Tabelle: Ausgewählte Plattformen im Vergleich</b>	30
<b>Abkürzungen</b>	31



### **Flugroboter statt bemannter Militärflugzeuge?**

Unbemannte Flugroboter, sogenannte *Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*, gewinnen seit einiger Zeit die Aufmerksamkeit der Medien, sei es durch ihre Kampfeinsätze über Afghanistan und im Jemen, wo sie im November 2002 den mutmaßlichen Al-Qaida-Terroristen Ali Kaid Sinian Harithi sowie fünf seiner Begleiter töteten, oder durch ihre Aufklärungs- und Kampfeinsätze über dem Kosovo oder dem Irak. Auch die Bundeswehr verfügt über kleinere unbemannte Aufklärungssysteme, von denen einige auf Bitten der Vereinten Nationen in den Irak entsendet werden sollten, um die UNMOVIC-Mission zu unterstützen. Für das zweite Quartal 2003 waren für die Bundeswehr darüber hinaus Demonstrationsflüge mit einem unbemannten US-Flugroboter von der Größe eines kleinen Passagierflugzeugs (B-737) geplant, mit dem sich die Aufklärungsfähigkeiten der deutschen Streitkräfte erheblich verbessern ließen. Diese UAV-Plattformen sind nun allerdings über dem Nahen Osten im Einsatz.

Die Beispiele zeigen, daß UAV-Systeme eine wachsende Vielfalt von Einsatzmöglichkeiten bieten, mit denen sie bemannte Flugzeuge ergänzen, wenn nicht gar ersetzen könnten. Sie würden es beispielsweise erlauben, auch in extrem gefährlichen Situationen Aufklärungs- und Kampfeinsätze durchzuführen, ohne das Leben von Besatzungen aufs Spiel zu setzen. Zusätzlich sind sie weniger verwundbar, da sie aufgrund ihrer generell geringeren Größe schlechter zu orten und zu bekämpfen sind als ihre bemannten Alternativen. Auch Einsätze, die für eine Besatzung sehr ermüdend sind, könnten von diesen Systemen zunehmend effektiver bewerkstelligt werden. Außerdem bietet ihr enormes Potential die Möglichkeit, Aufklärungssatelliten wirkungsvoll zu ergänzen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß die USA im Haushaltsjahr 2003 mehr als 1,1 Milliarde Euro in diese Systeme investieren.

Neben ihren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und den damit verbundenen Vorteilen gegenüber bemannten Systemen sind UAV in Anschaffung und Betrieb erheblich kostengünstiger als bemannte Plattformen. Dies ist insbesondere für die unter erheblichem Budgetdruck stehenden deutschen Streitkräfte ein zunehmend wichtiger Aspekt. Diese Studie wird daher nicht nur generell über das Für und Wider des Einsatzes von UAV informieren, sondern auch skizzieren,

wie mit Hilfe von UAV einige der militärischen Fähigkeitenlücken der Bundeswehr beziehungsweise der europäischen Streitkräfte kostengünstig geschlossen oder verringert und vorhandene Fähigkeiten militärisch effektiver und gleichzeitig effizienter gestaltet werden können.

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, daß im Rahmen der besonders kapitalintensiven Luftstreitkräfte Unmanned Aerial Vehicles in naher Zukunft die heute meist noch mit teurem Gerät und kostenintensiver Besatzung durchgeführten Aufklärungs-, Überwachungs- und elektronischen Kampfmissionen komplett übernehmen könnten. Mittelfristig kommen vor allem Einsätze zur Bekämpfung der gegnerischen Luftverteidigung und die Luftnahunterstützung als Aufgaben neuer UAV in Frage. Langfristig ist angesichts des gegenwärtigen Entwicklungstempos eine weitgehende Ablösung bemannter Systeme denkbar. Nur in speziellen Nutzungsbereichen, wie etwa der luftgestützten Bergung/Befreiung, wird der Einsatz von Menschen noch lange unverzichtbar bleiben.

Die stufenweise Einführung derartiger unbemannter Systeme würde den Personal- und Kostenaufwand der Bundeswehr reduzieren und Ressourcen für weitere Investitionen freisetzen. Mit der umfassenden Einführung von UAV in den Streitkräften würde ein wesentlicher Eckpfeiler für den Aufbau eines modernen, multinationalen Aufklärungs- und Kampfverbundes geschaffen. Ihre Vorteile – zum Beispiel hohe Einsatzflexibilität und Stehzeit im Einsatzgebiet – ließen sich in einer elektronisch vernetzten Kriegführung zusätzlich weiter ausbauen, da diese Systeme aufgrund ihrer immanenten Datenverbindungen hierfür geradezu prädestiniert sind.

Vor diesem Hintergrund werden folgende konkrete Maßnahmen empfohlen:

- ▶ Die Bundeswehr sollte mittel- bis langfristig weitere taktische UAV und neue hochfliegende UAV-Systeme mit langer Stehzeit in substantiellem Umfang beschaffen. Dadurch würden die Streitkräfte weitreichende zusätzliche Handlungsoptionen gewinnen. Langfristig können bemannte Kampfflugzeuge wie der betriebskostenintensive TORNADO zugunsten von UAV reduziert beziehungsweise ersetzt werden.
- ▶ Um die Möglichkeiten im Vorfeld größerer Beschaffungen umfassend auszuloten, sollte eine eingehende Einsatzzerprobung von zunächst wenigen modernen UAV-Systemen (drei bis fünf EAGLE II/PREDATOR B-ER/HERON TP) erfolgen. Dies würde wertvolle Erfahrungen liefern, die sich bei der an-

schließenden genauen Erstellung des Lastenheftes beziehungsweise der Ausschreibung der Beschaffung eines neuen Systems als nützlich erweisen dürften. Auch eine Beteiligung an schon weiter fortgeschrittenen US-Programmen, wie schon bei dem bemannten Experimentalflugzeugprogramm X-31 der Fall, dürfte zu weiteren Einsparungen führen. Kooperationen mit Israel würden speziell bei der Entwicklung von Einsatzkonzepten aufgrund des dort bereits vorhandenen praktischen Erfahrungen ebenfalls von Vorteil sein.

- ▶ Um die relativen Beschaffungs- und Betriebskosten durch eine hohe Beschaffungszahl weiter zu senken, aber auch um die international immer wichtigere Interoperabilität sicherzustellen, sollten neue UAV-Systeme multinational evaluiert und im Idealfall auch multinational beschafft und betrieben werden. Mindestens der Betrieb der großen UAV-Systeme sollte sich an dem Organisationsmodell der AWACS-Maschinen der NATO orientieren. Auf dieser multinationalen Basis könnten die Systeme bei Bedarf jederzeit europaweit oder global optimal genutzt werden.

## Die neuen Flugroboter

Die derzeitige außen- und sicherheitspolitische Lage ist von regionalen Krisen mit teilweise globalen Auswirkungen und durch das neuartige Element asymmetrischer Kriegführung geprägt. Der Dritte Golfkrieg untermauert dies ebenso wie schon die Kriege in Serbien und Afghanistan. Die Kriege, an denen die USA beziehungsweise Staaten der westlichen Welt beteiligt waren, sind durch kurze, intensive Kampfphasen und sich daran anschließende friedenserhaltende Missionen charakterisiert, die in der Regel Jahre dauern. Falls Zuspruch und Unterstützung der »befreiten« Bevölkerung nicht vollständig gewonnen werden können, sind die dann eintretenden asymmetrischen Phasen durch eine Guerillakriegführung gekennzeichnet, die bei zunehmender militärischer Überlegenheit der anderen Seite in eine von purer »Verzweiflung« geprägte terroristische Vorgehensweise münden kann.

In beiden Fällen bieten Unmanned Aerial Vehicles (UAV)<sup>1</sup> wesentliche Potentiale zur Steigerung der Schlagkraft luftgestützter Operationen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, worin der besondere Mehrwert von UAV besteht und was diese Systeme so beachtenswert macht.

Durch die hohe Flugeinsatzdauer der großen UAV-Systeme, die schon ohne Luftbetankung über 24 Stunden betragen kann, ergeben sich völlig neue Einsatzmöglichkeiten. Generell sind mit unbemannten Systemen Missionen möglich, die für einen Menschen zu ermüdend oder zu gefährlich wären. Zu denken ist vor allem an lang anhaltende Aufklärungs- und Überwachungsmissionen, da mit UAV-Systemen sozusagen stationäre, luftgestützte Überwachungs»satelliten« zur Verfügung stehen. Werden diese auch noch bewaffnet und über gegnerischem Gebiet positioniert, würde dies einem Gegner schnelle und weiträumig angelegte Bewegungen in vielen Fällen erheblich erschweren. Auch in der unmittelbaren luftgebundenen Feuerunterstützung eigener Bodentruppen liegen erhebliche Potentiale.

<sup>1</sup> Unbemannte Luftfahrzeuge; im Rahmen dieser Arbeit werden die Begriffe UAV, (fliegende) Drohne, (Flug-) Roboter oder unbemanntes Flugzeug synonym verwendet.

Die heute vorhandenen UAV-Systeme werden hauptsächlich zur Aufklärung und Überwachung eingesetzt. Gegenwärtig werden einige Drohnen-Systeme mit Bewaffnungen von zunächst noch relativ geringem Umfang ausgerüstet. Aufgrund der hohen Effektivität der unbemannten Flugsysteme wird die Ausrüstung künftig jedoch wesentlich schlagkräftigere Waffenanordnungen umfassen.

Da sich das beträchtliche Leistungspotential bereits klar abzeichnet, dürften UAV bemannte Plattformen und damit den Menschen aus den Kampfzonen mehr und mehr verdrängen. Damit wird durch den Einsatz dieser unbemannten Systeme die Kampfführung so transformiert, daß die Streitkräfte bei geringerem Risiko personeller Verluste eine höhere Durchsetzungskraft gewinnen. Da diese Systeme aufgrund ihrer hohen Stehzeit einen Gegner dauerhaft unter Bedrohung halten können, wird dies die bereits heute vorhandenen massiven Tendenzen zur asymmetrischen Kriegführung weiter verstärken.

Doch neben ihrer einsatztaktischen Vielseitigkeit bieten die UAV-Systeme auch ein beachtliches Potential, um Kosten bei den Streitkräften zu senken. Die aktuelle Haushaltslage Deutschlands erzwingt unter anderem eine eingehende Neubewertung der Einsparmöglichkeiten. Einen wesentlichen Posten stellt mit 24,4 Milliarden Euro und einem Anteil von 9,8 Prozent an den Gesamtausgaben der Verteidigungshaushalt dar. Eine wichtige Fragestellung ergibt sich somit von selbst: Welche Möglichkeiten bieten sich der Bundeswehr, bei Betriebskosten und Rüstungsvorhaben Finanzmittel zur Durchführung der dringend notwendigen Strukturreform freizusetzen? Diese Studie wird neben dem allgemeinen Für und Wider des Einsatzes von UAV insofern auch die mit ihnen verknüpften Einsparpotentiale behandeln.

Welche UAV-Systeme zu welchem Zweck in welchen Stückzahlen schon vorhanden sind beziehungsweise beschafft werden sollten, wird nachfolgend näher betrachtet. Konkrete Aussagen über das benötigte Gerät sind allerdings in erster Linie davon abhängig, für welches Aufgabenspektrum die Bundeswehr vor dem Hintergrund der politischen Zielsetzung ausgelegt wird. Daraus wiederum ergibt sich, über welche Fähigkeiten sie im Verbund mit den Streitkräften

anderer Nationen verfügen sollte und welche Beschaffungsvorhaben einzuleiten sind. Da eine solche Analyse nicht Gegenstand dieser Arbeit sein kann, werden am Ende zwei diametral entgegengesetzte Forderungen näher betrachtet, um einen Rahmen abzubilden, in dem sich eine künftige UAV-Systemstruktur der Bundeswehr im europäischen Kontext bewegen sollte.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß unbemannte Systeme aufgrund ihrer umfangreichen und kostengünstigen Leistungspotentiale in der künftigen Kriegführung an Bedeutung gewinnen werden. Gleichzeitig dürften diese Roboter-Systeme durch zunehmende Automatisierung und Anonymisierung das Kriegsbild immer mehr in Richtung ferngelenkter ziel- und zeitgerechter Zerstörung (Destruction on Demand) verändern. Dabei bleibt aufgrund der hochkomplexen Gemengelage abzuwarten, ob die auch in diesem Bereich weiter steigende technologische Überlegenheit der amerikanischen beziehungsweise westlichen Militärmaschinerien als Element der Abschreckung dient und so eventuell zur Konfliktvermeidung beiträgt oder die potentiellen Gegner geradezu in asymmetrischen Terrorismus treibt.



## Das Spektrum heutiger UAV

Das UAV wird hier als unbemanntes (Flug-) Gerät definiert, das auf Wiederverwendbarkeit angelegt ist und autonom oder von einem Menschen ferngesteuert<sup>2</sup> verschiedene Missionen durchführen kann. Fälschlicherweise als Kampfdrohnen bezeichnete Systeme wie etwa HARPY oder TAIFUN sind keine UAV. Für das System TAIFUN wurde beispielsweise die Bezeichnung Drohne eingeführt, da die Zelle des Fluggerätes auf der wiederverwendbaren Aufklärungsdrohne KZO<sup>3</sup> basiert. Alle mit einem Sprengkopf ausgestatteten Systeme sind jedoch mehr oder minder gelenkte (smarte) Munition und mithin nicht wiederverwendbar. Die in der Seekriegführung genutzten modernen Torpedos gehören, sofern sie mit einem Sprengkopf ausgestattet sind, ebenfalls zu dieser Kategorie.

UAV-Systeme bestehen heutzutage aus drei Hauptkomponenten: Kontrollstation, Kommunikationsinfrastruktur und mehrfach verwendbare Trägerplattform (UAV/unbemanntes Flugzeug/Drohne) für diverse Effektoren wie Sensoren oder Waffen. Dabei werden meist mehrere unbemannte Flugzeuge von einer Kontrollstation aus geführt. Sowohl beim PREDATOR-System der US-Luftwaffe als auch beim SHADOW-200-System des US-Heeres werden jeder Kontrollstation organisatorisch jeweils vier Maschinen zugeordnet.

