

Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift

Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft

Band: 171 (2005)

Heft: 10

Artikel: Marschflugkörper : Kategorien, Technologie, Leistungsfähigkeiten, Proliferation, Bedrohung, Abwehr

Autor: Bättig, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69913>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Marschflugkörper: Kategorien, Technologie, Leistungsfähigkeiten, Proliferation, Bedrohung, Abwehr¹

Marschflugkörper (Cruise Missiles; CM) haben erstmals im Golfkrieg von 1991 operationell bewiesen, wie wirkungsvoll sie für die Bekämpfung von vorgängig aufgeklärten statischen Landzielen verwendet werden können. Später sind sie fast in allen Luftkriegen² eingesetzt worden, in welche die US-Luftstreitkräfte involviert gewesen sind, und dies in immer grösserer Anzahl. Sie haben somit die zunehmende Bedeutung belegen können, welche ihnen im Rahmen der modernen Kriegführung zukommt.

Thomas S. Bättig*

Immer wieder wird in letzter Zeit aber auch von Cruise Missiles im Zusammenhang mit der so genannten «asymmetrischen Bedrohung» gesprochen. Ist die These, dass Cruise Missiles auch von nicht-staatlichen Organisationen eingesetzt werden können, realistisch?

Mit der zunehmenden Bedeutung von Cruise Missiles in der modernen Kriegsführung stellt sich natürlich auch die Frage, wie man sich gegen die Bedrohung, welche von dieser Waffenart ausgeht, zur Wehr setzen kann.

Ziel dieses Beitrages ist es, die Fähigkeiten und Leistungsgrenzen von Cruise Missiles aufzuzeigen. Darüber hinaus soll er auch die daraus resultierende, aktuell und zukünftig im Rahmen des gesamten Spektrums der Kriegsführung effektiv von Marschflugkörpern ausgehende Bedrohung darlegen und die Probleme beschreiben, welche sich bei der Abwehr von Cruise Missiles stellen. Ausserdem soll er einen Eindruck darüber vermitteln, welcher Aufwand betrieben werden muss, um einen zuverlässigen Schutz vor solchen Waffen gewährleisten zu können.

1. Kategorien von Cruise Missiles, deren Fähigkeiten und Leistungsgrenzen

Unter dem Begriff *Cruise Missile* versteht man grundsätzlich einen land-, luft- oder seegestützten Flugkörper, der über einen eigenen Antrieb verfügt und sich auf einer aerodynamisch stabilisierten Flugbahn bewegt. Er ist in der Lage, nach dem Abfeuern ein zuvor ohne direkte Line-of-Sight-Zielzuweisung programmiertes Ziel ohne weitere Einwirkung der Abschussplattform und ohne aktive Handlungen des Gegners (z.B. Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen) zu finden und zu treffen. Seine Reichweite liegt dabei im mittleren bis grossen Bereich (d.h. 30 km und mehr).

Gemäss dieser Grunddefinition kann man heute zwei verschiedene Kategorien von Lenkwaffen unterscheiden, welche allgemein unter dem Sammelbegriff *Cruise Missiles* zusammengefasst werden. Es sind dies einerseits die *Land Attack Cruise Missiles (LACM)*, die sich zur Bekämpfung von Landzielen in einer komplexen Umgebung eignen, und andererseits die primär zur Schiffsbekämpfung verwendeten *Anti-Ship Missiles*.

*Missiles (AShM).*³ Als vermeintlich dritte Kategorie werden verschiedentlich im Zusammenhang mit Cruise Missiles auch immer wieder Unmanned Aerial Vehicles (UAV) respektive Drohnen erwähnt. Diese Fluggeräte haben zwar zahlreiche Eigenschaften mit CM gemeinsam und decken ein sehr breites Leistungsfähigkeitsspektrum ab. Da sie sich jedoch bezüglich gewisser technischer Faktoren und einsatzspezifischer Parameter deutlich von richtigen CM unterscheiden, scheint es zweckmässig, diese Kategorie separat als UAV und nicht unter dem Begriff Cruise Missiles zu betrachten. Die Einbindung des Themas UAV würde den Rahmen dieses Beitrages überdies sprengen.

Man unterscheidet zwei verschiedene Kategorien von Lenkwaffen, welche unter dem Sammelbegriff *Cruise Missiles* zusammengefasst werden:

Land Attack Cruise Missiles
und *Anti-Ship Missiles*.

1.1 Land Attack Cruise Missiles (LACM)

LACM sind see-, luft- oder bodengestützte⁴ Lenkwaffen, die zur Bekämpfung von vorgängig aufgeklärten statischen Landzielen hoher Wichtigkeit eingesetzt werden. Solche Ziele sind oft mit Abwehrmitteln grosser Reichweite (GBADS: Ground-based Air Defence Systems) gut geschützt, weshalb es vorteilhaft ist, sie aus Distanz – d.h. mit LACM – zu bekämpfen, um die eigenen Verluste zu minimieren.

* Thomas S. Bättig, 1972, dipl. Werkstoff-Ing. ETH, arbeitet als technischer Analyst bei der Schweizer Luftwaffe. In seiner Milizfunktion ist er Nachrichtenoffizier (Major) der Mob Flab Lwf Abt 11.

Start einer LACM vom Typ UGM-109C Block IIIC TOMAHAWK von einem getauchten U-Boot der US Navy. Die TOMAHAWK ist die bekannteste aller LACM, da sie im Golfkrieg von 1991 als erste Cruise Missile zur präzisen Bekämpfung von Bodenzielen operationell eingesetzt wurde. Entsprechend viel Aufmerksamkeit zog die Waffe in den Medien auf sich.

Foto: US Navy

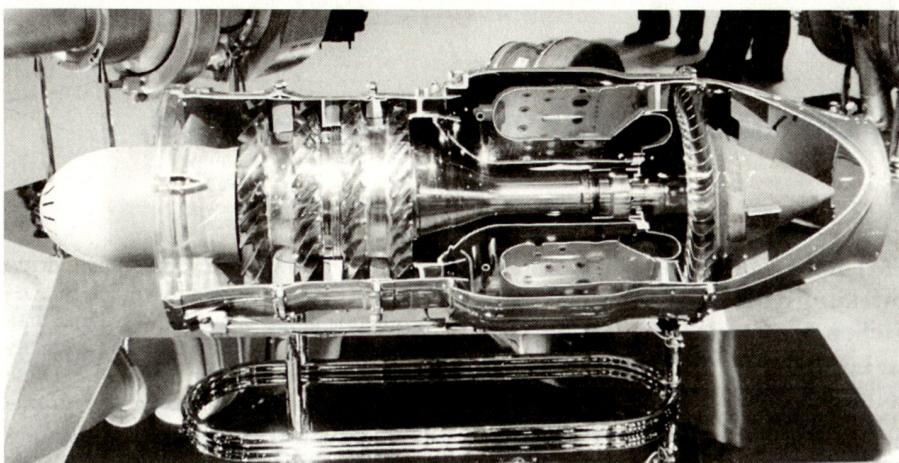


¹ Dieser Beitrag stellt die unklassifizierte Version einer klassifizierten Studie der Schweizer Luftwaffe dar.

² DELIBERATE FORCE (Balkan 1995); Sudan & Afghanistan (1998); DESERT FOX (Irak 1998); ALLIED FORCE (Balkan 1999); ENDURING FREEDOM (Afghanistan 2001); IRAQI FREEDOM (Irak 2003).