Generell befinden sich alle Komponenten der Systemrichtung UAV noch immer im Entwicklungsstadium. Hersteller und Nutzer sind noch auf der Suche nach optimalen Designauslegungen, Anwendungsgebieten und Einsatzstrategien. Der Umstand, daß die unter Federführung der DARPA<sup>4</sup> in den USA am OAV-Programm<sup>5</sup> beteiligten Unternehmen das gleiche Design in mehreren Größen testen werden, belegt dies sehr deutlich.<sup>6</sup> Das französische Verteidigungs-

ministerium hat sogar Studenten in aller Welt dazu aufgefordert, ihre Ideen in einem Wettbewerb zum Design von Mini-Drohnen einzubringen, und somit seine eigene Konzeptlosigkeit auf diesem Gebiet offengelegt.<sup>7</sup> In den USA wimmelt es seit Jahren geradezu von Experimental-Prototypen, von der X-36 über die X-45A und X-47 bis zur X-50A. Auch die NASA hat im Rahmen ihres ERAST-Programms<sup>8</sup> mehrere Prototypen getestet. Dabei wird eine enorme Spannweite verschiedener Technologieträger genutzt, die vom solargetriebenen HELIOS bis zum mit dem PREDATOR verwandten ALTUS reicht.<sup>9</sup>

Auch die operative Nutzung befindet sich noch in der Entwicklung, wie die fortdauernden Tests der US-Luftwaffe zeigen. Bis jetzt sind UAV aufgrund der noch relativ geringen Stückzahlen nur vereinzelt und meist allein eingesetzt worden. Kooperative Einsatzkonzepte, in denen mehrere UAV »selbstabstimmend« in enger Formation fliegen, befinden sich erst in der frühen Erprobung. Doch sollte die Tatsache des umfangreichen Experimentierens an Gerät und Einsatzkonzepten nicht dahingehend fehlinterpretiert werden, daß effektive UAV-Operationen noch nicht möglich wären. Testläufe von Waffensystemen im Rahmen von Gefechtssimulationen nehmen in den USA einen immer größeren Raum ein. Die Erkenntnisse fließen in den fortlaufenden Umbau der Streitkräfte ein. Gerade der Umstand, daß die Entwicklungs- und Experimentalaktivitäten derart intensiv sind, zeigt das gewichtige Potential dieser Systeme.

Zur Klassifizierung werden in der Regel die Begriffe Reichweite und Ausdauer herangezogen. Da die verschiedenen UAV früher generell auf eine Echtzeitdatenübermittlung für Steuer- und Effektorbefehle über direkten Funk angewiesen waren, ist heute mit der Reichweite der UAV-Systeme weiterhin nur die tatsächliche Reichweite der sichtliniengebundenen

2 Der englischsprachige Fachbegriff hierfür ist »Man in the Loop«.

3 KZO steht für Kleinfluggerät-Zielortung.

4 Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), US-Agentur für fortgeschrittene Verteidigungsforschungsprojekte.

5 Organic Air Vehicle (OAV), ein Programm, das auf die Entwicklung eines kleinen, eng kooperierenden Luftfahrzeugs ausgerichtet ist.

6 Graham Warwick, Growing up, in: Flight International

Supplement, 30.1.2001, S. 15-16.

7 John Brosky, France Invites Students to Develop Mini Drones, in: Defense News, 22.7.2002, S. 34.

8 Environmental Research Aircraft and Sensor Technology (ERAST) = Umweltforschungs-Flugzeug- und Sensor-Technologie.

9 Guy Norris, Satellite Surrogates, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 25.

Datenübertragungsstrecke gemeint. Folglich wird der Begriff Ausdauer (*endurance*) dazu genutzt, die zeitliche Reichweite zu beschreiben, also die Verweildauer der UAV am Einsatzort beziehungsweise im Fluge. Trotz der Tatsache, daß bei moderneren UAV-Systemen inzwischen die Datenübertragung mittels Relaisfahrzeug/-station oder Satellit Einzug gehalten hat, bleiben diese Begriffsdefinitionen weiterhin bestimmend.

### **HALE (High Altitude Long Endurance)**

Als HALE-UAV werden besonders hoch fliegende und ausdauernde Drohnen bezeichnet. Dabei bedeutet ›besonders hoch‹ eine Einsatzhöhe von über 15 000 Metern (50 000 ft). Als ›besonders ausdauernd‹ werden Operationszeiten von mehr als 24 Stunden bezeichnet. HALE-UAV bieten den systemimmanenten Vorteil des energetisch günstigen Operationsstandortes, da sie ihre Effektoren und Sensoren immer von oben, mit großer Übersicht einsetzen können. Einem potentiellen Gegner muß es erst einmal gelingen, in diese Höhenbereiche vorzudringen, um einen erfolgreichen Abschluß zu erzielen. In Anbetracht der hohen Kosten ausreichend leistungsfähiger Luftabwehrsysteme (PATRIOT, S-300, S-400) sind nur wenige Staaten in der Lage, ihren Luftraum bis in diese Höhen zu sichern. HALE-UAV können so bis zu einem gewissen Grad Satelliten ersetzen, mindestens jedoch entscheidend ergänzen. Der Einsatz eines HALE-UAV verspricht insofern deutlich größeren Gewinn als der bloße Ersatz bemannter Maschinen.

Momentan gibt es weltweit lediglich zwei aus den USA stammende Muster, die militärisch relevante Nutzlasten tragen können und in diese Königsklasse fallen. Es sind dies die 3 t wiegende PREDATOR (B) von General Atomics und die GLOBAL HAWK von Northrop Grumman, die mit einem maximalen Startgewicht von über 11,5 t sogar deutlich schwerer ist als manches bemannte Flugzeug.

Die B-Version der PREDATOR ist eine größere Ausführung der A-Version mit in jeder Hinsicht deutlich verbesserten Leistungsdaten. Eine nochmals verbesserte Variante, die PREDATOR (B-ER) ist bereits in Vorbereitung. Die nun von Northrop Grumman vertriebene GLOBAL HAWK wurde Ende der neunziger Jahre von Teledyne/Ryan entwickelt. Seitdem das Unternehmen 1999 von Northrop Grumman aufgekauft wurde, firmiert die größte Drohne des Konzerns als Northrop Grumman's GLOBAL HAWK.

Die auf einer europäisch-israelischen Kooperation aufbauende EAGLE II verfehlt diese Kategorie aufgrund nicht ganz ausreichender Gipfelhöhe und Ausdauer nur knapp. Dafür vermag dieses Modell eine relativ hohe Nutzlast zu tragen (siehe Tabelle, S. 30).

### **MALE (Medium Altitude Long Endurance)**

Als mittlere Höhen gelten die Flugbereiche zwischen 5000 und 15 000 Metern (16 000–50 000 ft). Die Ausdauer in der Luft liegt bei mindestens 24 Stunden. Die verschiedenen MALE-UAV-Typen haben ein maximales Startgewicht von etwa 0,5 bis 2,5 t mit Nutzlasten zwischen 150 und 400 kg. Neben den USA ist Israel ein umtriebiger Entwickler dieser Systeme. Momentan werden gleich drei aus israelischer Produktion stammende MALE-UAV-Typen auf dem internationalen Markt angeboten. Die europäische EADS hat eines dieser israelischen Modelle als Basis für das MALE-UAV-System EAGLE genutzt. Es wird von der französischen Luftwaffe beschafft, während die EADS bereits an leistungsgesteigerten Varianten wie der oben erwähnten EAGLE II arbeitet. In Schweden werden umfangreiche Überlegungen über eine Einbindung von UAV-Systemen in eine vernetzte Systemarchitektur angestellt, bestehend aus verschiedenen Sensoren, Gefechtsständen und Waffensystemen, in deren Rahmen auch EAGLE-Drohnen getestet wurden. Die populärste Vertreterin dieser UAV-Kategorie ist zweifellos die US-amerikanische PREDATOR (A). Sie wurde in erster Linie durch die Berichterstattung über den Einsatz in Afghanistan bekannt.

Die Hauptaufgabe aller dieser Muster ist zur Zeit die taktische Aufklärung wichtiger Ziele, die den Einsatz wertvoller Offensivkapazitäten wie Kampfflugzeuge rechtfertigen. Die US-Luftwaffe sucht mit der PREDATOR Ziele und gibt die ermittelten Daten an Kommandoposten, Kampfflugzeuge oder Bodentruppen weiter. Gerade die PREDATOR ist in Afghanistan und im Irak aber auch schon vereinzelt mit HELLFIRE-Raketen gegen Bodenziele eingesetzt worden. In diesem Fall wird von Unmanned Combat Aerial Vehicles (UCAV) gesprochen. MALE-UAV benötigen wie die HALE-UAV für Start und Landung kleine Pisten oder Flugplätze und werden bei den amerikanischen Streitkräften unter Führung der Air Force wie bemannte Flugzeuge in Staffeln organisiert.

## TUAV (Tactical Unmanned Aerial Vehicles)

Als taktische UAV-Systeme werden alle UAV bezeichnet, die von den Leistungsparametern hinsichtlich Gipfelhöhe und Ausdauer nicht den HALE- oder MALE-Kategorien zugerechnet werden können, andererseits aber schwerer sind als die unten besprochenen MUAV, deren Gewichtslimit im einstelligen Kilogramm-bereich liegt. So variiert die Spannweite der maximalen Startgewichte der TUAV mit Werten zwischen 20 und 1000 kg denn auch ganz beträchtlich. Die meisten dieser weltweit zahlreich entwickelten und genutzten Systeme haben jedoch ein maximales Startgewicht zwischen 100 und 250 kg und bilden rein numerisch die mit weitem Abstand größte Gruppe innerhalb der UAV-Klassifikation. Dabei gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Konstruktionen. Einige Systeme starten wie normale Flugzeuge, anderen wird mit Katapulten oder Startraketen in die Luft geholfen. Landungen werden bei manchen Systemen am Fallschirm oder mit Fangnetzen durchgeführt. Die Gipfelhöhe der TUAV beträgt zwischen 1000 und 5000 Metern, die Ausdauer reicht generell von einer bis zu sechs Stunden. Die Nutzlasten liegen hier mit Werten von 5 bis 100 kg ebenfalls in einer relativ großen Bandbreite. Die Hauptnutzung dieser Systeme liegt in erster Linie in der Luftnahaufklärung für Bodentruppen. Die Systeme sind allgemein so aufgebaut, daß die gewonnenen Informationen rasch an die entsprechenden Gefechtsstände verteilt werden können. Organisatorisch sind Muster dieser Klasse generell der Armee unterstellt und der Divisions- oder Brigadeebene zugeteilt.

## MUAV (Mini Unmanned Aerial Vehicles)

Die Mini-UAV sind eigentlich nur kleine ferngesteuerte Flugzeuge mit einer Datenverbindung zur Bodenstation. Sie sind nur schwer mit den größeren UAV zu vergleichen, da von den Leistungsparametern her deutliche Abstriche gegenüber den TUAV gemacht werden müssen. Bei Startgewichten von wenigen Kilogramm liegt die Reichweite dieser kleinen Systeme bei unter 10 km, die Ausdauer bei unter einer Stunde und die Gipfelhöhe unterhalb von 250 Metern. Die Bezeichnung UAD (*Unmanned Aerial Device*) wäre insofern treffender, als bei diesen kleinen Systemen nicht mehr von einem Fahrzeug gesprochen werden kann. Ihre fast ausschließliche Verwendung zur Aufklärung auf Kompanieebene wird durch den

Umstand erschwert, daß die entsprechenden Aufklärungssensoren nicht, wie bei den größeren Verwandten, stabilisiert sind und somit lediglich sehr eingeschränkt nutzbare Ergebnisse liefern. Für den Fall, daß Standbilder als ausreichendes Aufklärungsergebnis erachtet werden sollten, gibt es nur wenige Nutzungsnischen, wie etwa für den Einsatz in Spezialeinheiten. Noch kleinere, sogenannte Mikro-UAV (MAV) sind von der US-amerikanischen DARPA bereits getestet, aber nicht weiterentwickelt worden. Die nur 81 g schweren Gefährte wurden buchstäblich als zu leicht befunden, da sie bei den ihnen möglichen Einsatzgeschwindigkeiten von unter 33 km/h sehr rasch vom Wind von ihrem Kurs abgetrieben wurden.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Warwick, Growing up [wie Fn. 6], S. 15–16.

## Vorteile unbemannter Systeme

Die Existenz von UAV ist seit dem Kosovo-Konflikt, spätestens jedoch seit den militärischen Einsätzen in Afghanistan auch in der Öffentlichkeit bekannt. Ihr größter einsatztechnischer Vorteil besteht darin, ferngelenkt oder autonom über relativ lange Zeiträume in einem potentiell gefährlichen Umfeld operieren und so den möglichen Verlust von Menschenleben vermeiden zu können. Dabei sind sie in Beschaffung und Betrieb, verglichen mit bemannten Flugzeugen, auch noch bedeutend kostengünstiger.

Obgleich Drohnen schon in der Vergangenheit öfter zum Einsatz kamen,<sup>11</sup> beginnt man erst jetzt, im Bewußtsein der Errungenschaften der Informationstechnologie, die enormen Potentiale zu erkennen. Drahtlose Datennetze, in denen einzelnes Gerät als funktionale Ressource eingeordnet wird, erzeugen massive synergetische Effekte. Die Lagebilderstellung wird aktueller, lückenloser, die Reaktionszeiten für Angriffe sinken, die Beurteilung von angerichteten Schäden (BDA)<sup>12</sup> wird verbessert, kurzum: Die *Kontrolle* über das Schlachtfeld beginnt zum ersten Mal dem eigentlichen Sinn dieses Begriffs zu entsprechen. Unter solchen Bedingungen ist es nicht länger von entscheidender Bedeutung, Personal vor Ort zu positionieren. Im Idealfall führen Roboter ihre Mission unbeaufsichtigt aus, die bei Bedarf jedoch von Menschen überwacht und korrigiert werden können.

Auch die Bundeswehr beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Entwicklung und Beschaffung von UAV,<sup>13</sup> hat dabei aber eher Einzellösungen im Auge. Ein integrativer Gesamtansatz auf Systemebene ist noch nicht erkennbar. Das gilt erst recht für ein Konzept netzwerkorientierter Kriegführung, in

die UAV sich aufgrund ihrer Datenverbindungen besonders gut einfügen.

Selbst bei chronischer Geldknappheit und Personalnachwuchssorgen muß die Bundeswehr in der Lage sein, die jeweiligen verteidigungspolitischen Richtlinien unter veränderten Bedingungen flexibel und effizient umzusetzen. Damit dies gewährleistet bleibt, sollten auch die angesprochenen Entwicklungsmöglichkeiten einer genaueren Betrachtung unterzogen werden.

Unbemannte Flugzeuge hatten anfangs die gleichen Probleme wie die bemannten Flugzeuge zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Sie waren unzuverlässig und schwer zu bedienen. In den letzten zwei Jahrzehnten wurden, speziell durch massive Förderung in Israel und den USA, die Systeme zusehends ausgereifter. Entsprechend wurde ihr Potential von immer mehr Entscheidungsträgern erkannt.

In der nahen Zukunft sollen die heute noch mit bemannten Systemen durchgeführten Aufklärungs-, Überwachungs- und elektronischen Kampfmissionen komplett von unbemannten Systemen übernommen werden. Mittelfristig kommen vor allem Einsätze zur Bekämpfung der gegnerischen Luftverteidigung und die Luftnahunterstützung von Bodentruppen als Aufgaben neuer UAV in Frage. Angesichts des steigenden Entwicklungstempos sind langfristig der weitgehenden Ablösung der bemannten Systeme kaum Grenzen gesetzt. Nur in speziellen Nutzungsbereichen, wie etwa der luftgestützten Bergung/Befreiung (SAR),<sup>14</sup> werden Piloten noch lange unverzichtbar sein.

Der Einsatz von Menschen als Piloten bemannter Flugzeuge ermöglicht schon lange flexible Operationen. Doch die Heranziehung von Menschen zur Führung bemannter Flugzeuge bringt außer wirtschaftlichen auch einige physiologisch bedingte Begrenzungen mit sich. Wird statt dessen ein unbemanntes Flugzeug genutzt, bieten sich mehrere Vorteile, die im folgenden aufgezeigt werden.

11 Z.B. die im Vietnamkrieg 1965–1973 von den USA eingesetzte AQM-34 Firebee und die seit den achtziger Jahren von den Israelis betriebene Entwicklung von Aufklärungsdrohnen.

12 Bomb Damage Assessment (BDA), Schadensabschätzung nach militärischen Angriffen.

13 Entsprechend werden unbemannte Systeme von den Streitkräften eingesetzt. Die CL-289 bewegt sich mit hoher Unterschallgeschwindigkeit auf einem programmierten Kurs und fertigt konventionelle Fotografien an. Sie kam unter anderem im Kosovo zum Einsatz.

14 SAR steht für Search and Rescue, Suchen und Retten.

## Verweildauer

Trotz möglicher Ruhephasen sind der Ausdauer von Piloten aufgrund von Lärmbelastung und allgemeiner Ermüdung Grenzen gesetzt, die ein UAV ohne weiteres überschreiten kann. Extreme Einsatzzeiten von bis zu 40 Stunden, wie sie etwa bei den aufwendigen B-2-Bombern erreicht werden können, sind – wenn überhaupt – nur im Rahmen deutlicher ergonomischer Verbesserungen für die Besatzung möglich.

Der einsatztechnische Hauptvorteil von UAV, der sie von bemannten Luftfahrzeugen unterscheidet, ist ihre enorme Verweildauer auch ohne Luftbetankung.<sup>15</sup> Große Einsatzgebiete lassen sich somit kontinuierlich überwachen, so daß die Bekämpfung eines unvermittelt auftauchenden Zieles unverzüglich eingeleitet werden kann. Dies ist besonders bei extrem zeitsensitiven Zielen wie mobilen Raketenabschüßrampen von größter Wichtigkeit, da es auf diesem Wege möglich wird, eine Trägerrakete noch vor ihrem Start zu zerstören. Ein potentieller Gegner hat also faktisch kein Hinterland, das als Rückzugsraum oder Aufmarschgebiet dienen kann. Die Front wäre nicht auf die vordere Linie begrenzt.<sup>16</sup>

## Kosteneinsparungen

Durch den Einsatz von UAV-Systemen lassen sich im Vergleich zu dem von bemannten Flugzeugen erhebliche Kosteneinsparungen realisieren, da die aufwendigen Einrichtungen zur Unterbringung des Piloten im Flugzeug ganz oder teilweise wegfallen. Das heißt konkret, daß die nun kleiner auslegbare Druckkabine nur die Avionik aufnehmen muß und der Aufnahme- und Bewegungsraum für die Besatzung entfällt. Daraus ergeben sich geringere Abmessungen und Gewichte des Luftfahrzeugs. Unbemannte Flugzeuge sind also verhältnismäßig kleiner und folglich billiger als ihre bemannten Alternativen. Des weiteren ermöglichen diese kleineren Gefährte eine sparsamere Motorisierung, was ebenfalls die Anschaffungs- und Betriebskosten verringert.

Die Ausbildung von Flugoperatoren kann nach starker Automatisierung (Flugsteuerung durch Weg-

punktbestimmung und automatischen Vorfeldbetrieb plus Start und Landung) sehr kostengünstig mittels Computersimulation erfolgen. Sowohl die amerikanische als auch die israelische Luftwaffe teilen die nur sechs- bis zehnmonatige Operatorausbildung ihrer älteren, weniger autarken UAV in zwei Gruppen auf: Zum einen gibt es sogenanntes externes Personal, das für den Bodenbetrieb plus Start und Landung verantwortlich ist, zum anderen als internes Personal bezeichnete Bediener/Operatoren, die für die Flugdurchführung und den Betrieb der Nutzlasten zuständig sind. Im Falle der Einführung hochautomatisierter Systeme, die einen automatischen Start-, Lande- und Flugbetrieb beherrschen, wird ein voll qualifizierter Pilot gar nicht mehr benötigt.

Bei Neueinführung von UAV in den Luftwaffenbetrieb sollte der Kenntnis- und Ausbildungsstand eines Operators zunächst den eines Fluglotsen nicht gravierend unterschreiten, um einen sicheren Betrieb im heutigen Luftraum zu gewährleisten. Eine theoretische Grundausbildung für den Betrieb von »Stand-alone«-Systemen könnte drastisch unter dem Kosteniveau einer Pilotenausbildung liegen. Zweckmäßigerweise wird der Flugoperator das UAV also nicht ständig fliegen, sondern ähnlich einem Fluglotsen nur bestimmte grundlegende Kommandos, Richtlinien vergleichbar, übermitteln. Dadurch verringern sich die benötigte Datenaustauschmenge (Bandbreite) und die Arbeitsbelastung. Ein Operator wäre so in der Lage, wie ein Fluglotse *mehrere* Luftfahrzeuge/UAV zu führen. Der jeweils optimale Grad an Autonomie des UAV muß dabei in Untersuchungen ermittelt werden.

Im Falle des kombinierten Einsatzes mit bemannten Flugzeugen, die auch den UAV-System-Operator oder Waffensystemoffizier (WSO) unterbringen könnten, wäre eine Fliegerausbildung – da schon vorhanden – ohnehin nicht mehr nötig.

Für Infrastruktur und Wartungspersonal von UAV bestehen die gleichen Anforderungen wie für Einrichtungen und Bodencrews von bemannten Flugzeugen. Allerdings werden weniger Personal und Betriebsmittel gebraucht, da kein permanenter Trainingsflugbetrieb erforderlich ist. Für Krisenzeiten scheint allerdings eine gewisse Fähigkeit zum Personalaufwuchs nötig zu sein, die vom angestrebten Operationstempo abhängig wäre.

Doch nicht nur der Personaleinsatz kann vermindert werden. Das sogenannte Operationstempo von bemannten Flugzeugen ist aufgrund der umfangreichen, ausdauernden weltweiten Patrouillen-Einsätze gegenwärtig recht hoch. Das heißt, daß diese

<sup>15</sup> Die NASA erarbeitet derzeit bereits Konzepte für die automatische Luftbetankung von UAV, wodurch dieser Vorteil noch weiter ausgebaut würde.

<sup>16</sup> David A. Fulghum/Robert Wall, Israel's Future Include Armed, Long-Range UAV, in: Aviation Week, 24.6.2002, S. 83-84.

Maschinen durch umfangreichen Gebrauch schneller altern und dementsprechend häufiger gewartet und früher außer Dienst gestellt werden müssen. Wenn für die Überwachungsflüge in erster Linie UAV genutzt würden, könnte das Operationstempo der bemannten Flugzeuge gesenkt werden, was wiederum Kosteneinsparungen zur Folge hätte.

Die projektierte US-amerikanische Jagdbomber-Drohne X-45 beispielsweise soll überhaupt nicht für Trainingseinsätze genutzt werden. Die Maschinen sollen künftig in lufttransportfähigen Containern bis zu zehn Jahre ohne jegliche Wartung lagerfähig und trotzdem innerhalb von 24 Stunden einsatzbereit sein.<sup>17</sup>

Die potentiell enorme Reichweite und Ausdauer großer UAV bedeuten zudem eine starke Verringerung des logistischen Aufwands und somit der Einsatzkosten, da sich das UAV über große Entfernungen selbst einsetzen kann und keine nach vorn verlegte Nachschubbasis oder Luftbetankung benötigt. Gerade unter dem Gesichtspunkt vermehrter weitreichender Einsätze erhielte die Reduzierung des für lange Strecken bestehenden Logistikbedarfs stark wachsende Bedeutung.

Ein HALE-UAV wird auch wesentliches kräfteverstärkendes Element des künftigen AGS-Systems<sup>18</sup> zur luftgestützten Bodenüberwachung sein können, mit dessen Hilfe die Kosten des Gesamtsystems im Vergleich zu einem bemannten Vollausbau deutlich gesenkt werden können.

Während des Dritten Irak-Krieges wurde die Hälfte der im Kampfgebiet eingesetzten PREDATOR-A-Drohnen über Datenverbindungen von »Piloten« gesteuert, die sich auf Basen in den USA befanden. Auf diese Weise kann die logistische Belastung der Streitkräfte bei Auslandseinsätzen reduziert werden, ist das Know-how der Operatoren kurzfristig global verfügbar.

Die amerikanische DARPA schätzt denn auch, daß die Gesamtbetriebskosten einer Drohnen-Staffel um 75 Prozent (!) unter denen ihrer bemannten Pendanten liegen.<sup>19</sup> Diese Zahl wird durch eine interne Studie des Zentrums für Analysen und Studien der Bundeswehr (ZASBw) gestützt, in der die Lebenswegkosten von UCAV auf 30 Prozent der entsprechenden Werte von Kampfflugzeugen geschätzt werden. Diese größere Effizienz kann zu einer deutlich höheren Durch-

setzungskraft bei gleichem (Finanz-) Aufwand beziehungsweise umgekehrt zu einem erheblichen Sparpotential führen.

Auch für zivile Anwendungen ergeben sich erhebliche Einsparpotentiale. Nach dem von der NASA durchgeführten ERAST-Projekt dürften UAV zivil in erster Linie als atmosphärische Satelliten genutzt werden. Durch die unterstützende Aufklärung zur Lagebilderstellung im Katastrophenfall könnten UAV zur optimierten Bekämpfung von Waldbränden und somit zu substantiellen Verbesserungen im Katastrophenschutz beitragen. Weitere Anwendungsgebiete sind Kartenerstellung, Verkehrsüberwachung und Nutzung als Relais- oder Sendestation.<sup>20</sup> Außerdem wären einfache TUAV auch gut geeignet, um Polizeihubschrauber bei Such- und Überwachungsmissionen (z.B. Verkehrsüberwachung) zu ersetzen. Die Grenzüberwachung könnte mit diesen Systemen ebenfalls erheblich verbessert werden.

## Risikoverminderung

Für den UAV-Einsatz bieten sich insbesondere riskante Operationen in den frühen Phasen eines militärischen Konflikts an, in erster Linie Menschenleben gefährdende Missionen zur Bekämpfung oder Unterdrückung der gegnerischen Flugabwehr.<sup>21</sup>

Außer diesen extrem anspruchsvollen Einsatzarten kommen auch weniger komplexe Missionen wie robuste Aufklärungseinsätze bei Friedensmissionen in Frage. UAV-Systeme werden schon innerhalb der nächsten fünf Jahre die bemannte Aufklärung und Überwachung umfassend ersetzen können. Im Laufe der Zeit werden sie die langfristige Befähigung erlangen, fast das gesamte Spektrum von heute bemannten Operationen abzudecken. Hierzu zählen Aufgaben wie elektronische Kampfführung, Luftnahunterstützung,<sup>22</sup> Gefechtsfeldabriegelung oder Bombardierung strategischer und taktischer Ziele, auch bewaffnete Luftpatrouillen und Transportaufgaben in gefährlichen Kampfgebieten.

<sup>17</sup> Paul Lewis, Risk Reduction, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 17–20.

<sup>18</sup> AGS = Airborne Ground Surveillance.

<sup>19</sup> George C. Wilson, Pilots! Unman Your Airplanes!, in: National Journal, 12.1.2001, S. 3692–3693.

<sup>20</sup> Norris, Satellite Surrogates [wie Fn. 9], S. 25.

<sup>21</sup> Sogenannte SEAD-Missionen (Suppression of Enemy Air Defense).

<sup>22</sup> Close Air Support (CAS) = Luftnahunterstützung.

## Einsatzbereitschaft

Hochqualifizierte Besatzungen benötigen zur Erlangung und Erhaltung ihrer taktischen Fähigkeiten eine jahrelange intensive Ausbildung sowie kontinuierliche Wissensauffrischung und umfangreiche Übungen. Im Gegensatz hierzu kommt die Steuerungssoftware einer modernen Drohne mit einer einmaligen Entwicklung und Programmierung aus. Spezielle neue Taktiken, die in Simulationen und Experimenten als vorteilhaft ermittelt worden sind, können durch kontinuierliche Software-Updates der Systemcomputer einen *simultanen* »Erfahrungsgewinn« sicherstellen. Alle unbemannten Fahrzeuge könnten somit ständig auf dem neuesten Software-Stand der technischen und taktischen Entwicklung gehalten werden, ohne sich wie Piloten wiederholt ins teure und zeitaufwendige Trainingslager begeben zu müssen. Sie wären auf der Basis neuester Erkenntnisse kurzfristig einsatzbereit.

## Größenvorteile

Mit der GLOBAL HAWK existiert bis heute nur ein UAV, daß ein Startgewicht von über 10 t auf die Waage bringen kann. Alle anderen unbemannten Modelle liegen heute in Abmessungen und Startgewicht sehr deutlich unter den Werten eines bemannten Kampfflugzeuges. Dieser Größenunterschied bringt im Einsatz mehrere Vorteile. An erster Stelle sind die relativ geringen Signaturen zu nennen. Die Entdeckbarkeit durch Radar, Optik, Temperatur oder Geräusch ist, im Vergleich mit den bemannten Flugzeugen, deutlich geringer. Falls ein UAV dennoch geortet und bekämpft werden sollte, ist es aufgrund der kleineren Trefferfläche auch schwerer zu zerstören. Entsprechend ist die Verwundbarkeit der unbemannten Systeme generell geringer.