³ Anti-Ship Missiles werden in der Literatur auch oft als Anti-Ship Cruise Missiles (ASCM) bezeichnet.

⁴ Die derzeit bekannten operationellen LACM sind see- (U-Boot, Überwasserriegsschiff) oder luftgestützt (Bomber, Kampfflugzeug). Bodengestützte Systeme sind jedoch ohne grösseren Aufwand aus den bestehenden Systemen zu entwickeln.



Schnitt durch einen Turbojet des Typs Microturbo TRI 60-30. Er treibt die LACM STORM SHADOW/SCALP-EG, BLACK SHAHEEN und APACHE an und liefert einen Maximalschub von 5.5 kN. Sein Durchmesser beträgt 34 cm, die Länge 107 cm. Er wiegt 66 kg. Triebwerke dieser Art gehören zu den Schlüsselkomponenten im LACM-Bau.

Foto: Autor

Die Reichweiten der heutigen LACM liegen in der Regel im Bereich zwischen 250 und 3000 km. Eine solche Leistung des Waffensystems verleiht gleichzeitig auch die Fähigkeit, aus dem Stand, das heißt ohne aufwändige und auffallende Verlegung von Einheiten in die Nähe des Zielgebiets und/oder ohne Verletzung von Hoheitsgebieten mit bemannten Einsatzmitteln, überraschend zuschlagen zu können.

Die geforderte Reichweite und weitere, für einen erfolgreichen Einsatz nötige Eigenschaften der Waffe stellen eine ganze Reihe von Anforderungen an den *Antrieb*, die *Navigation*, die *Sensorik*, die *Wirkladung* und die *Zelle* eines solchen Flugkörpers.

Die Leistungsfähigkeit einer LACM verleiht die Fähigkeit, aus dem Stand, das heißt ohne aufwändige und auffallende Verlegung von Einheiten in die Nähe des Zielgebiets, überraschend zuschlagen zu können.

LACM besitzen zumeist ein kleines, ökonomisches Turbofan- oder Turbojet-Triebwerk, welches einen regelbaren Schub abgeben kann und dem Flugkörper ansehnliche, den Anforderungen angepasste Flugeleistungen über die gesamte Flugstrecke ermöglicht. Die Mehrzahl der LACM ist damit in der Lage, Fluggeschwindigkeiten im hohen Unterschallbereich zu erzielen und den Luftwiderstand zu kompensieren, welcher bei Flugmanövern mit Lastvielfachen von 3 g und mehr entsteht. Die Werte des Schub/Gewichtsverhältnisses (T/W-Ratio)⁵ der Flugkörper liegen je nach Anforderungsprofil zwischen 0.15 und 0.5, wobei der übliche Wert etwa 0.3 beträgt.

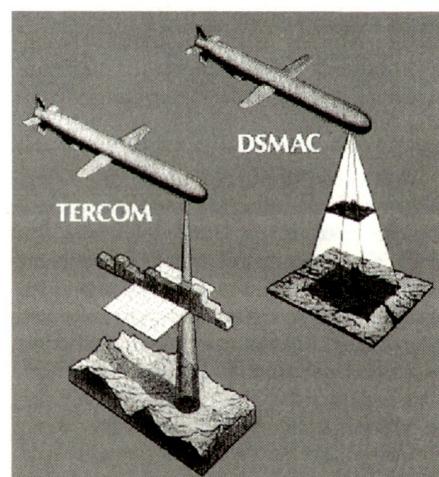
Turbojets weisen eine einfachere Konstruktion auf als Turbofans; sie sind deshalb

leichter und billiger. Allerdings ist ihr spezifischer Kraftstoffverbrauch höher. Deshalb wird in der Regel bei LACM mit kürzeren Einsatzdistanzen ein Turbojet als Antrieb gewählt, während der Turbofan das bevorzugte Aggregat bei Flugkörpern größerer Reichweite ist.

Eine komplexe Avionik stellt die automatische Navigation im zumeist gelände-optimierten Marschflug sicher. Sie sorgt dafür, dass die LACM auf einer vor dem Start geplanten Flugroute im Terrainfolgeflug in extrem niedriger Höhe mit hoher Unterschallgeschwindigkeit operieren kann. Herzstück einer solchen Navigationsausrüstung stellt jeweils eine Trägheits-navigationsplattform (INS: Inertial Navigation System) dar, die ihrerseits aus Gyros und Accelerometern besteht. Obwohl die heute verwendeten mechanischen und Laserring-basierten Gyros sehr genau arbeiten, beträgt die von der Zeit abhängige Abweichung eines INS immer noch mehrere hundert Meter pro Flugstunde. Deshalb muss zum Erreichen der für eine LACM erforderlichen Navigationsgenauigkeit ein zusätzliches Hilfsmittel herangezogen werden, welches das INS unterstützt. Dieses Hilfssystem muss den Kurs der Lenkwaffe laufend oder periodisch auf Grund eines Vergleichs der aktuellen Position mit den Vorgaben korrigieren können. Zwei Systeme stehen dabei heute im Vordergrund: TERCOM (Terrain Contour Matching) und Satellitennavigation⁶ (GPS; Global Positioning System). Auch IIR- und Radarbild-basierte Referenzsysteme werden verwendet, sind aber seltener. All diese Systeme ermöglichen den LACM einen mehr oder weniger guten Einsatz unter Allwetterbedingungen.

TERCOM basiert auf gespeicherten Geländekarten, welche mit radarbestückten Satelliten erstellt wurden.⁷ Ist für eine LACM eine Flugroute bestimmt worden, so weist das Gelände unter dieser Route eine nahezu eindeutige Kontur auf. Beim Überflug über einen zuvor festgelegten

Geländeausschnitt tastet ein in die LACM eingebauter Radarhöhenmesser das Gelände ab, bestimmt anhand eines Vergleichs mit den gespeicherten, aus der Geländekarte stammenden Solldaten die effektive Position und korrigiert die Flugbahn der Lenkwaffe entsprechend. Mit TERCOM können auf diese Weise autonom Positionsabweichungen (bei 50%iger Wahrscheinlichkeit) von weniger als 100 m erzielt werden, was für nuklear bestückte Cruise Missiles in der Regel bereits eine ausreichende Genauigkeit zur Zielbekämpfung darstellt. Der erwähnte Radarhöhenmesser wird jeweils auch dazu verwendet, um eine dem Geländeprofil angepasste Flugbahn der Lenkwaffe in niedriger Flughöhe sicherstellen zu können. Varianten von TERCOM werden auch als TRN/TERNAV (Terrain Reference Navigation) oder TERPROM (Terrain Profile Matching) bezeichnet; diese Systeme arbeiten in etwa auf dieselbe Weise.



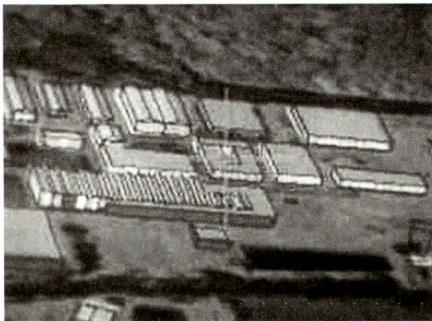
Funktionsweise des Navigationshilfssystems TERCOM, das auf gespeicherten Radargeländekarten und einem Radarhöhenmesser basiert, und von DSMAC (Digital Scene Matching and Area Correlation), einem auf gespeicherten Zielbildern und einem IIR-Sensor basierenden System für den Endanflug.