## Psychologische Wirkungen

UAV müssen den Gegner nicht orten oder zerstören, um Einfluß auszuüben. In Warfighting-Experimenten der U.S. Marines gingen die Bodentruppen immer davon aus, daß sie beim Auftauchen einer Drohne auch entdeckt würden. Dadurch sahen sie sich gezwungen, ständig neue Positionen zu beziehen,

was eine Abnutzung der Kampfkraft zur Folge hätte.<sup>23</sup> UAV vermitteln insofern den Eindruck ständiger Präsenz. Dies könnte zwar auch für bemannte Flugzeuge gelten, doch werden diese selten zur ausdauernden Vor-Ort-Überwachung genutzt. Kampfflugzeuge bewegen sich generell schnell über Kampfgebiete hinweg und verlassen sie nach ihrer Mission möglichst rasch wieder. Der logistische Aufwand, der zur Aufenthaltsverlängerung von Kampfflugzeugen getrieben werden muß, etwa durch Luftbetankung, ist immens.

## Manövrierfähigkeit

Beschleunigungen, wie sie bei harten Ausweichmanövern auftreten, stellen für Piloten von Kampfflugzeugen derart starke physiologische Belastungen dar, daß selbst bei der Verwendung von Druckanzügen<sup>24</sup> nur kurzfristig bis zu maximal 9 g Erdbeschleunigung zu verkraften sind. Obwohl viele moderne Luft-Luft-Raketen auch Ziele mit Ausweichmanövern unter höheren Beschleunigungen bekämpfen können, existieren doch viele weitverbreitete ältere Boden-Luft- oder Luft-Luft-Raketen, denen unter extrem hoher g-Belastung erfolgreich ausgewichen werden könnte. UAV eröffnen hier neue systemimmanente Perspektiven der passiven Sicherheit.

<sup>23</sup> William D. Catto, Marines' Dragon Eye, in: Armed Forces Journal International, (2001) 7, S. 52–55.

<sup>24</sup> »G-Suits« ist die Fachbezeichnung für Druckanzüge, die durch das Schließen pneumatischer Manschetten einem Blutdruckabfall im Kopf entgegenwirken und damit den drohenden Bewußtseinsverlust des Piloten verhindern.

# Offene Fragen

## Steuerung

UAV-Systeme lassen sich auf unterschiedliche Weise steuern. Ältere oder einfache Systeme werden ähnlich wie große Modellflugzeuge gehandhabt. Bei der zwar relativ neuen, aber auf Abnutzbarkeit<sup>25</sup> ausgelegten Plattform PREDATOR (A) beispielsweise befindet sich der Pilot oder Operator in einer Kontrollstation und erhält mittels Instrumenten und einer Kamera Fluglageinformationen. Vor dem Hintergrund des sich ergebenden Lagebildes steuert er das unbemannte Flugzeug mit einem Joystick fern. Sein ihm zur Seite stehender Systembediener steuert die an Bord befindliche Sensorik und Bewaffnung. Dabei wird faktisch das Konzept des zweiseitigen bemannten Flugzeuges übernommen, in dem ein Pilot und ein (Waffen-) Systembediener die Besatzung bilden.

Diese Methode hat den Nachteil, daß die Steuerungssignale in ungünstigen Fällen wie etwa bei Steuerung ohne direkte Sichtlinie (*line of sight*) auf dem Wege der Satellitenübertragung mit bis zu einer Sekunde Verzögerung im Fluggerät eintreffen. Aufgrund dieses Zeitverzugs sind die Steuerungssignale in kritischen Flugsituationen und bei Landung auf einer Basis ohne Kontrollstation nur schwer zu beherrschen. Der Umstand, daß dem Operator bei eingeschränkter Sicht auch unmittelbare Sinneseindrücke wie Beschleunigung und Geräuschkulisse entgehen, erschwert diese Art der Flugsteuerung zusätzlich. Folgerichtig sind denn auch von den mehr als 20 PREDATOR (A)-UAV, die bislang zerstört wurden, viele durch Fehlbedienung verlorengegangen. Angesichts eines Stückpreises von über drei Millionen Euro hätte sich die Ausrüstung mit einem (bereits verfügbaren) automatischen Start- und Landesystem schnell amortisiert.

Moderne UAV-Systeme wie etwa die GLOBAL HAWK von Northrop Grumman sind weitgehend autonome Flugzeuge. Sie fliegen selbständig, das heißt, Lagekontrolle, Navigation und Subsystemkontrollen werden vom Bordcomputer durchgeführt. Der Flugzeugoperator verbleibt am Boden und hat im Normal-

betrieb lediglich die »Richtlinienkompetenz«. Er autorisiert die Drohne zur Ausführung von Flugmanövern, definiert die Flugrichtung und steuert die Sensoren und Effektoren. Mittels kombinierter Differential-GPS/INS-Navigation,<sup>26</sup> mit der die Flugzeugposition auf weniger als einen Meter genau ermittelt wird, kann die Maschine unter jeglichen Sichtverhältnissen auf jedem Flugplatz landen, der in ihrer Datenbank gespeichert ist.

Die Datenübermittlung für die Steuerung ist die Achillesferse der UAV-Systeme. Zwar können moderne Drohnen wie die GLOBAL HAWK bei einem Abbruch der Datenverbindung selbständig zum vorgegebenen Stützpunkt zurückkehren, doch einfachere Modelle wie die PREDATOR A würden vom Himmel fallen. Die sichere hochvolumige (breitbandige) Datenübertragung muß durch hocheffiziente Techniken sichergestellt sein. Hier fällt neben der Datenkomprimierung vor allem der Datenverschlüsselung (Kryptologie) neben der Funktechnik eine extrem wichtige Rolle zu. Zukünftig wird besonders die Lasertechnik, da praktisch abhör- und störungssicher, bei der Datenübertragung von sicherheitsempfindlichen Systemen zur Anwendung kommen. Doch auch bemannte Luftfahrzeuge sind bei der zunehmenden Datenvernetzung im Zuge einer netzwerkorientierten Kriegführung von der robusten Datenübermittlung abhängig. Mithin ist die Sicherung der Datenanbindung kein spezielles Problem der unbemannten Flugzeuge.

## Integration in den Luftraumbetrieb

Mittelfristig sind gerade im engen und verkehrsreichen europäischen Luftraum die UAV-Operationen in den allgemeinen Luftraumbetrieb zu integrieren. Für den kombinierten Einsatz mit bemannten Flugzeugen, auch und gerade von deren Flugplätzen oder Basen aus, muß ohnehin eine sichere Koexistenz ermöglicht werden. Speziell die HALE-UAV haben den systemimmanenten Vorteil, daß sie den zivil genutzten Luftraum nur während der Start- und Landephase durchqueren müssen, da sie mit einer Flughöhe von

<sup>25</sup> Abnutzbarkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, daß eine im Vergleich zu bemannten Flugzeugen höhere Verlustrate hingenommen wird.

<sup>26</sup> Die Navigation ist satelliten- und trägheitsgebunden.



über 50 000 ft (15 000 Meter) generell weit über diesem operieren.

Durch die Umsetzung des ›Free-Flight‹-Konzepts mittels automatisierter Warnungs- und Koordinierungssysteme wie TCAS<sup>27</sup> und ACAS<sup>28</sup> wird sich die Luftraumintegration langfristig stark vereinfachen lassen, da Kontrolle und Koordination des bemannten Luftverkehrs in diesem Punkt automatisiert und so den hochautonomen UAV-Systemen luftverkehrsregeltechnisch angenähert werden wird.<sup>29</sup>

Das ›Free-Flight‹-Konzept sieht langfristig den Wechsel von der zentralen Luftverkehrslenkung, die auf der Verkehrsabwicklung mittels zugewiesener Lufträume basiert, zur dezentralen Lenkung der Luftverkehrsströme vor. Dies bedeutet, daß das Luftraummanagement, also die Verkehrslenkung und die Vermeidung von Zusammenstößen, automatisiert zwischen den einzelnen Flugzeugen selbst erfolgt. Die Luftraumkontrolle wird faktisch auf die An- und Abflugkontrolle beschränkt.

## Betriebssicherheit

Um die Akzeptanz des UAV-Einsatzes zu gewährleisten, muß die Flugbetriebssicherheit mindestens den Standards heute genutzter bemannter Flugzeuge entsprechen. Das momentan meistgenutzte Kampfflugzeug der westlichen Welt, die F-16, hat beispielsweise bei der US-Luftwaffe in den letzten zehn Jahren eine Unfallrate von 3,5 pro 100 000 Flugstunden. Im reinen Flugbetrieb, ohne Kampfverluste, kommen UAV heute etwa auf eine Unfallrate von 100 pro 100 000 Flugstunden. Eine internationale, mindestens aber europäische Zertifizierung sollte deshalb verbindliche Standards schaffen, die einen sicheren Flugbetrieb von UAV und deren Akzeptanz erhöhen. Andernfalls wären massive Widerstände in der Öffentlichkeit zu erwarten, die eine Durchführung größerer UAV-Operationen entscheidend behindern könnten.<sup>30</sup>

<sup>27</sup> Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS) = Verkehrswarn- und Anti-Kollisionssystem.

<sup>28</sup> Automatic Air Collision Avoidance System (ACAS) = Automatisches Anti-Luftkollisionssystem.

<sup>29</sup> Ramon Lopez, Seeing and Avoiding, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 20–21.

<sup>30</sup> Julian Morton, Swedish Model, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 10–11.

# Entwicklungstendenzen

## Historischer Hintergrund

Erste Bestrebungen zur Entwicklung von unbemannten Flugzeugen gab es bereits nach dem Ersten Weltkrieg. Damals dienten ferngesteuerte Flugzeuge als Übungsziele. Eines der ersten dieser Flugziele war eine 1935 umgerüstete de Havilland Tiger Moth mit der Bezeichnung ›DH.82B Queen Bee‹. Der Name *Bee* soll im weiteren Verlauf dazu geführt haben, daß sich der Begriff ›Drohne‹ für unbemannte, ferngesteuerte Flugzeuge etablierte.

Die US-Marine begann in den dreißiger Jahren ebenfalls mit ferngesteuerten Flugzeugen zu experimentieren. Die Bemühungen resultierten in Bombern, die zu gelenkten Flugbomben umgebaut wurden. Ihr Einsatz galt aber als Mißerfolg. In den frühen fünfziger Jahren wurde die sehr einfache Q-2 FIREBEE von der Firma Ryan zur Zieldarstellung entwickelt, ein Typ, der noch heute zum selben Zweck verwendet wird. Varianten dieses Modells wurden zwischen 1964 und 1975 als Aufklärungsdrohnen über Nordkorea, China und Vietnam eingesetzt und als LIGHTNING BUGS bezeichnet. In den sechziger Jahren wurde außerdem die sehr schnelle Drohne D-21 entwickelt. Ihre Spitzengeschwindigkeit von über 4000 km/h erreichte sie in einer Höhe von 29 000 Metern. Das entsprechende Programm wurde jedoch aus technischen Gründen Anfang der siebziger Jahre abgebrochen.

Momentan sind Israel und die USA bei der Konstruktion und operativen Anwendung von Flugrobotern führend. Israel betreibt seit Anfang der siebziger Jahre Drohnen-Programme. Der erste umfassende Einsatz fand 1982 im Zuge der Libanon-Invasion statt. Syrische SAM-Stellungen im Bekatal wurden von Drohnen aufgeklärt und zerstört. Seither hat Israel ständig neue und leistungsfähigere UAV entwickelt und eingesetzt. So verwundert es nicht, daß in Israel gleich zwei renommierte Hersteller sehr leistungsfähiger, taktisch nutzbarer MALE-UAV beheimatet sind. Das Know-how beider Firmen wird häufig für internationale Kooperationen bei der UAV-Entwicklung genutzt. Weltweit sind UAV im Einsatz, die mittels erheblicher Unterstützung israelischer Firmen entwickelt wurden. Ein aktuelles Beispiel ist die EAGLE, die in Kooperation zwischen der IAI und

der EADS entsteht. Auch sie basiert im wesentlichen auf einem israelischen Modell, der HERON.

Die USA haben 1979 mit der Entwicklung des AQUILA-Systems begonnen. Allzu anspruchsvolle Anforderungen und sich ständig ändernde Wünsche der Streitkräfte resultierten in multiplen Konstruktionsmodifikationen, welche die Kosten des Projekts stark in die Höhe trieben. Im Jahre 1987 wurde das AQUILA-Programm bei einem Kostenstand von über 1 Milliarde US-Dollar eingestellt. Schlechte Leistungen bei den Erprobungen und immense Kostenüberschreitungen veranlaßten auch zum Abbruch des HUNTER- sowie des OUTFRIDER-Programms. Das HUNTER-System wurde zwar trotzdem in begrenzten Stückzahlen beschafft und eingesetzt, doch soll es aufgrund ungenügender Leistungen und zahlreicher Verluste mittelfristig vom SHADOW-System abgelöst werden.

Das von den US-Marines beschaffte PIONEER-System hatte ebenfalls mit Kostensteigerungen durch mehrfache Modifikationen zu kämpfen. Da es sich im Einsatz jedoch bewährte, soll es nach diversen Verbesserungen noch bis mindestens 2010 im Einsatz bleiben. Ungeachtet einer Gesamtinvestition von über sechs Milliarden Euro sind bei den US-Streitkräften bis dato weniger als 100 UAV in Nutzung.<sup>31</sup> Wenig überraschend ist, daß auch an der Entwicklung von PIONEER, HUNTER und SHADOW israelische Firmen maßgeblich beteiligt waren.<sup>32</sup> Die Entwicklungen anderer Staaten sind zahlreich, befinden sich aber generell auf einem niedrigeren technischen Niveau.

## Technischer Entwicklungsprozeß

Die mittel- bis langfristig wichtigsten Entwicklungsfelder der UAV-Systeme sind:

- ▶ Systemverbesserungen des unbemannten Flugzeugs (inklusive der meist aus dem bemannten Flugzeugbau stammenden Triebwerke),

<sup>31</sup> Gail Kaufmann/Gopal Ratnam, The Search for an Affordable UAV, in: Defense News, 2.9.2002, S. 1.

<sup>32</sup> Peter la Franchi, Lessons Learned, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 6–9; Gail Kaufman, Improvements Give Pioneer New Life, in: Defense News, 29.7.2002, S. 15.