Darstellung: Archiv Autor

⁵ T/W-Ratio: Thrust-to-Weight Ratio; Schub/Gewichtsverhältnis.

⁶ Derzeit wird das US-System Navstar GPS verwendet, da es als derzeit einziges eine weltweit flächendeckende Konstellation aufweist. Mit den zunehmenden Anstrengungen Russlands bezüglich GLONASS und der Europäer bezüglich GALILEO werden diese Systeme mittel- bis langfristig hinsichtlich der Anwendung im militärischen Bereich ebenfalls eine Rolle spielen.

⁷ Man kann davon ausgehen, dass zumindest den US-Streitkräften inzwischen TERCOM-Daten der ganzen Welt zur Verfügung stehen.



Der Endanflug einer STORM SHADOW aus der Ansicht des IIR-Sensors der LACM. Die Referenzlinien stammen von einer Aufklärungsaufnahme, die zusammen mit dem Zielpunkt (DMPI) ins automatische Zielerkennungssystem der LACM geladen wurde. Durch Korrelation von Referenzlinien und IR-Aufnahme des Sensors kann die Lenkwaffe den DMPI finden, anfliegen und präzise treffen.

Foto: MBDA

GPS ist als Navigationshilfe heute jeder-
mann bekannt. Ein Marschflugkörper
benötigt zu deren Nutzung lediglich einen
GPS-Empfänger, welcher so ins Naviga-
tionssystem integriert ist, dass er das INS
unterstützen respektive korrigierend ein-
greifen kann. Damit eine gute Genauigkeit
bei der Positionsbestimmung erzielt wird,
müssen jeweils die Signale von mindestens
vier Satelliten gleichzeitig empfangen wer-
den, wobei deren Positionskonstellation
ebenfalls Auswirkungen auf diese Genauig-
keit hat. Je nach System und Konstellation
sind damit Positionsabweichungen (bei
50%iger Wahrscheinlichkeit) der LACM
von unter 10 m, in einigen Fällen sogar
unter 6 m erzielbar. Diese Genauigkeit
reicht in vielen Fällen bereits aus, um bei
statischen Zielen mit konventionellen Ge-
fechtsköpfen den gewünschten Effekt zu
erzielen. Allerdings bewirkt die GPS-un-
terstützte Navigation im Gegensatz zu ei-
nem TERCOM-System eine Abhängig-
keit von externen Systemen, welche sich
unter Umständen negativ auswirken kann.

Der heute dank moderner Naviga-
tionssysteme und Sensorik mögliche
CEP von Land Attack Cruise Missiles
kann kleiner als drei Meter sein.

In vielen Fällen wird die Navigationsan-
lage für den Endanflug auf das Ziel noch
mit einer speziellen Sensorik ergänzt, wel-
che die Zielgenauigkeit und die Präzision
noch weiter verbessert. Zumeist wird ein
bilderzeugender Infrarotsensor verwendet.
Dieser produziert im Endanflug eine Ziel-
aufnahme und vergleicht diese mit einer
vor Missionsbeginn abgespeicherten Ziel-
aufklärungsaufnahme, welche ihrerseits mit
charakteristischen Referenzlinien und dem
genauen Zielpunkt versehen wurde. Der
Sensor ist auf Grund seiner integrierten

Objekterkennungsalgorithmen fähig, die Referenzlinien des Aufklärungsbildes auf der Zielbildaufnahme zu erkennen, den vorgesehenen Zielpunkt im Ziel⁸ zu be-
stimmen und den Flugkörper entsprechend zu steuern. Der heute dank einer solchen Sensorik mögliche CEP⁹ beträgt weniger als 3 m.

Abgesehen von einigen Ausnahmen sind die heutigen Land Attack Cruise Missiles reine «Fire-and-Forget»-Waffen, das heisst, dass man sie nicht mehr beeinflussen kann, wenn sie einmal abgefeuert wurden. Nur wenige Typen (z.B. die neue TOMAHAWK-Version BGM-109E TACTOM) sind mit einem Datalink ausgerüstet, sodass man ihre Mission abbrechen, einen Zielwechsel im Flug vornehmen oder gar mobile, zeitkritische Ziele bekämpfen kann. Folglich eignet sich die Mehrzahl der derzeit verfügbaren LACM nur zur Bekämpfung von statischen, zuvor aufgeklärten Zielen mit bekannter Position. Es sind allerdings im Bereich der Integration von Datalinks diverse Bestrebungen im Gange, sodass zu erwarten ist, dass mittel- bis langfristig vermehrt LACM mit Aufdatierungsfähigkeit während des Fluges verfügbar sein werden.

Eine LACM-Zelle ist mehr oder weniger eine Kompromisslösung zwischen guter Aerodynamik, grossem Volumen, geringer Grösse, geeigneter Form, Stealth-Technologie und kostengünstiger Bauweise.

Die Konstruktionsweise des Rumpfes und der Tragflächen muss zusammen mit dem Antrieb (siehe oben) sicherstellen, dass der Flugkörper die Anforderungen bezü-

lich Fluggeschwindigkeit und Manövri-
fähigkeit erfüllen kann. Diese beiden Para-
meter sind hinsichtlich der Überlebens-
fähigkeit der LACM und der Sicherstel-
lung der Wirkung im Ziel wichtig. Übliche
Geschwindigkeiten von LACM liegen
zwischen Mach 0.6 und 0.9, während die
von den meisten Typen im Marschflug er-
zielbaren Lastvielfachen rund 3 g betragen.
Einige LACM erfordern auf Grund ihrer
speziellen Wirkladung im Endanflug
Manöver (z.B. Pop-up), bei welchen sie
kurzzeitig auch deutlich höhere Lastviel-
fache ertragen müssen. Grundsätzlich kann
davon ausgegangen werden, dass LACM
mit grösseren Flügel- und Steuerflächen,
gepaart mit einer hohen T/W-Ratio gute
Manövrfähigkeiten aufweisen, während
kleine Tragflächen und eine niedrige
T/W-Ratio bescheidene Leistungswerte
ergeben.

Die LACM-Zelle sollte einerseits das
Volumen aufweisen, um genügend Platz
für die nötige Ausrüstung (Gefechtskopf,
Antrieb, Treibstoff, Avionik) bieten zu kön-
nen. Andererseits sollte der Flugkörper aber
so klein wie möglich und entsprechend
geformt sein, damit er der Einsatzplattform
das Mitführen möglichst vieler Waffen er-

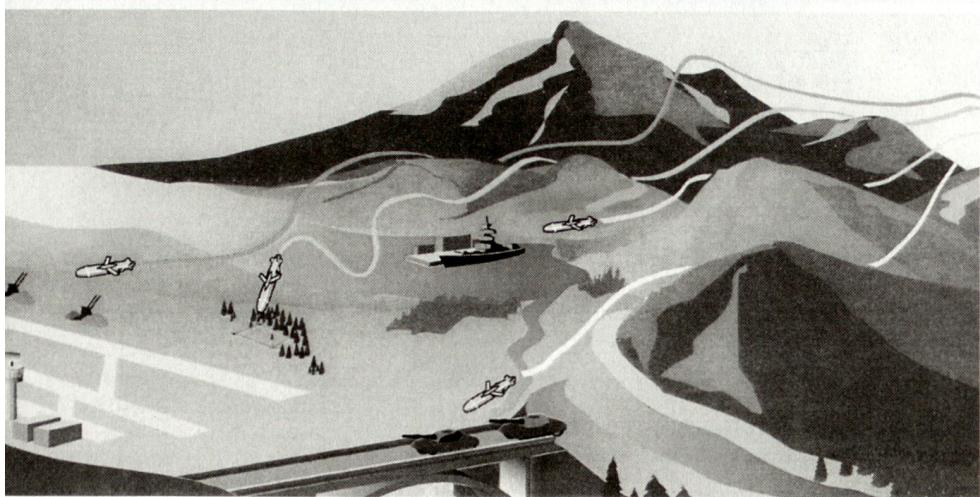
⁸ Zielpunkt: International wird die Bezeichnung DMPI (Desired Mean Point of Impact) verwendet. Zur Bekämpfung eines Ziels werden beim Targeting ein oder mehrere DMPIs definiert.