- ▶ Kontrolle des Flugzeugs (C<sup>2</sup>),<sup>33</sup>
- ▶ Autonomie des Flugzeugs (Automatisierungsgrad bei Flugbetrieb und Missionsdurchführung),
- ▶ Koordinierter Formationseinsatz (Schwarmtaktiken),
- ▶ Zusammenstellung und Leistungsfähigkeit der Sensorpakete,
- ▶ Informationsverarbeitung an Bord des unbemannten Flugzeugs zur autonomen Zielidentifikation.<sup>34</sup>

Je mehr die UAV in netzwerkorientierte Kriegführung eingebettet werden, um so stärker wird die Entwicklung ihre eigentlichen Stärken zutage fördern. Da der Hauptvorteil dieser Plattform in der großen Reichweite und Ausdauer liegt, wird sich nach der Erlangung operativ optimaler Einsatzzeiträume die Entwicklung auf Signaturreduktion und Nutzlasten beziehungsweise Effektoren konzentrieren. Beides wird zunächst zum weiteren Ansteigen von Volumen und Gewicht der Flugzeugkomponenten von UAV-Systemen beitragen. Langfristig dürfte allerdings durch die weiter fortschreitende Miniaturisierung vieler technischer Komponenten eine Umkehrung dieses gewichtssteigernden Trends möglich werden.

Angesichts der bisherigen Entwicklungsgeschichte ist es nur eine Frage der Zeit, wann sich das Spektrum der UAV erweitern wird. Die Entwürfe extrem ausdauernder Modelle werden dabei früher realisiert werden können als etwa die Vorschläge für sehr leise, brennstoffzellengetriebene TUAV, unterwasser-gestartete, sehr kleine oder hyperschallschnelle Systeme. In den USA wird gar an nuklear betriebenen Drohnen gearbeitet, die in der Lage sein sollen, bis zu einem Monat in der Luft zu verbleiben.<sup>35</sup> Die Drohnen werden voraussichtlich einen ähnlichen Entwicklungsprozeß durchlaufen wie das bemannte Flugzeug im letzten Jahrhundert, das vom belächelten Spielzeug zum militärisch und wirtschaftlich bedeutenden Hochtechnologieträger wurde.

### Trägerplattform

Insgesamt sind die entwickelten UAV immer gewichtiger geworden: vom nur ca. 100 g schweren Mikro-UAV-(UAD-)Demonstrator BLACK WIDOW bis hin zum

über 11,5 t schweren GLOBAL HAWK. Generell scheint das Interesse in Richtung größerer Flugzeuge zu gehen. Nachdem die US-DARPA ein Mikro-UAV(MAV)-Programm durchgeführt hatte, wurde weder ein derartiges System für die Streitkräfte beschafft noch wurden weiterführende Forschungen in dieser Größenklasse angestrengt. Da sich die GLOBAL HAWK noch im Prototypenstadium (EMD)<sup>36</sup> befindet, sind für die ohne Zweifel folgende Serienproduktion weitere Zuwächse besonders in den Bereichen Stromgeneration, Nutzlast und Triebwerkleistung zu erwarten. Es ist durchaus möglich, daß eine fortgeschrittene Version ein maximales Startgewicht von knapp 20 t erreichen wird, wenn die ständig steigenden Anforderungen der Nutzer erfüllt werden sollen. Die Forderung, UAV als Waffenplattformen zu benutzen, wird ebenfalls tendenziell zu größeren Flugzeugen führen.

Größere Plattformen werden wegen des günstigeren Verhältnisses von Volumen und Oberfläche bessere Ausdauer-Leistungsdaten aufweisen. Bei einem relativ größeren Volumen können umfangreichere Nutzlasten mitgeführt werden, die ihrerseits höhere Leistungswerte ermöglichen. Da leistungsfähige Sensorsysteme viel Energie benötigen – hier sind insbesondere moderne SAR-Systeme<sup>37</sup> mit MTI-Betriebsmodus<sup>38</sup> zu nennen –, würden gerade sie von einer größeren, entsprechend motorisierten Plattform profitieren, die in der Lage wäre, ausreichende Energiemengen bereitzustellen. Die Sensorsysteme könnten in diesem Falle noch größere Reichweiten und höhere Auflösungen erreichen.

Sehr viel kleinere Modelle bieten auf der anderen Seite den Vorteil geringer Signaturen, wodurch sie einen nicht unerheblichen passiven Schutz erhalten. Bei Großserienproduktion würden auch nur relativ moderate Beschaffungskosten anfallen. So wäre es möglich, große Zahlen von UAV in koordinierten Schwärmen einzusetzen, welche die Flugabwehr eines potentiellen Gegners überfordern. Dieser Ansatz erfordert freilich neben substantiellen Fortschritten bei der Miniaturisierung sämtlicher Luftfahrzeugkomponenten auch enorme Koordinierungskapazitäten und stellt eher eine langfristige Option dar.

<sup>33</sup> C<sup>2</sup> steht für Command and Control.

<sup>34</sup> Peter La Franchi, *New Demands, New Visions*, in: *Flight International Supplement*, 30.1.2001, S. 22–24.

<sup>35</sup> Guy Norris, *USAF Considers Nuclear Power for Loitering UAV*, in: *Flight International*, 28.1.2003, S. 17.

<sup>36</sup> EMD steht für Engineering, Manufacturing and Development (Konstruktion, Fertigung und Entwicklung).

<sup>37</sup> Bei SAR (Synthetic Aperture Radar) handelt es sich um eine Radaranlage mit künstlich errechneter Großantenne; nähere Erläuterungen dieser Technik unter: <http://www.geog.ucsb.edu/~mherold/dakap2.pdf>.

<sup>38</sup> MTI (Moving Target Indicator) ist ein Betriebsmodus zur Entdeckung von Fahrzeugen, die sich in Bewegung befinden.

## Nutzlasten

Als Nutzlasten gelten außer Sensoren und Illuminatoren zur Zielbeleuchtung auch Waffen. Um ein möglichst großes Sichtfeld zu gewährleisten, sind die meisten Sensoren fast immer in einem kleinen Turm unter dem Flugzeugumpf untergebracht.

Die sich abzeichnenden Sensorenanordnungen sollen neben modernsten Radarsystemen auch hyper-spektrale Elektrooptiken und Laserradar nutzen. Radarantennen, die zur Aufnahme beweglicher Luft- und Bodenziele (Air and Ground Moving-Target Indication, AMTI/GMTI) fähig sein sollen, können so zur Erstellung von Luft- und Bodenlagebildern beitragen, die nach Größe, Genauigkeit und Aktualität neue Dimensionen der Aufklärung eröffnen. Besondere Aufmerksamkeit wird der Fähigkeit gewidmet, ein in Vegetation getarntes Ziel zu entdecken. Während der *Operation Allied Force* 1999 im Kosovo wurde das Nichtvorhandensein dieser Aufklärungskapazität als entscheidendes Schlüsselproblem der Luft-Boden-Operationen identifiziert. Da ein solches System mit niedrigen Frequenzen arbeitet, müssen die verwendeten Antennen relativ lang sein. Des weiteren könnte dieselbe Antennenanordnung bei Verwendung moderner AESA<sup>39</sup>-Module neben der passiven Erfassung elektromagnetischer Strahlen auch zur offensiven elektronischen Kampfführung dienen. In diesem konkreten Fall entstünde bei der Realisierung eines solchen Projekts sozusagen ein ständig vor Ort kreisender Satellit, der ein multistatisches System zur ausdauernden Überwachung, Störung und Zielzuweisung darstellen würde.

Die Ausrüstung von UAV mit Lasersystemen zur Zielbeleuchtung wurde nach den Einsatzerfahrungen im Kosovo angestrebt, nachdem es bemannten Kampfflugzeugen nicht gelang, Ziele zu finden, die Minuten zuvor von UAV identifiziert worden waren. In dieser neuen Konfiguration als Zielbeleuchter liefern UAV somit einen entscheidenden Beitrag zur Verkürzung jener Zeit, die für die Zieldatenübergabe von der Sensor- zur Waffenplattform (*sensor-shooter hand-off time*) zu veranschlagen ist. Eine weitere Verkürzung läßt sich dadurch erreichen, daß das UAV selbst zur Waffenplattform wird, das heißt zu dem oben erwähnten UCAV.<sup>40</sup> So hat denn die US-Luftwaffe seit 2001

auch Testschüsse mit HELLFIRE-Raketen von PREDATOR-UAV auf unbewegte Bodenziele abgefeuert. Beim Einsatz in Afghanistan wurde diese Fähigkeit erstmals erfolgreich genutzt. Wie eingangs auf Seite 5 erwähnt, wurde dieses Verfahren bei der Tötung von sechs mutmaßlichen Terroristen im Jemen erneut angewandt.<sup>41</sup>

Sensoren und Effektoren eines neuen UAV sollten zunächst modularartig ausgetauscht werden können, um je nach Art des Einsatzes auf der Einsatzbasis rasch umgerüstet werden zu können, zum Beispiel von der Luft-Luft- auf die Luft-Boden-Ebene (*swing role*). Mit fortschreitender technischer Entwicklung dürften aber auch die Fähigkeiten nachgerüstet werden können, mehrere Arten von Einsätzen während des Missionsverlaufs *parallel* auszuführen (*multi-role*). Effektoren könnten sich dabei anfangs an einzelnen Sensorschwerpunkten orientieren, um eine maximale Leistung bei vorgegebenem Abfluggewicht zu erreichen. Beispielsweise wäre eine Auslegung auf eine hochauflösende Radarnutzlast etwa unter Einsatz von SAR-Systemen denkbar. Inwieweit sich bestimmte Sensor-Effektor-Kombinationen auf einer einzelnen Plattform als nützlich erweisen, müßte laufend eruiert werden.

## Neue Einsatzkonzepte in den USA

Wie bereits erwähnt, durchlaufen unbemannte Luftfahrzeuge einen ähnlichen Entwicklungsprozeß wie ihre bemannten Pendanten im letzten Jahrhundert. Am Anfang standen einfache Anwendungen wie Zieldarstellung oder Aufklärung, die keine oder nur geringe Nutzlasten erforderten. Mit den raschen Fortschritten der Schlüsseltechnologien entwickeln sich schließlich immer mehr Anwendungsmöglichkeiten, beispielsweise strategische Fernaufklärung, elektronische Kampfführung, Funkrelaisnutzung oder Kampfeinsatz. Zukünftig werden UAV auch als Komponente leistungsfähiger, multistatischer Radaranlagen nutzbar sein, die sich insbesondere zur Entdeckung von Stealth-Systemen eignen. Dabei ist gerade durch die Leistungszuwächse in der elektronischen Datenverarbeitung der Grad an Autonomie ständig gestiegen, so daß nunmehr sehr eigenständige UAV-Systeme möglich geworden sind, bei denen der Mensch lediglich wichtige Grundentscheidungen

<sup>39</sup> Bei AESA (Active Electronically Scanned Array) handelt es sich um Radar mit elektronischer Strahlenschwenkung.

<sup>40</sup> Paul Lewis, *Armed and Lethal*, in: *Flight International*, 9.6.2002, S. 30-33.

<sup>41</sup> Craig Hoyle/Andrew Koch, *Yemen Drone Strike: Just the Start?*, in: *Jane's Defence Weekly*, 13.11.2002, S. 3.

autorisiert und somit nur noch im Besitz der ‚Richtlinienkompetenz‘ ist. Diese technische Entwicklung schafft die Voraussetzung für neue Operationskonzepte.

Sowohl die Luftwaffe als auch die Marine der USA gelangen zunehmend zu der Überzeugung, daß der Hauptvorteil der UAV in ihrer ungewöhnlichen räumlichen und zeitlichen Reichweite beziehungsweise Ausdauer liegt. Ihre lang anhaltende Präsenz im Einsatzgebiet bedingt die hohe Effektivität des Systems, da sie den entscheidenden Schritt von zeitweiliger Aufklärung zu ständiger Überwachung ermöglicht.

Folgerichtig ändert das Pentagon die Anforderungen an seine bereits initiierten UAV-Programme. Die Finanzmittel der eher auf geringe Reichweite ausgelegten UCAV-Programme werden verringert beziehungsweise zeitlich gestreckt.<sup>42</sup> Darüber hinaus sind die Anforderungen an die Reichweite der UCAV in jüngster Vergangenheit deutlich erhöht worden.<sup>43</sup>

Bis 2010 hat die US-Luftwaffe für diese UCAV primär den Einsatz bei SEAD-Operationen in mittleren und geringen Höhen im Blick. Es bleibt aber abzuwarten, ob sich derartige Überlegungen durchsetzen werden, da sich diese Zielkategorie auch mit nur einmal nutzbaren Marschflugkörpern oder durch Waffen effektiv bekämpfen läßt, die von hochfliegenden UAV gestartet werden. Auf diese Weise würde sich ein als Waffenplattform genutztes UAV größtenteils außerhalb der bodengebundenen Flugabwehr aufhalten.

Für effektive SEAD-Operationen würden sich eher MALE-UAV anbieten, die als permanent vor Ort dislozierte Trägerplattformen für gelenkte Präzisionsmunition wie LOCAAS,<sup>44</sup> WASAAMM<sup>45</sup> oder MALI<sup>46</sup> dienen könnten. Zum Schutz dieser extrem ausdauernden SEAD-Plattformen könnte nach amerikanischen Vorstellungen ein Schirm von vorausfliegenden Miniaturabfangjägern und Luftüberlegenheitsjägern gebildet werden. Auf diese Weise wäre die

ständige Unterdrückung der gegnerischen Luftabwehr vorstellbar.

Zum Schutz eigener bemannter Luftfahrzeuge könnten Täuschungs-UAV mit den optischen und/oder elektronischen Signaturen von Flugzeug-Mustern der eigenen Streitkräfte entwickelt werden (z.B. EURO-FIGHTER oder F-35), um das Feuer der Luftverteidigung auf sich zu ziehen. Die gegnerische Luftverteidigung würde so gerade in den Anfangsphasen von Luftkriegsoperationen dazu verleitet, ihre Luftraumüberwachungs- und Zielerfassungsanlagen anzuschalten und dadurch deren exakte Position preiszugeben, was ihre Bekämpfung mittels Abstandswaffen ermöglichte. Auch würden viele ihrer teuren Flugabwehraketen eingesetzt und dabei verschwendet werden. Falls der Gegner seine Taktiken ändern und seine Radare nur erratisch und an ständig neuen Positionen betreiben würde, würden noch schneller Bewegungsräume gewonnen, die von den eigenen Luftstreitkräften für offensive Operationen genutzt werden könnten. UAV würden somit auch schon im Vorfeld ihres Einsatzes stark zur Untergrabung der gegnerischen Einsatzmotivation und letztendlich wohl auch zur Verkürzung von Konflikten beitragen können.