⁹ CEP: Circular Error Probable. Def.: Kreis mit angegebenem Radius um das vorgesehene Ziel, in dem 50% aller abgefeuerten Waffen eines Typs einschlagen. Die Einschlagspunkte der zweiten 50% der Waffen werden nicht berücksichtigt.



Die JASSM ist zusammen mit der AGM-129A wohl jene LACM, bei welcher die Stealth-Kriterien bisher am radikalsten umgesetzt wurden. Die Formgebung und die extrem glatte, kantenlose Oberfläche sorgen dafür, dass ihr RCS um mehrere Größenordnungen kleiner ist als jener eines gewöhnlichen Kampfflugzeugs.

Foto: Autor



Typische Einsatzmodi von modernen LACM: Konturenangepasster Tiefstflug mit anschliessendem horizontalen Zielüberflug (Zünder auf «Airburst») gegen weiche oder halbharte Ziele; Pop-up und senkrechter Sturzflug gegen sehr harte, verbunkerte Ziele; Dive-Attack gegen Hafenanlagen, Brücken und andere Infrastrukturziele.

Darstellung: Taurus Systems GmbH/Autor

möglich und die optische Sichtbarkeit so gering wie möglich ausfällt. Die Grösse und insbesondere die Form sind außerordentlich wesentliche Parameter hinsichtlich der Entdeckbarkeit mit Radar. Flugkörper mit nach Stealth-Kriterien optimierten Zellen weisen eine um Grössenordnungen reduzierte Radarrückstrahlfläche (RCS)¹⁰ auf, was wiederum ihre Detektionsdistanz mit Radar wesentlich verkürzt. Für eine grösstmögliche Reduktion des RCS sind neben der Form auch die verwendeten Werkstoffe, die Oberflächenbeschaffenheit und allfällige Beschichtungen der Zelle relevant. Kleinste Details können dabei schon grosse Effekte zeigen. In einigen Fällen wird die Freiheit in der Formgebung der LACM durch die Einsatzplattform bereits stark eingeschränkt. Soll die Lenkwaffe z. B. aus Torpedorohren von U-Booten abgefeuert werden können, so ist ihr Querschnitt (rund) bereits vorgegeben, weshalb bei anderen Gesichtspunkten grosse Kompromisse eingegangen werden müssen.

Als LACM-Wirkladungen sind heute sowohl konventionelle Gefechtsköpfe (herkömmliche, bezüglich des Effektes gewöhnlichen Sprengbomben ähnliche HE-Druck/Splitterladungen, spezialisierte Penetratoren und Tandem-Gefechtsköpfe zur Bekämpfung verbunkerten Ziels, Clustermunition zur Ausschaltung von Flächenzielen [lethale und nicht-lethale, spezialisierte Ladungen¹¹] als auch A-Waffen verfügbar. So genannte E-Gefechtsköpfe (EMP-Erzeuger¹²) zur Ausschaltung von elektronischen Komponenten in Waffensystemen und Kommunikationsanlagen sollen ebenfalls vorhanden oder zumindest in Entwicklung sein. Des Weiteren ist die Verwendung von B- und C-Waffen denkbar; die Verwendung von LACM als deren Trägermittel ist derzeit jedoch nicht nachgewiesen.

Ein besonders grosser Effort wurde in den letzten Jahren geleistet, um Gefechtsköpfe zu entwickeln, welche eine hohe Pe-

ntrationsfähigkeit aufweisen. Der Grund hierfür ist der, dass LACM als Waffen der ersten Stunde in einem Konflikt zur Bekämpfung von Kommandozentralen und anderen wichtigen militärischen sowie industriellen Anlagen eingesetzt werden. Diese sind oft verbunkert oder unterirdisch angelegt. Man benötigt also eine gute Durchschlagsfähigkeit durch Erde, Sand, Stein und Beton, um den gewünschten Effekt im Ziel erzeugen zu können. Bisher wurde auf drei verschiedene Arten versucht, die erforderliche Penetrationsfähigkeit zu erreichen:

- Erstens mit so genannten kinetischen Penetratoren, d. h. schlanken, pfeilförmigen Gefechtsköpfen (Darts) aus hartem Material hoher Dichte, die auf Grund ihrer Masse, ihrer Form und der Geschwindigkeit beim Auftreffen auf dem Ziel einen extrem hohen Druck erzeugen und so durch Stahlbeton hindurchstossen können. Die Gefechtsköpfe enthalten im hinteren

Bereich des Darts den Sprengstoff, welcher nach dem Durchschlagen einer Wand zur Explosion gebracht wird. Sein Anteil ist allerdings im Vergleich zur Gesamtmasse des Gefechtskopfes klein (z.B.: AUP-3M der AGM-86D).

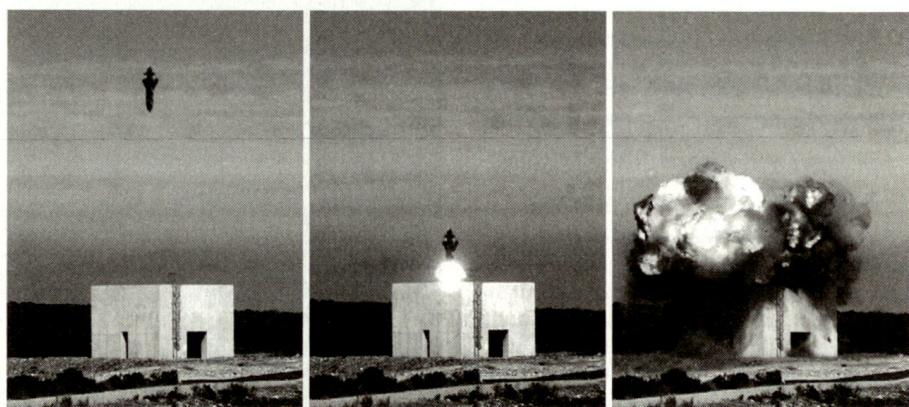
- Zweitens mit einem Tandem-Gefechtskopf, der aus einer geformten, so genannten «Augmenting Charge» (AC) und einer «Follow-Through Bomb» (FTB) besteht. Dabei schlägt die AC, welche etwa 30% der Masse des Gefechtskopfes besitzt, ein Loch in die Wand, durch welche die FTB dann durchstossen und im Innern des Bunkers detonieren kann. Die Hauptarbeit bezüglich Penetration wird dabei von der AC geleistet (z.B.: BROACH der STORM SHADOW).

- Drittens ebenfalls mit einem Tandem-Gefechtskopf; dieser besteht hier allerdings aus einer kleinen Vorhohlladung und einem massiven, aber sehr schlanken kinetischen Penetrator. Die kleine Vorhohlladung, welche nur etwa 20% der Masse des gesamten Gefechtskopfes besitzt, dient hier lediglich zur Schaffung eines kleinen Lochs in der zu durchschlagenden Wand,

¹⁰ Radarrückstrahlfäche: Man benutzt hier oft die Abkürzung RCS, Radar Cross Section. Der RCS bezieht sich auf eine flache geometrische Fläche als Vergleich. Meist wird der RCS direkt von vorne (RCSfrontal) angegeben.