Bei genereller Ausweitung auf andere Bodenziele und einer daraus folgenden Anwendung dieser Taktik in großem Maßstab ließen sich aber auch sämtliche mechanisierten Bewegungen auf gegnerischem Territorium unterbinden. Am besten wäre es, wenn Sensor und Shooter getrennt würden. In großer Höhe (> 20 000 Meter) operierende, relativ große und persistente HALE-UAV würden leistungsstarke Sensoren tragen und Zieldaten an deutlich niedriger fliegende MALE-Waffenplattformen weitergeben. Von diesen würde dann Präzisionsmunition abgeworfen. Für beide Fluggefährte wären Stealth-Eigenschaften nützlich, aber nicht zwingend, da Waffensysteme, die Objekte in diesen Höhenbereichen angreifen können, ihrerseits sehr markante Ziele abgeben würden und aufgrund ihrer unterlegenen Beweglichkeit rasch zu bekämpfen wären. Kleinere MALE könnten optional die Zielbeleuchtung und die Waffenwirkungsaufklärung (BDA) übernehmen.

Ein solches MALE-UAV käme faktisch einem waffenparkenden Satelliten gleich und könnte nach seiner Positionierung ein großes, ebenes Areal überwachen und identifizierte Ziele aus sicherer Höhe mittels Abstandswaffen bekämpfen. Dabei wären alle auffälligeren Installationen und Fahrzeuge des Gegners ständig von Entdeckung mit rasch folgender Zerstörung bedroht. Auf diese Weise würde ein ständiger

<sup>42</sup> Gail Kaufman, Pentagon to Establish Joint Office for UCAVs, in: Defense News, 6.1.2003, S. 10.

<sup>43</sup> Stewart Penney, USAF Offered Larger X-45 to Fill Range Requirements, in: Flight International, 4.2.2003, S. 4.

<sup>44</sup> Low Cost Autonomous Attack System = unabhängiges Angriffssystem mit niedrigen Kosten.

<sup>45</sup> Wide Area Search Autonomous Attack Miniature Munition = weiträumig, autonom, zielsuchende Miniaturmunition.

<sup>46</sup> Miniature Air-Launched Interceptor = Kleiner luftgestarteter Abfänger.

Verfolgungs- und Bekämpfungsdruck aufgebaut, der es jedem Opponenten unmöglich machte, sich zu bewegen, geschweige denn sich massiert zu formieren. Dem Gegner würde so nicht nur jede Initiative genommen, er könnte nicht einmal mehr angemessen auf Aktionen des Angreifers reagieren.

Da die Drohnen am effektivsten direkt über dem gegnerischen Territorium operieren, bedeutet dies gleichzeitig, daß die Einsatzkonzepte offensiven Charakter annehmen. Ein potentieller Gegner könnte immerhin seinerseits präemptiv handeln, um nicht durch ein solches allgegenwärtiges Bekämpfungssystem an den Boden gedrängt zu werden, indem er das ihn bedrohende UAV-System noch vor der Entfaltung zu zerstören versucht.<sup>47</sup>

Auch im Zuge der Heimatverteidigung sollen im Rahmen des nordamerikanischen Luftverteidigungskommandos NORAD bewaffnete UAV über den USA kreisen, um Luftbedrohungen schneller bekämpfen zu können.<sup>48</sup>

#### UAV als Konkurrenz für Hubschrauber

Die lange Verweildauer im Einsatzraum prädestiniert UAV geradezu für Überwachungseinsätze, die Ausdauer erfordern. Mithin ist eine baldige Übernahme wahrscheinlich sämtlicher Aufklärungs- und Überwachungsmissionen durch HALE- oder MALE-Systeme zu erwarten, auch solcher Operationen, die heute noch bemannt durchgeführt werden und eine Gefährdung von Leben oder Gesundheit der Besatzungen bedeuten. Taktische UAV machen insofern den Hubschraubern – speziell den Aufklärungs- und Kampfhubschraubern – zunehmend Konkurrenz. So verwundert es auch nicht, daß das US-Programm RAH-66 COMANCHE in jüngster Vergangenheit immer stärker unter Druck geriet, da umstritten ist, ob es nicht eine effizientere bewaffnete Aufklärungsoption für deutlich geringere Beschaffungskosten als die für den RAH-66 prognostizierten 40 Milliarden US-Dollar gibt. Die U.S. Army kolportiert wohl nicht zuletzt deshalb Vorfälle aus dem Afghanistan-Feldzug. Während der Operation *Anaconda* soll ein AH-64 APACHE-Kampfhubschrauber eine mutmaßliche Stellung identifiziert

<sup>47</sup> David A. Fulghum/Robert Wall, *Israelis Future Include Armed, Long-Range UAV*, in: *Aviation Week*, 24.6.2002, S. 83–84.

<sup>48</sup> Paul Lewis, *USA Spotlights UAV and Radar as It Aims to Strengthen Air Defenses*, in: *Flight International*, 3.2.2003, S. 16.

haben, die zuvor von einem UAV nicht ausgemacht werden konnte.<sup>49</sup> Ungeachtet dessen wurden die Stückzahlen des RAH-66 von ursprünglich über 1200 Maschinen auf zunächst 650 reduziert und damit fast halbiert. Es ist nicht auszuschließen, daß neben dem Kostendruck auch die positiven Erfahrungen mit UAV-Systemen zu dieser Entscheidung beigetragen haben.<sup>50</sup>

Ähnliche Überlegungen gelten auch für europäische Lufrüstungsprogramme wie den Kampfhubschrauber TIGER. Da ein Programmabbruch zum fortgeschrittenen Zeitpunkt aus Kostengründen nicht sinnvoll wäre, könnten die 80 (ursprünglich 212) in Deutschland zur Beschaffung vorgesehenen TIGER ihre Durchsetzungsfähigkeit durch den kooperativen Einsatz mit UAV weiter steigern. Wie schnell und in welchem Umfang UAV Standardaufgaben bemannter Systeme übernehmen werden, hängt nicht zuletzt von der Geschwindigkeit ab, mit der die Leistung von UAV-Systemen durch gesteigerte Automatisierung und Optimierung der Einsatzkonzepte verbessert werden kann.

In der konventionellen Kriegführung und bei friedenserhaltenden Maßnahmen ist davon auszugehen, daß durch UAV erhebliche Effekte induziert werden können. Auch in befriedeten Regionen unter potentiell UN-Regime dürften unbemannte Systeme aufgrund ihrer weitreichenden Präsenz den Entscheidungsträgern nützliche Handlungsoptionen eröffnen.

#### Ein optimales UAV

Die unbemannten Systeme sollten sich möglichst problemlos in den schon vorhandenen Betrieb der sie jeweils einsetzenden Streitkraft einfügen. Die Abmessungen sollten sich somit zunächst an bereits bestehenden Plattformen und Effektoren orientieren, um existierende Subsysteme wie etwa Triebwerke, Sensorik und Bewaffnung integrieren zu können.<sup>51</sup> Die verwendete Plattform sollte grundsätzlich modular ausgelegt sein, um unterschiedliche Nutzlasten für verschiedene Einsatzbereiche aufnehmen und später

<sup>49</sup> Sean D. Naylor/Frank Tiboni, *To Save Comanche, U.S. Army Must Learn from Crusader*, *Officials Say*, in: *Defense News*, 29.7.2002, S. 18.

<sup>50</sup> Paul Lewis, *U.S. Army in Dilemma over Smaller RAH-66 Buy*, in: *Flight International*, 29.10.2002, S. 20.

<sup>51</sup> Die Nutzung bereits vorhandener militärischer oder ziviler Systeme wird auch als *Military oder Commercial Off The Shelf*, kurz *MOTS beziehungsweise COTS* bezeichnet.

auch neue Nutzlasten beziehungsweise Komponenten mit geringem Aufwand integrieren zu können. Da auf diese Weise dieselbe Plattform für eine Vielzahl von Anwendungsbereichen beschafft würde, ließen sich vergleichsweise hohe Stückzahlen und damit vertretbare Stückkosten pro System erzielen. Die Lebenswegkosten,<sup>52</sup> die bei einem solchen Vorgehen für ein UAV-System während seiner Gesamtdienstzeit entstehen würden, wären relativ gering. Die Möglichkeit, bereits bestehende Infrastruktur wie Hangars, Landeplätze und Personal mitzubenutzen, würde zusätzlich Kosten sparen helfen.<sup>53</sup>

Auch bewährte Operationstaktiken bemannter Systeme könnten zunächst als Grundlage dienen, um sie fortschreitend auf die Stärken der UAV-Systeme hin optimieren zu können. Für ein (Sensor-) UAV wäre beispielsweise relevant, wie weit entfernt es von einer potentiellen Einsatzbasis operieren kann und wie groß der zu überwachende Einsatzraum ist. Je nachdem, ob von Einsätzen innerhalb des Gebiets der bestehenden Verteidigungsbündnisse oder von weltweiten Operationen außerhalb dieses Gebiets ausgegangen wird, ergeben sich stark unterschiedliche Anforderungsprofile. Eine politische Vorgabe, ob in Zukunft weiterhin potentiell robuste Einsätze außerhalb des NATO-Gebiets in Betracht gezogen werden, hätte deshalb entscheidenden Einfluß auf das Lastenheft eines zu beschaffenden UAV-Systems.

Langfristig ist das hinsichtlich der Entwicklungskosten aufwendige Prinzip *form follows function* auch für ein optimales UAV oberstes Designgebot. Das UAV ist die Plattform, die optimal an den Effektor angepaßt sein muß. Dieser wiederum muß auf seine Einsatz-Operationsziele abgestimmt werden. Zu Beginn müssen somit die Ziele des Effektors definiert werden. Für einen Sensor ist zum Beispiel die benötigte Auflösung bei einer bestimmten Entfernung unter gegebenen Witterungseinflüssen der Ausgangspunkt. Zusätzlich stellen Ausdauer und Störfestigkeit des Sensors grundlegende Ausgangsbedingungen dar. (Zur Fahrzeugerkennung sind Auflösungen von deutlich unter einem Meter notwendig.) Die sichere Mindestentfernung, in der die benötigte Sensorauflösung gewährleistet sein muß, wird durch die Reichweite der Flugabwehr potentieller Gegner definiert. Die auf diesem Wege ermittelten Basisdaten

ergeben die Anforderungen an einen Sensor, der zum Zeitpunkt der Eruiierung bestimmte Parameter im Hinblick auf Volumen, Gewicht und Energiebedarf aufweisen muß. Der so definierte Effektor muß über eine vorgegebene Entfernung und über einen bestimmten Zeitraum in der optimalen Höhe transportiert werden. Das sind die Rahmenbedingungen für die Plattform beziehungsweise das UAV.

Im Anschluß an die Definition eines optimalen Effektorpakets und seiner Anordnung folgt im zweiten Schritt die Konstruktion des hierauf optimierten Fluggeräts. Die erläuterte Vorgehensweise wird von den US-Streitkräften für die Konstruktion des Systems ›Sensorcraft‹ praktiziert. Dieses System, für das derzeit eine Diamantenform im Interesse optimaler Sensoranordnung präferiert wird, soll irgendwann zwischen 2015 und 2025 zulaufen und dabei extrem anspruchsvollen Anforderungen genügen: Konkret soll es in der Lage sein, bis zu 60 Stunden (!) zu operieren, um von wenigen Basen aus jeden Punkt der Welt erreichen zu können.

<sup>52</sup> Werden im Fachsprachgebrauch als Total Cost of Ownership (TCO) oder Life Cycle Cost (LCC) bezeichnet.

<sup>53</sup> Guy Norris, Global Leader, in: Flight International Supplement, 30.1.2001, S. 26–31.

## Unbemannte Flugzeuge der Bundeswehr

Welche UAV-Systeme zu welchem Zweck in wie hohen Stückzahlen schon vorhanden sind beziehungsweise kurzfristig beschafft werden sollten, wird im folgenden näher betrachtet.

Innerhalb der Bundeswehr ist das Heer bis jetzt exklusiver Betreiber von UAV-Systemen. Dabei setzt es ausschließlich relativ leichte TUAV-Systeme ein (Startgewicht der Luftfahrzeuge 30–240 kg).

Bereits seit Mitte der sechziger Jahre arbeitete Deutschland zusammen mit Kanada an der Entwicklung des CL-89-Drohnenprogramms. Diesem System waren allerdings nur wenige Einsätze vergönnt. Das verbesserte Nachfolgemodell CL-289 wurde zusammen mit dem dritten Partner Frankreich entwickelt und ab 1990 beschafft. Im Verlauf der neunziger Jahre wurde die CL-289 immer häufiger auf dem Balkan eingesetzt. Während des Kosovo-Konflikts setzte das Heer von Mazedonien aus 18 Drohnen über dem Krisengebiet ein, von denen mindestens fünf verloren gingen.

Die momentan vorhandenen Modelle der CL-289 sollen bis 2005 einer Kampfwertsteigerung unterzogen werden, um sie in die Lage zu versetzen, mit einer Fläche von 1500 qkm ein fünfmal größeres Gebiet abzudecken, als ihr dies zur Zeit möglich ist. Um auch noch unter ungünstigen Witterungsbedingungen Bilder liefern zu können, werden unter anderem Infrarotsensoren Verwendung finden.<sup>54</sup>

Es erscheint jedoch zweifelhaft, ob die Verbesserung der CL-289 sinnvoll ist. Der Flugkörper ist zwar schneller als die meisten anderen UAV, aber lediglich für kurzfristige Einsätze zur Überflugaufklärung geeignet, bei denen er auch noch im Tiefflug in Reichweite der gefährlichen bodengebundenen Luftabwehr operiert. Die von heutigen TUAV im Rahmen der netzwerkorientierten Kriegführung geforderte unauffällige, ausdauernde und somit nachhaltige Überwachungsfähigkeit wird der CL-289 auch nach ihrer Kampfwertsteigerung fehlen. Hinzu kommt, daß bei diesem System im Vergleich mit anderen TUAV relativ hohe Betriebskosten anfallen. Es ist deshalb zu prüfen, ob die Finanzmittel nicht sinnvoller eingesetzt

werden können, zum Beispiel für die Beschaffung eines modernen, ausdauernden MALE-UAV-Systems.