¹¹ Neben lethalen Ladungen, wie z. B. so genannten Combined Effects Bomblets (CEB), existieren auch nicht-lethale Ladungen, z. B. so genannte Graphite Fibre Bomblets zur Ausschaltung von Verteilerstationen in Kraftwerken.

¹² EMP: Electro-Magnetic Pulse. Durch einen so genannten elektromagnetischen Impuls können Überspannungen in elektronischen Komponenten erzeugt werden, welche dieses Bauteil zerstören, sofern es nicht mit entsprechenden Schutzschaltungen versehen wurde. Solche Waffen gehören zur Kategorie der HPM-Weapons (High-Power Microwave).



Die deutsch-schwedische KEPD350 TAURUS während der Testphase bei der Bekämpfung eines gehärteten Ziels. Die CM verfügt über den MEPHISTO, einen Tandem-Gefechtskopf mit Vorhohlladung und Penetrator. Es handelt sich hierbei wohl um das leistungsfähigste System zum Einsatz gegen verbunkerte Ziele. Der Gefechtskopf kann nicht nur mehrere Meter dicke Stahlbetonwände durchschlagen; sein Zünder ist auch in der Lage, verschiedene Layer zu erkennen und zu zählen. Daneben kann das System aber auch zur Zerstörung von weichen bis halbharten Zielen im Überflug/Airburst-Mode eingesetzt werden.

Fotos: Taurus Systems GmbH

Typ	Herkunftsland	Betreiberstaat	Einsatzplattform	Antrieb, Reichweite	Gefechtskopftyp
BGM-109C Block IIIC TOMAHAWK	USA	USA, GB	Kreuzer, Zerstörer, SSN, SSGN	Booster, Turbofan zirka 1600 km	320 kg unitary HE Blast/Frag.
BGM-109E Block IV TACTICAL TOMAHAWK	USA	USA; GB bestellt (NL interessiert)	Kreuzer, Zerstörer, SSN, SSGN	Booster, Turbofan zirka 1800 km+	320 kg unitary HE Blast/Frag.
AGM-86C CALCM	USA	USA	Bomber (B-52H)	Turbofan Block 0: 1400 km Block I: 1000 km	900 bzw. 1350 kg unitary HE Blast/Frag.
AGM-158A JASSM	USA	USA (AUS, NL interessiert)	Bomber, Kampfflugzeuge	Turbojet zirka 450 km	430 kg unitary HE Blast/Frag. beschränkt penetrationsfähig
AGM-84H SLAM-ER	USA	USA; ROK bestellt	Marineaufklärer, Kampfflugzeuge	Turobjet zirka 280 km	240 kg unitary HE Blast/Frag. beschränkt penetrationsfähig
STORM SHADOW, SCALP-EG	F, GB	F, GB; GR, IT in Einführung	Kampfflugzeuge	Turbojet zirka 500 km	450 kg Tandem Penetrator
BLACK SHAHEEN	F, GB	UAE geplant	Kampfflugzeuge	Turbojet zirka 400 km	360 kg unitary HE Penetrator & Blast/Frag.
KEPD350 TAURUS	D, SWE	D in Einführung; E bestellt (AUS, SWE interessiert)	Kampfflugzeuge	Turbofan zirka 600 km	500 kg Tandem Penetrator
Kh-555 «AS-15C»	Russland	Russland	Bomber (Tu-95MS, Tu-160)	Turbofan zirka 2500 km+	400 kg unitary HE, Blast/Frag.

Tab.1: Auswahl von Land Attack Cruise Missiles (LACM) mit konventionellen Gefechtsköpfen.

das diese etwas schwächen, aber insbesondere den kinetischen Penetrator stabilisieren soll. Die eigentliche Durchschlagsarbeit wird hier vom Penetrator geleistet. Letzterer enthält ebenfalls den Sprengstoff zur Effekterzielung im Innern des Bunkers (z.B.: Mephisto der TAURUS).

Mit solchen spezialisierten Gefechtsköpfen sind Durchschlagsleistungen durch Stahlbeton von mehreren Metern erzielbar. Tendenziell ist die dritte Art die leistungsfähigste, gefolgt von der zweiten.

Dem Zünder eines Gefechtskopfes dieser Art kommt ebenfalls eine zentrale Rolle zu. Es wurden bereits intelligente Systeme entwickelt, die Schichtarten erkennen und zählen können, sodass man bei der Verfügbarkeit entsprechender Informationen genau bestimmen kann, wo der Gefechtskopf detonieren soll.

Zum heutigen Zeitpunkt sind rund zwei Dutzend verschiedene LACM-Typen bekannt. Eine Auswahl davon ist in der Tabelle 1 ersichtlich.

1.2 Anti-Ship Missiles (AShM)

AShM sind see-, luft- oder bodengestützte Lenkwaffen, die primär zur Schiffsbekämpfung, sekundär auch zur Ausschaltung von Hafeninfrastruktur oder anderer Ziele im Küstenbereich verwendet werden. Diese Aufgaben sind deutlich weniger anspruchsvoll als die Bekämpfung von Landzielen in einer komplexen Umgebung. Deshalb sind AShM hinsichtlich der

Antischiffslenkwaffen sind hinsichtlich der Navigations-, der Sensorik- und der Gefechtskopftechnologie bedeutend einfacher ausgerüstet als LACM.

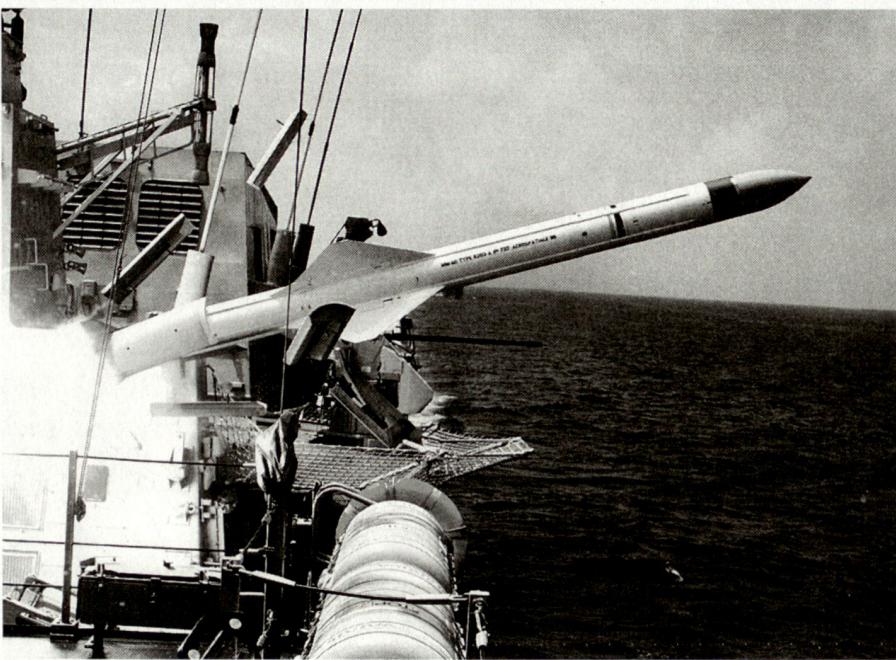
Navigations-, der Sensorik- und der Gefechtskopftechnologie bedeutend einfacher ausgerüstet als LACM.

Die Ausschaltung von Schiffen erfordert eine Lenkwaffe, die wenn möglich außerhalb des Überwachungsbereichs des Zielschiffs abgefeuert werden, sich mit möglichst hoher Geschwindigkeit im Tiefstflug, d.h. nahe der Meeresoberfläche,¹³ dem Schiff nähern und dieses treffen kann. Die hohe Geschwindigkeit und der Tiefstflug sollen dabei die für die Abwehrsysteme zur Verfügung stehende Reaktionszeit verkürzen, um der Lenkwaffe eine grosse Erfolgswahrscheinlichkeit zu garantieren.

AShM sind tendenziell schneller als LACM, haben dafür aber kürzere Reichweiten. Da die Meeresoberfläche bedeutend weniger komplex ist als das Geländeprofil über Land und die Lenkwaffe keine anspruchsvollen Flugmanöver durchführen muss, sind Geschwindigkeiten von Mach 0.9 und höher möglich und üblich. In einigen Fällen werden Mach 2 oder gar Mach 3 erreicht. Die Reichweiten liegen ihrerseits in der Regel zwischen 30 und 300 km.

Im Gegensatz zu einem statischen Landziel bewegen sich die typischen Ziele (Schiffe) von AShM während eines Bekämpfungsvorgangs, weshalb die Reichweite der Lenkwaffe beschränkt bleiben muss: Soll die AShM ihr Ziel treffen, so muss sich letzteres zumindest in der Nähe derjenigen Position befinden, welche der Waffe als vorausberechnete Zielkoordinate mitgegeben wurde. Meistens besitzt der Suchkopf als Sensor ein einfaches Pulsradar (aktiv) und/oder einen IR-Detektor. Die Zeitspanne zwischen dem Abfeuern der Lenkwaffe und dem Start der Zielsuche des Lenkwaffensuchkopfs muss sich also in einem bestimmten Rahmen halten, damit das Ziel den Suchsektor nicht verlässt, bevor die Lenkwaffe ihren Endanflugsensor aufschalten kann. Will man also die Reichweite des Flugkörpers vergrössern, so muss gleichzeitig entweder ein leistungsfähigerer Suchkopf mit grösserem Zielerfassungssektor oder grösserer Erfassungsreichweite eingebaut, die Fluggeschwindigkeit der Lenkwaffe vergrössert oder ein Datalink zu einem weit reichenden Sensor integriert werden.

¹³ Man spricht von so genannten «Sea-skimming Missiles».



MM.40 EXOCET beim Start ab einem Kriegsschiff. Die luftgestützte Version dieser Waffe (AM.39) erlangte während des Falkland-Krieges von 1982 Berühmtheit, als argentinische SUPER ETENDARD die HMS SHEFFIELD und die ATLANTIC CONVEYOR mit solchen Lenkwaffen versenkten.

Foto: MBDA

Um die geforderten Flugleistungen erreichen zu können, verwenden AShM unterschiedliche Antriebe. Lenkwaffen mit eher kürzeren Reichweiten besitzen einen einfachen Raketenantrieb, während solche mit grösseren Einsatzdistanzen entweder auf kleine Turbojets oder auf Staustrahltriebwerke zurückgreifen, die einen konstanten Schub über eine längere Zeitspanne abgeben und keinen Leistungsabfall aufweisen wie ein Raketenmotor. Der Staustrahlantrieb ermöglicht dabei eine sehr hohe Fluggeschwindigkeit bei gleichzeitig guter Reichweitenleistung.

In einigen Fällen kommen auch Kombinationen von Antrieben zur Anwendung, zum Beispiel ein Turbojet für den ersten Teil der Flugstrecke mit Unterschallgeschwindigkeit und ein Raketentriebwerk für den Endanflug mit Überschallgeschwindigkeit (z. B.: 3M54E CLUB).

Zur Navigation im Marschflug benutzen AShM meistens lediglich eine INS-Plattform. Die Zielkoordinaten werden vor dem Start der Lenkwaffe ins Navigationssystem eingegeben. Ein einfacher Radarhöhenmesser garantiert Einhaltung der programmierten, in einigen Fällen flugphasenabhängigen Flughöhe; er hat sonst aber keine weitere Funktion. Zur Zielerfassung im Endanflug wird ein zusätzlicher Sensor herangezogen. Da es vergleichsweise einfach ist, ein Objekt auf dem Meer (Schiff) oder im Küstenbereich (markante Gebäude von Hafenanlagen) mit Radar zu erfassen, wird zumeist ein einfacher Pulsradarsensor für diese Aufgabe eingesetzt.

Über einen Datalink verfügen AShM in der Regel nicht, sondern werden nach dem «Fire-and-Forget»-Prinzip eingesetzt. Zumeist sind die Waffen allwetterfähig.

Die Gefechtsköpfe von AShM sind opti-

miert zur Penetration von Schiffsrümpfen; sie sind im Vergleich zu jenen der meisten LACM-Typen jedoch eher klein. Oft reicht ein einziger Gefechtskopf nicht aus, um ein Kriegsschiff auszuschalten. Deshalb werden Mehrfachangriffstechniken angewandt, wenn es darum geht, ein grösseres Schiff zu bekämpfen.

Die Anzahl der heute verfügbaren AShMs ist sehr viel grösser als jene der LACM. Eine Auswahl ist in der Tabelle 2 ersichtlich.

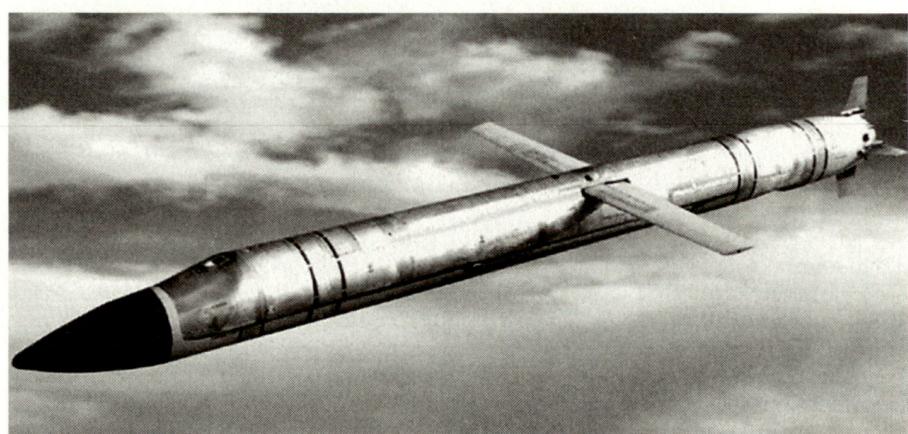
1.3 Modifikation von AShM zu LACM

Bei der Betrachtung der oben ausführten Merkmale der beiden CM-Kategorien werden die unterschiedlichen An-

forderungen und Fähigkeiten von LACM und AShM deutlich. Die Verbreitung von AShM ist viel grösser als jene von LACM (siehe Kap. 2.2). Eine Frage, die sich deshalb in diesem Zusammenhang stellt, lautet: Wie einfach bzw. schwierig ist es, eine bestehende AShM in eine LACM umzubauen?

Diese Frage kann nicht pauschal beantwortet werden. Im Prinzip ist jede einzelne AShM zu untersuchen, ob sie sich für einen Umbau eignet und wie gross der dazu nötige Aufwand ist. Allerdings kann dies auf der Grundlage der obigen Ausführungen relativ schnell entschieden werden.