Ab 2004 soll das TUAV-System KZO beschafft werden, das bereits seit 1980 (!) entwickelt wird. Mit dem KZO ist eine sehr aufwendige UAV-Lösung zur Zielortung der Artillerie geschaffen worden. Mindestens vier bis acht Lkw werden zur Verlegung einer KZO-Batterie benötigt. Der logistische Aufwand ist gerade für rasche, auf Lufttransport angewiesene Auslandseinsätze relativ hoch. In Anbetracht der geplanten Anzahl von nur sechs Systemen und den damit verbundenen enormen Stückkosten kann man hier wohl von einer extrem unwirtschaftlichen Lösung sprechen.

Im Vergleich zum KZO weist das weniger anspruchsvolle TUAV-System LUNA<sup>55</sup> ein erheblich besseres Aufwand-Nutzen-Verhältnis auf. Das mit lediglich 30–40 kg sehr leichte Flugzeug bietet die Möglichkeit, eine voll stabilisierte Aufklärungsnutzlast zwei Stunden lang bis weit hinter der maximalen Effektorreichweite des Heeres einzusetzen. Außerdem ist dieses kleine und einfache System mitsamt Bodenkontrollstation und Servicefahrzeug auch mit heute bereits vorhandenen Transportflugzeugen der Bundeswehr schnell luftverlastbar. Das System operiert bereits seit dem Jahr 2000 auf dem Balkan und wird inzwischen mit beachtlichem Erfolg auch in Afghanistan eingesetzt. Im Rahmen eines UNMOVIC-Einsatzes im Irak war die Entsendung eines LUNA-Systems ebenfalls vorgesehen.<sup>56</sup> Bis jetzt hat die Bundeswehr 6 Bodenkontrollstationen und 28 Fluggeräte bestellt.

Das Heer ist also mit drei sehr unterschiedlichen TUAV-Systemen ausgestattet, die es ihm erlauben sollten, auf eine große Bandbreite von Aufklärungsanforderungen angemessen zu reagieren. Ein einheitliches System ähnlich dem US-SHADOW 200, auf Brigadeebene eingeführt, würde allerdings logistisch eine deutlich bessere Lösung darstellen und den Heeresbedürfnissen gebührend Rechnung tragen. Für die heutigen Peacekeeping-Bedürfnisse des Heeres bietet das LUNA-System eine hinreichende Lösung (siehe Balkan und Afghanistan). Potentiell benötigte

<sup>54</sup> Martin Agüra, German Companies Pursue Unmanned Vehicles, in: Defense News, 22.1.2001, S. 14.

<sup>55</sup> Luftgestützte Unbemannte Nahaufklärungsausstattung.

<sup>56</sup> Mini-Spion für die Uno, in: Der Spiegel, 20.1.2003, S. 26.



verbesserte Versionen sollten sich mit relativ geringem Aufwand rasch herstellen lassen.

Neben dem LUNA entwickelt die Firma EMT zur Zeit auch den TUAV-Experimentalprototypen X-13. Von seinen Leistungsdaten her rangiert er noch vor der KZO, ohne allerdings auf deren umfangreiche mechanisierte Bodenunterstützungskomponenten angewiesen zu sein. Eine Truppenerprobung könnte Aufschluß über die Eignung für den Bundeswehreininsatz geben.

Die *Marine* verfügt über bemannte Seefernaufklärer<sup>57</sup> des Typs Bréguet Br-1150 Atlantique (Startgewicht 43,5 t), die gegen Ende des Jahrzehnts aus Altersgründen ersetzt werden müssen. So gibt es bei der Bundeswehr denn auch Überlegungen, zunächst die von Northrop Grumman und der EADS produzierte EURO HAWK, eine speziell nach deutschen Vorstellungen mit besonderen Nutzlasten ausgerüstete GLOBAL HAWK, als Ersatz für die drei bemannten SIGINT<sup>58</sup>-Atlantiques des Marinefliegergeschwaders 3 zu beschaffen. Aber auch unbemannte Versionen moderner Langstrecken-Geschäftsreise- oder Passagierjets, wie der FALCON 7X oder der AIRBUS 319, wären alternativ interessante UAV-Konstruktionen. Die ohnehin schon sehr ausdauernde Aufklärungskapazität (Reconnaissance) würde somit auch eine Überwachung bestimmter Zielgebiete (Surveillance) leisten können. Zu Demonstrationszwecken sollte ein GLOBAL-HAWK-Prototyp mit einem SIGINT-Rüstsatz der EADS im zweiten Quartal 2003 bei Testflügen über Nord- und Ostsee vom Marinefliegerhorst Nordholz aus eingesetzt werden. Dieses Testprogramm ist teilstreitkraftübergreifend angelegt und könnte bei einer möglichen späteren Beschaffung ebenfalls in diesem oder in noch größerem Rahmen stattfinden. Dadurch könnten Heer, Marine und Luftwaffe zumindest bei MALE- und HALE-Systemen zukünftig ihre Kräfte bei Beschaffung und Betrieb bündeln.

Der Ersatz der SIGINT-Atlantique durch ein UAV-System wäre der sinnvolle erste Schritt zu einer starken UAV-Komponente der Bundeswehr, da HALE-UAV für viele Aufgabenbereiche wie zum Beispiel die Aufklärung sehr geeignet wären. Die zum Dekadenwechsel anstehende Ablösung der übrigen Atlantique-Seefernaufklärer könnte bei Vervollständigung durch HALE-UAV billiger werden, weil bemannte Maschinen

nur noch für U-Boot-Jagd und Schiffsbekämpfung benötigt würden. So könnte mit geringerem Personalaufwand eine höhere Gesamtaufklärungskapazität erreicht werden. Falls sich die Marine noch zu der dringend zu empfehlenden Aufnahme der Luftbetankungsmöglichkeit in das Lastenheft der neu zu beschaffenden bemannten MPA entschließen könnte, würde sie eine globale Aufklärungskapazität entwickeln können. Außerdem könnte ein HALE-UAV auch als kräfteverstärkendes Element des künftigen AGS-Systems dienen, mit dem sich die Kosten im Vergleich zu einem bemannten »Vollausbau« deutlich senken ließen.

Northrop Grumman verspricht sich unter diesen Voraussetzungen von Deutschland bis 2015 ein Absatzpotential von 20 Maschinen im Gesamtwert von etwa 0,75 Milliarden Euro. Trotz der schon weit fortgeschrittenen Überlegungen sollte der Stand der Produktqualität aufmerksam beobachtet werden. Immerhin sind von den sieben bislang gebauten Prototypen der GLOBAL HAWK bereits drei abgestürzt.

Im Falle einer Beschaffung sollten die UAV-Einheiten zweckmäßigerweise zunächst von Nordholz aus operieren, da die Maschinen schnell über der Nordsee sind und somit in einer Eingewöhnungsphase wenig Proteste der Bevölkerung hervorrufen. Die Aufklärungsergebnisse sollten langfristig per Satellit (SKYNET 5 beispielsweise) an das Zentrum für Nachrichtenwesen der Bundeswehr bei Köln weitergeleitet werden, das dem Kommando Strategische Aufklärung untersteht, um die Lagebilderstellung für die gesamten Streitkräfte zu beschleunigen.

Die ursprünglich von der Marine für den Einsatz auf den Korvetten der Klasse K 130 vorgesehenen TUAV vom Typ SEAMOS basieren auf dem schon Anfang der sechziger Jahre aus einem bemannten Hubschrauber entwickelten DASH<sup>59</sup>-UAV. Das Konzept ist insofern problematisch, als diese Drohne wegen ihrer begrenzten Ausdauer bei Start und Landung die ungefähre Position des Trägerschiffs zu orten erlaubt. Eine breitbandigere Anbindung der Überwassereinheiten der Marine an einen Aufklärungsdatenverbund, in dem HALE-UAV-Systeme, Satelliten oder MPA die wesentlich leistungsfähigeren Aufklärungsplattformen darstellen, wäre eine weitaus bessere Lösung.

Die US-Marine hat das dem Typ SEAMOS ähnelnde TUAV RQ-8A FIRESCOUT, gerade auch nach den Erfahrungen aus dem Afghanistan-Einsatz, nicht wie ur-

57 Der Fachterminus lautet Maritime Patrol Aircraft (MPA) = Maritimes Patrouillenflugzeug.

58 Signal Intelligence = Aufklärung elektronischer Strahlungsquellen, zum Beispiel Radar- oder Funkstationen.

59 Ein Drone Anti-Submarine Helicopter ist ein unbemannter Hubschrauber zur U-Boot-Bekämpfung.

sprünglich vorgesehen beschafft, sondern sich für das HALE-System GLOBAL HAWK entschieden. So ist denn auch konsequent die weitere Umsetzung des deutschen SEAMOS-Programms ausgesetzt worden. Da das System erst 2005 in Dienst gestellt werden sollte, wäre ein Programmabbruch noch möglich. Falls ein vom Schiff aus operierender Ersatz unbedingt gewünscht wird, sollte eine Beschaffung erst nach 2010 erfolgen. So könnten die Erfahrungen mit den verschiedenen vorhandenen Modellkonzepten ausgewertet werden.

Für einen kurz- bis mittelfristigen Aufbau strategischer Aufklärungskapazitäten steht der Bundeswehr neben dem von Northrop Grumman in Zusammenarbeit mit der EADS angebotenen UAV-System EURO HAWK noch das PREDATOR-B-System zur Wahl, das aus der Kollaboration von STN-Atlas und General Atomics stammt. Inwieweit eine Anpassung – gegebenenfalls durch Modifizierung des EURO HAWK, die sich an den deutschen und europäischen Bedürfnissen orientieren würde – sinnvoll und finanzierbar ist, muß geprüft werden. Besonders naheliegend wäre eine potentielle Remotorisierung mit zwei Triebwerken, um die Ausfallsicherheit zu erhöhen. Ideal wären bei einem Startgewicht von 15 bis 20 t sehr moderne Aggregate wie etwa das AS 900 von Honeywell oder das PW 300 von Pratt & Whitney Canada.

Als dritte Möglichkeit könnte das von der EADS angebotene MALE-UAV EAGLE II weiter leistungsgesteigert werden. Dadurch würde auch die vielbeschworene europäische Rüstungskooperation gestärkt. Ein von der EADS weiterentwickeltes Produkt, das Deutschland und Frankreich für ihre (auch multinationalen) Streitkräfte beschaffen, könnte andere Staaten dazu ermutigen, sich bei ihren Beschaffungsentscheidungen ebenfalls an diesem europäischen Produkt zu orientieren. Dies wäre ebenfalls im Sinne der Standardisierungsbemühungen der NATO. Die Neuentwicklung eines HALE-UAV würde aufgrund der begrenzten Stückzahlen nur im multinationalen Verbund sinnvoll sein.

## Einsatzszenarien

Konkrete Aussagen über das *langfristig* benötigte UAV-Gerät lassen sich erst dann treffen, wenn klar ist, welche Fähigkeiten der Bundeswehr aufgrund der politischen Zielsetzungen abverlangt werden. Die wesentliche Frage ist, welche Bandbreite potentieller Bedrohungsszenarien durch die Fähigkeiten der Bundeswehr abgedeckt werden soll. Sollen die deutschen

Streitkräfte selbst über weitreichende Fähigkeiten verfügen, um sich im Rahmen der NATO bei Kampfeinsätzen gegen potentielle Gegner robust behaupten zu können, oder erhält eine Beschränkung auf weltweite Peacekeeping-Missionen Priorität?

Im folgenden werden zwei Ansätze näher betrachtet, um einen Rahmen zu entwerfen, in dem eine zukünftige UAV-System-Struktur der Bundeswehr einzufügen wäre. Um diesen Rahmen sinnvoll ausgestalten zu können, ist die Bundeswehr aber auf langfristig kalkulierbare Vorgaben der Politik angewiesen. Aus ihnen ergeben sich die speziellen Einsatzanforderungen. Letztendlich sollten die verschiedenen Systeme nach Nutzen und Einsatzwahrscheinlichkeit beschafft werden.

Die Äußerungen von Bundesverteidigungsminister Struck vom 5. Dezember 2002 deuten auf erste Bestrebungen dieser Art hin. Langfristig sollen die europäischen Verteidigungskapazitäten koordiniert werden. So sind die nachfolgenden Beschaffungszahlen denn auch auf die europäischen Mitglieder der NATO bezogen, das zu beschaffende Gerät könnte nach dem Organisationsmodell der AWACS-Maschinen operieren. Die NATO betreibt einen multinationalen Pool von AWACS-Maschinen, aus dem je nach Einsatzanforderung Maschinen zugeteilt werden. Deutschland hat hier einen Aufwandsanteil von circa 30 Prozent.

Die nachfolgend empfohlenen Stückzahlen wurden mit Hilfe von Computersimulationen ermittelt und können als gesamteuropäischer Orientierungsrahmen gesehen werden. In den zugrunde gelegten Szenarien wird von einer umfassenden Zeit- und Raumabdeckung ausgegangen. Bei herabgesetzten Anforderungen würden entsprechend weniger Systeme benötigt.

### Szenario 1: Peacekeeping

Das erste Szenario geht von einem Engagement der Bundeswehr im Rahmen einer multinationalen friedenserhaltenden Mission aus, die unter dem Mandat der Vereinten Nationen stünde.

Da die in dieser Art von Mission eingesetzten Kontingente begrenzt sind, fällt der Lagebilderstellung mittels weniger aufwendiger Aufklärungssysteme eine Schlüsselrolle zu. Die Beschaffung von UAV-Systemen, die tendenziell einfachere und leichtere Aufklärungs- und Überwachungssysteme darstellen, wäre insofern die sinnvollste Investition in die Zukunft. Da die UAV-Systeme in diesem Szenario sämt-

lich unbewaffnet bleiben, könnten sich fremde Staaten auch leichter tun, für große HALE-UAV Überflugrechte zu gewähren.

Zur Unterstützung bodengebundener Peacekeeping-Elemente vor Ort ließen sich 20 bis 40 TUAV-Systeme mit jeweils 4 bis 8 unbemannten Fluggeräten beschaffen, die den dazu vorgesehenen Einheiten auf Brigadeebene zu unterstellen wären. Langfristig ist es im Hinblick auf größere Einsätze sinnvoll, die TUAV durch HALE und MALE als Informationsgewinnungsressourcen zu ersetzen, da diese wesentlich leistungsfähigere Plattformen darstellen. Selbstverständlich müßte gewährleistet sein, daß ihre Stückzahl ausreicht, um ein lückenloses Lagebild zu erstellen. In einem kleinen oder mittleren Rahmen, wie zum Beispiel bei KFOR oder ISAF, wären aber auch weiterhin TUAV in der Größe des LUNA-Systems die praktischste Lösung.

Auf europäischer Ebene ließen sich ergänzend 30 bis 70 HALE-UAV betreiben, die in erster Linie dazu dienen könnten, die Lücken der künftigen taktischen Satellitenaufklärung zu schließen. 70 Systeme würden für eine räumlich und zeitlich sehr weitreichende Überwachung der europäischen und an sie angrenzenden Seegebiete ausreichen. Diese Systeme könnten aber auch zusätzlich als Sensoren großer Reichweite für Flottenverbände dienen, die fern von Europa eingesetzt werden, zum Beispiel vor dem Horn von Afrika.

Die Basis der *strategischen* Aufklärung sind derzeit Satelliten. In Europa wird die Grundversorgung künftig primär durch die Kombination der deutschen SAR-LUPE- und der französischen HELIOS-II-Satellitenkonstellationen auf einem sehr hohen Niveau sichergestellt werden können. Zusammen werden sie den Kern eines europäischen Aufklärungsverbundes bilden, der sich durch HALE-UAV auf ideale Weise ergänzen ließe. Langfristig werden die Satelliten den Hauptteil der Aufklärung und Überwachung übernehmen. Die mit ihrer Hilfe gewonnenen Aufklärungsdaten werden sich in einem begrenzten Rahmen sogar auf der taktischen Ebene nutzen lassen und so auch kleineren Peacekeeping-Kontingenten zugute kommen. Bei einer durch die weltraumgestützte Aufklärung ermittelten Krisenlage wären die flexiblen HALE-UAV vorzüglich für eine komplementäre Schwerpunktbildung der Aufklärung geeignet. Mit ihnen ließe sich eine ständige Überwachung eines auch weit entfernten Zielgebietes zu moderaten Kosten und mit sehr viel weniger Aufwand bewerkstelligen, als bei einem Einsatz von Satelliten zu treiben wäre.

## Szenario 2: Robuste Militäreinsätze

Falls die politische Entscheidung getroffen würde, daß die Bundeswehr in der Lage sein soll, im europäischen oder NATO-Rahmen auch weltweit an größeren konventionellen Kampfhandlungen teilzunehmen, sind deutlich umfangreichere UAV-Strukturen erforderlich. Das Aufgabenspektrum würde neben der Gefechtsfeldüberwachung auch den bewaffneten Einsatz der UAV einschließen. Neben den Expeditionskomponenten sind auch »Heimatsysteme« erforderlich, die im Falle eines Konfliktes eine kontinuierliche Überwachung beziehungsweise Sicherung des europäischen Kontinents gewährleisten. Die sich aus diesen Anforderungen ergebenden Beschaffungsvorhaben sind ambitioniert und kostenträchtig. Immerhin würde durch den Einsatz unbemannter Systeme die Durchsetzungskraft der Streitkräfte bei geringeren personellen Verlustrisiken erhöht. Aufgrund ihrer technologischen Überlegenheit könnten sie durchaus als Element der Abschreckung dienen und so eventuell zur symmetrischen Konfliktvermeidung beitragen.

Die Informationsbasis würde auch in diesem Szenario durch die Kombination von strategischen europäischen Aufklärungssatellitensystemen bereitgestellt, die bei Bedarf zahlenmäßig aufgestockt werden könnten, um die Überwachungszeitfenster zu vergrößern. Langfristig nachfolgende Versionen von Satelliten sollten zusätzlich mit einer MTI-Fähigkeit zur Überwachung von sich bewegenden Fahrzeugen ausgestattet werden, um ihren taktischen Nutzwert zu erhöhen.

Um entlegene eingesetzten Truppen eine räumlich und zeitlich weitestgehend unabhängige Lagebilderstellung zu bieten, würden auf europäischer Ebene 100 bis 140 HALE-UAV die entscheidende Ergänzung zu den Aufklärungssystemen der Satellitenkonstellationen bilden können. Da diese UAV-Systeme über eine extrem große Ausdauer verfügen, könnten sie von wenigen Basen aus (z.B. Diego Garcia) global zum Einsatz kommen. Eine krisenbedingt oft schwierige, wenn auch wünschenswerte nahe Stationierung in Drittländern ist bei diesen Systemen nicht immer erforderlich.

Als taktische Vor-Ort-Überwacher könnten MALE-UAV dienen. Da dieser Typ einem einsatztaktisch bedingten erhöhten Expositionsrisiko ausgesetzt ist, wären in der genannten Größenordnung auch Ersatz-UAV mitgerechnet, um potentielle Verluste zeitnah ausgleichen zu können. Eine leichte Bewaffnung dieser Systeme (z.B. Mistral, IRIS-T, Brimstone oder

Trigat LR) könnte sie zu UCAV mit beachtlichem Potential ausrüsten, da neben der Überwachungsoption auch die Möglichkeit eröffnet würde, Luft- und Bodenziele zu bekämpfen. Zu denken wäre etwa an speziell für diese Aufgabe ausgelegte MALE-UCAV, die ausdauernd (> 24 h) relativ große Waffenlasten (ca. 1000 kg) über dem Einsatzgebiet bereitstellen könnten. Für eine großräumige Überwachung mit unterstützender Zerstörungsoption wären 240 bis 500 dieser Maschinen erforderlich.

Zur direkten Aufklärungsunterstützung der mechanisierten Kampfeinheiten sollten 50 bis 60 TUAV-Systeme mit jeweils 4 bis 12 TUAV dienen, die diesen auch direkt auf Brigadeebene unterstehen. Wie bereits erwähnt, könnten die von den TUAV gewonnenen Informationen langfristig durch weitere »Informationen aus dem Netz« ergänzt werden, zum Beispiel durch Satellitenbilder aus Datenbanken. Dieses Informationsnetz müsste selbstverständlich derart leistungsfähig und sicher sein, daß die große Zahl an unterstützenden UAV-Systemen effektiv geführt werden könnte.

## Fazit

Um die neuen Möglichkeiten, die Flugroboter bieten, im Vorfeld eines Beschaffungsvorhabens praktisch zu evaluieren, sollte eine umfangreiche und eingehende Einsatzerprobung moderner UAV-Systeme erfolgen. Wie schon auf Seite 10 erwähnt, haben die innovativen schwedischen Streitkräfte bereits einen solchen Versuchsbetrieb eingeleitet. Die aus Kostengründen zu bevorzugende multinationale Beschaffung einiger weniger Flugzeuge (drei bis fünf EAGLE II/PREDATOR B-03/HERON TP) könnte wertvolle Erfahrungen liefern, die sich bei einer späteren Systemeinführung als nützlich erweisen dürften. Die USA und Großbritannien pflegen bereits einen solchen internationalen Erfahrungsaustausch mit einem Verbindungsbüro zur Koordination der Aktivitäten bei UCAV-Systemen.<sup>60</sup>

In einem solchen Rahmen können sowohl HALE- als auch MALE-Taktiken- und -Einsatzmöglichkeiten in großem Umfang erprobt und nach Effizienzkriterien beurteilt werden. Zusätzlich könnten angesichts der technisch und taktisch noch am Anfang stehenden Entwicklung bei einer mittelfristigen Beschaffung zwischenzeitlich weitere technische Verbesserungen in neue Muster einfließen.

In der Gesamtentwicklung ist eine multinationale Arbeitsteilung anzustreben. Dies bedeutet, daß sich eine Nation beispielsweise auf das HALE-, eine andere Nation auf das MALE-System konzentrieren sollte. Diese Teilsysteme würden sich, bei gemeinsamen Schnittstellen, zusammen in einem Gesamtkomplex sinnvoll ergänzen. Dabei ließen sich die häufig in internationalen Gemeinschaftsentwicklungen auftretenden Probleme wie Kostensteigerung und Zeitverzögerung vermeiden. Eine derartige Aufgabenteilung im Rahmen einer Zusammenarbeit hat bereits bei dem sich exzellent ergänzenden HELIOS-II- und SAR-LUPE-Programmen beispielhaft funktioniert.

Die gewonnenen Lagebilddaten der UAV-Systeme sollten auch beim Kommando Strategische Aufklärung zusammengeführt werden können, das dann als effizienter Lagebilddienstleister für die gesamten Streitkräfte und die politische Führung fungieren könnte. Begrüßenswert wäre die Eingliederung der

bislang der Heeresartillerie unterstellten Drohnensysteme.

Da sich die Entwicklung der bewaffneten UCAV noch in einem frühen Stadium befindet, wären auch hier eingehende Tests anzuraten. Eine Beteiligung an den schon fortgeschrittenen US-Programmen wäre, wie schon bei dem bemannten X-31-Programm praktiziert, ebenfalls denkbar. In den USA wird die Weiterentwicklung eines Systems auch in der Beschaffungsphase in sogenannten Spiralen fortgeführt, so daß die Verbesserungen, die sich aus der praktischen Anwendung ergeben, in die jeweilige aktuelle Produktion einfließen. Zuvor hergestellte Muster sind derart ausgelegt, daß sie auf den aktuellen technischen Stand nachgerüstet werden können.<sup>61</sup> Dieses Entwicklungsmodell könnte für das weitere Vorgehen durchaus als Orientierung dienen.

Aufgrund der bereits bestehenden starken bemannten Luftangriffskapazitäten der Bundeswehr ist eine potentielle Beschaffung solcher fliegenden Kampfroboter eine eher langfristige Angelegenheit. Das gilt jedenfalls unter der Voraussetzung, daß die bemannten Systeme nicht vorzeitig außer Dienst gestellt werden sollen.

Anfang der sechziger Jahre wurde angenommen, daß das bemannte Flugzeug stark an Bedeutung verlieren und umfassend durch Lenkflugkörper verdrängt würde. Spätestens während des Vietnamkriegs stellte sich dies jedoch als Irrtum heraus. Heute spricht sehr viel dafür, daß der Mensch seine Intelligenz als steuerndes Element einsetzen und sich zunehmend von der unmittelbaren Frontlinie zurückziehen und sie den ferngesteuerten Maschinen überlassen wird. Die fliegenden Roboter-Systeme bilden dabei lediglich den Anfang.

<sup>60</sup> Gail Kaufman, Pentagon to Establish Joint Office for UCAVs, in: Defense News, 6.1.2003, S. 10.

<sup>61</sup> Nick Cook, Armed and Dangerous, in: Jane's Defence Weekly, 8.1.2003, S. 22.

**Tabelle**  
**Ausgewählte Plattformen im Vergleich**

Firma	Plattform	Gewicht in kg	Länge in m	Spannweite in m	Nutzlast in kg	V max in km/h	Ausdauer in h	Gipfelhöhe in m	Klasse
Northrop Grumman	GLOBAL HAWK	11 600	13,5	35,4	900	630	36+	+ 19 000	HALE-UAV
General Atomics	PREDATOR B 001	4 500	10,7	19,5	680	390	25+	15 200	HALE-UAV
EADS	EAGLE II	3 600	13,0	26,0	500	450	23+	13 500	MALE-UAV
ELBIT	HERMES 1500	1 500	9,5	15,3	350	225	24+	9 200	MALE-UAV
EADS	EAGLE	1 150	8,9	16,3	250	230	23+	7 500	MALE-UAV
IAI	HERON	1 100	8,5	16,6	250	220	50+	9 200	MALE-UAV
Bell	EAGLE EYE	1 000	5,5	15,2	90	440	5	6 100	Tiltrotor-TUAV
IAI	HUNTER	730	6,9	8,9	110	205	12+	4 600	TUAV
General Atomics	PREDATOR A	690	8,2	14,8	200	220	40+	7 600	TUAV
ELBIT	HERMES 450	450	6,1	10,7	n.n.	175	20+	5 500	TUAV
IAI	RANGER	275	4,6	15,1	45	135	5+	4 600	TUAV
AAI	SHADOW 600	265	4,8	6,8	40	190	13	4 800	TUAV
AAI	SHADOW 400	200	3,8	5,1	30	185	5	3 700	TUAV
STN Atlas	KZO	160	2,3	3,4	25	220	3,5+	3 500	TUAV
AAI	SHADOW 200	150	3,4	3,9	25	230	5+	4 500	TUAV
EMT	X-13	130	2,3	5,1	30	180	6	3 100	TUAV
ELBIT	MiniV	50	2,7	3,7	n.n.	185	5+	4 600	TUAV
EMT	LUNA	30	2,3	4,2	4	100	3,5+	3 000	TUAV

## Abkürzungen

ACAS	Automatic Air Collision Avoidance System
AESA	Active Electronically Scanned Array
AGS	Airborne Ground Surveillance
AMTI	Air Moving-Target Indication
AWACS	Airborne Warning and Control System
BDA	Bomb Damage Assessment
C <sup>2</sup>	Command and Control
CAS	Close Air Support
COTS	Commercial Off The Shelf
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DASH	Drone Anti-Submarine Helicopter
EADS	European Aeronautic, Defense and Space Company
EMD	Engineering, Manufacturing and Development
EMT	Elektro-Mechanische-Technologien
ERAST	Environmental Research Aircraft and Sensor Technology
GMTI	Ground Moving-Target Indication
GPS	Global Positioning System
HALE	High Altitude Long Endurance
IAI	Israel Aircraft Industries
INS	Inertial Navigation Systems
ISAF	International Security Assistance Force
KFOR	Kosovo Force
KZO	Kleinfluggerät-Zielortung
LCC	Life Cycle Cost
LOCAAS	Low Cost Autonomous Attack System
LUNA	Luftgestützte Unbemannte Nah- aufklärungsausstattung
MALE	Medium Altitude Long Endurance
MALI	Miniature Air-Launched Interceptor
MAV	Mikro-UAV
MTI	Moving Target Indicator
MOTS	Military Off The Shelf
MPA	Maritime Patrol Aircraft
MUAV	Mini Unmanned Aerial Vehicles
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NORAD	North American Air Defense System
OAV	Organic Air Vehicle
SAM	Surface-to-Air Missile
SAR	Search and Rescue
SAR	Synthetic Aperture Radar
SEAD	Suppression of Enemy Air Defense
SIGINT	Signal Intelligence
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TCO	Total Cost of Ownership
TUAV	Tactical Unmanned Aerial Vehicles
UAD	Unmanned Aerial Device
UAV	Unmanned Aerial Vehicles
UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicles
UNMOVIC	United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission
WASAAMM	Wide Area Search Autonomous Attack Miniature Munition
WSO	Waffensystemoffizier
ZASBw	Zentrum für Analysen und Studien der Bundeswehr