Die rein äusserliche Formgebung und Grösse der AShM ist bereits entscheidend für die mögliche Leistungsfähigkeit als LACM bzw. ausschlaggebend für die Einfachheit, den Flugkörper entsprechend umzubauen. Kleine, schlanken Flugkörperzellen dürfen nur geringe Nutzlasten aufweisen und somit wenig Platz für die nötige Avionik, zusätzlichen Treibstoff und einen entsprechenden Gefechtskopf bieten (z. B.: PENGUIN, Kh-31A). Sie sind deshalb zum Vornherein ungeeignet für eine Modifikation. Für Lenkwaffen mit Raketenantrieb gilt dasselbe: Der Raketenmotor kann den Luftwiderstand, welcher durch das beim Marschflug einer LACM erforderliche Manövrieren über komplexem Terrain hervorgerufen wird, nicht über eine grössere Distanz kompensieren (z. B.: EXOCET, C-801/YJ-1). Entweder würde also die Reichweite erheblich zusammenschrumpfen, oder es müsste ein Turbojet integriert werden. Letzteres bedeutet dann aber eine aufwändige Modifikation des ursprünglichen Layouts. Solche Modifikationen wurden z.B. bei der chinesischen C-801 zur Reichweitensteigerung vorgenommen; das abgeleitete Derivat mit Turbojet-Antrieb ist die C-802, welche aller-



Die Antischiffslenkwaffe 3M54E CLUB gehört zu jenen leistungsfähigen Waffensystemen sowjetischer Konstruktion, welche erst in den 90er-Jahren für die Serienproduktion bereit waren. Auf Grund des Geldmangels konnten die russischen Streitkräfte die AShM nicht beschaffen, weshalb sie nun exklusiv für den Export produziert wird. Bis her wurde sie nach Indien verkauft; aber auch China und der Iran sind sehr daran interessiert. CLUB könnte von den «KIRO»-U-Booten eingesetzt werden, welche bei de Ländern besitzen.

Foto: Rosoboronexport

Typ	Herkunft	Betreiberstaat	Einsatzplattform	Antrieb, Reichweite	Gefechtskopftyp	Eignung mod. LACM
A/R/UGM-84 HARPOON	USA	zirka 30 Länder, u.a.: USA, Ägypten, D, DK, GB, GR, Israel, KWT, NL, Oman, PAK, SAB, UAE	landgestützt, Kreuzer, Zerstörer, Fregatten, U-Boote, Bomber, Marineaufklärer, Kampfflugzeuge, Helikopter	(Booster), Turbojet 120 km	225 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	+
AM/SM.39 und MM.40 EXOCET	F	zirka 35 Länder, u.a.: Ägypten, D, F, GB, GR, Indien, KWT, Libyen, Marokko, PAK, Qatar, SAB, UAE	Kreuzer, Zerstörer, U-Boote, Marineaufklärer, Kampfflugzeuge, Helikopter	Raketenmotor 50 resp. 70 km	165 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	-
AGM-119 PENGUIN	N	AUS, USA, N, TR, GR	Patrouillenboote, Marineaufklärer, Kampfflugzeuge, Helikopter	Raketenmotor 35–55 km	120 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	-
RBS15	SWE	SWE, FIN, Serbien, Kroatien, D, PL	landgestützt, Zerstörer, Korvetten, Kampfflugzeuge	(Booster), Turbojet 150 km (Mk3: 200 km)	200 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	+
Kh-31A «AS-17b»	Russland	Russland, Indien, VR China	Kampfflugzeuge	Booster, Ramjet 70 km	90 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	-
Kh-35 «AS-20» 3M24 «SS-N-25»	Russland	Russland, Indien, Vietnam	landgestützt, Kreuzer, Zerstörer, Kampfflugzeuge, Helikopter	(Booster), Turbojet zirka 130 km	145 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	0
3M54E CLUB «SS-N-27»	Russland	Indien	Kreuzer, Zerstörer, U-Boote	Booster, Turbojet, Raketenmotor 220 km	200 kg unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	+
C-801/YJ-1	VR China	VR China, Iran, Thailand, DPRK, Yemen	landgestützt, Kreuzer, Zerstörer, U-Boote, Bomber, Marineaufklärer, Kampfflugzeuge, Helikopter	Raketenmotor zirka 50 km	165 kg Unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	-
C-802/YJ-2	VR China	VR China, Iran, PAK	landgestützt, Kreuzer, Zerstörer, U-Boote, Bomber, Marineaufklärer, Kampfflugzeuge, Helikopter	(Booster), Turbojet zirka 120 km	165 kg Unitary HE Blast/Frag. Schiffspenetrator	+
HY-2/C-201 «SEER-SUCKER»	VR China	VR China, DPRK, Iran, Ägypten, Bangladesch, PAK, Thailand	landgestützt, schiffsgestützt	Raketenmotor 95 km	510 kg Unitary HE Blast/Frag.	0
HY-4/ C-201W «SADSACK»	VR China	VR China	landgestützt, schiffsgestützt, Bomber	(Booster), Turbojet 135–200 km	510 kg Unitary HE Blast/Frag.	+

Tab.2: Auswahl von Anti-Ship Missiles (AShM).

dings immer noch eine AShM darstellt. Dasselbe gilt für die HY-4 SADSACK, eine Turbojet-angetriebene Version der HY-2 SEERSUCKER. Auch die neuste Version der französischen EXOCET (BLOCK 3) wird einen Turbojet erhalten.

Antischiffslenkwaffen haben in der Regel vergleichsweise kleine Flügel und Steuerflächen. Dies beschneidet ihre Manövrierefähigkeit und erschwert damit ein geländeangepasstes Flugprofil. Die Integration gröserer aerodynamischer Flughilfen ist zwar nicht unmöglich, bedingt aber relativ aufwändige Modifikationen.

Bezüglich der Navigation könnten AShM bereits durch die Integration eines INS/GPS-basierten Systems einige der Fähigkeiten verlieren werden, welche typisch für LACM sind. Damit wäre die erforderliche Navigationsgenauigkeit erzielbar. Allerdings muss die Technologie zur Verfügung stehen, welche eine Integration der GPS-Daten in die INS-Plattform erlaubt.

Wird eine hohe Zielgenauigkeit gefordert, so ist ein zusätzlicher Zielerfassungssensor für den Endanflug erforderlich. Nun besteht ein Landziel in der Regel nicht aus

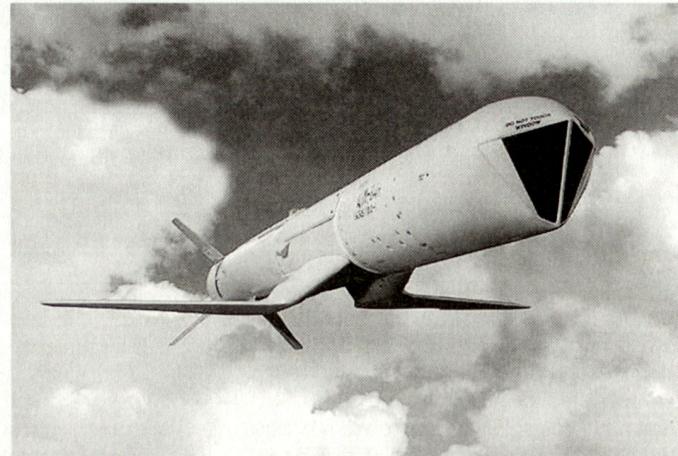
einem Objekt mit riesigem RCS in einem Gelände geringer Radarreflexion (z.B. Gebäude in der Wüste oder an der Küste), weshalb der zumeist bei AShM eingebaute Pulsradsarsuchkopf nicht ausreicht. Der Austausch mit einem IIR-Suchkopf mit automatischem Bildreferenzierungssystem wäre zwar im Falle der meisten AShM vom verfügbaren Platz her möglich; die Technologie für ein solches System ist jedoch anspruchsvoll und derzeit nur wenigen Ländern bzw. Firmen zugänglich.

Der Gefechtskopf der meisten AShM-Typen ist in der Regel für die Penetration



Eine Antischiffssenkawaffe AGM-84 HARPOON während des Marschfluges wenige Meter über der Meeresoberfläche. Da diese Lenkwaffe von einem Turbojet angetrieben wird, ist der Aufwand, welcher beim Umbau in eine LACM entsteht, verhältnismässig klein. Trotzdem verfügt die diesbezüglich optimierte Version AGM-84J (HARPOON BLOCK II) nur über beschränkte LA-Fähigkeiten.

Foto: Boeing



Die ursprünglich von der HARPOON abgeleitete SLAM-ER hat im Vergleich zu dieser schon rein äußerlich beträchtliche Modifikationen erfahren. Neben dem auffallenden Flügel wurde insbesondere der Suchkopf ausgetauscht. Der bei der AGM-84H eingebaute IIR-Suchkopf besitzt einerseits die Fähigkeit, vor dem Start einprogrammierte Ziele selbstständig zu erkennen. Andererseits kann die Lenkwaffe aber auch via Datalink vom Navigator des Trägerflugzeugs ins Ziel gesteuert werden. Letztere Fähigkeit macht es möglich, dass mit dieser Lenkwaffe auch sich bewegende Ziele und so genannte «Targets of opportunity» bekämpft werden können.

Foto: Boeing

von Schiffsrümpfen konstruiert. Gegen Landziele könnte er zwar einen gewissen Effekt erzielen, wäre aber sicher nicht ideal und ausserdem relativ klein. Die Integration eines wirkungsvolleren Gefechtskopfes wäre deshalb wünschbar. Hierfür muss aber der entsprechende Platz verfügbar sein.

Grundsätzlich gesehen ist es also möglich, LACM aus modifizierten AShM herzustellen. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Lenkwaffe bleibt aber in der Regel eingeschränkt und ausserdem abhängig vom betriebenen Aufwand und der zur Verfügung stehenden Technologie. Leistungsfähige Modifikationen können praktisch nur von jenen hergestellt werden, die sowieso schon über die Technologie zum Bau von LACM verfügen.

Grundsätzlich ist es möglich, LACM aus modifizierten AShM herzustellen. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Lenkwaffe bleibt aber in der Regel eingeschränkt.

lediglich zur Schiffsbekämpfung geeignet. Durch die Integration einer neuen, GPS-unterstützten INS-Plattform bei der BLOCK-II-Version lassen sich damit auch im beschränktem Masse Landziele ausschalten, wie zum Beispiel Gebäude, Radaranlagen oder Stellungen der GBAD.¹⁴ Allerdings dürfen sich diese Ziele nicht in einer komplexen Umgebung befinden (vorwiegend flaches Gelände, in Küstennähe). Die effektiven LA-Fähigkeiten bleiben also ziemlich limitiert, die Lenkwaffe bleibt ungeeignet für eine Zielbekämpfung in Binnenländern, insbesondere im hügeligen Gelände.

Einen Schritt weiter geht die von der HARPOON abgeleitete SLAM-ER. Diese Lenkwaffe kann als echte LACM bezeichnet werden. Bei ihr wurde ebenfalls eine INS-Plattform eingebaut, welche von GPS-Signalen unterstützt werden kann. Der Radarhöhenmesser wurde beibehalten, während der Aktiv-Radar-Suchkopf für den Endanflug durch einen bilderzeugenden IR-Suchkopf mit automatischer Zielerkennungsfähigkeit ersetzt wurde. Der Flugkörper wurde seinerseits verlängert, um Platz zu schaffen für zusätzlichen Treibstoff sowie den neuen, etwas schwereren, gegen Landziele optimierten Gefechtskopf. Um eine bessere Manövriergeschwindigkeit zu erzielen, wurde der Kreuzflügel durch einen Klappflügel grösserer Spannweite und Flügelfläche ersetzt. Damit steigt die Gesamtmasse der Cruise Missile auf 675 kg, die Reichweite auf rund 280 km.

Die konstruktionstechnischen Veränderungen, welche die HARPOON bis zur Entstehung der SLAM-ER erfuhr, sind doch erheblich und technologieintensiv. Sie belegen, dass es nicht eine Frage von wenigen Handgriffen ist, um von einer

AShM zu einer LACM zu gelangen. Diese Bemerkung ist umso wichtiger, wenn man bedenkt, dass die HARPOON zu jenen AShM gehört, die man auf Grund des Antriebs und des bereits zur Verfügung stehenden Navigationssystems zu den für einen Umbau geeigneten Lenkwaffen zählen muss. Man kann folglich nicht einfach in einem Hinterhof mit wenig Aufwand eine irgendwo aufgetriebene AShM in eine LACM verwandeln.

Antischiffssenkawaffen, die sich ebenfalls für einen ähnlichen Umbau eignen könnten, sind zum Beispiel: EXOCET BLOCK 3 (F; neuste, noch nicht operationelle Version mit Turbojet), RBS15 (SWE), HSIUNG FENG 2 (Taiwan), C-201W / HY-4 und C-802 / YJ-2 (beide VR China). Im Falle der C-802 gibt es effektiv Hinweise, dass die Chinesen analog der HARPOON BLOCK II eine Version mit beschränkten LA-Fähigkeiten unter der Bezeichnung YJ-21 entwickelt haben sollen – mit modifiziertem Navigationssystem (INS/GPS) und mehr Treibstoff für eine grössere Reichweite. Auch die schwedische RBS15 BLOCK 3 soll in einem Upgrade-Programm eine INS/GPS-basierte Navigationsanlage erhalten, was eine entsprechende, beschränkte LA-Fähigkeit ergeben würde.

Ein gutes Beispiel dafür, was mit einem Modifikationsprogramm für AShM möglich ist, stellt die amerikanische HARPOON dar. Dies ist eine Lenkwaffe mit einer Masse von 560 kg, einem Turbojet als Antrieb, einem Gefechtskopf von rund 225 kg und einer Reichweite von zirka 120 km. Die ursprüngliche Lenkwaffe war mit ihrem aus INS-Plattform, Radarhöhenmesser und Aktiv-Radar-Suchkopf bestehenden Navigations- und Zielsuchsystem

¹⁴ GBAD: Ground-based Air Defence; die bodengestützte Luftverteidigung.

2. Die Bedrohung durch Cruise Missiles

2.1 Bedrohungsanalyseparameter

Bei der Analyse der von Cruise Missiles ausgehenden Bedrohung sind vier Parameter ausschlaggebend. Drei davon können unter dem Stichwort «Capabilities» zusammengefasst werden. Es sind dies die *Verfügbarkeit/Proliferation* (Waffe und Technologie), die *Art des Flugkörpers* sowie die *Einsatzmöglichkeiten des gesamten Waffensystems* (inkl. Plattform). Als vierter Parameter sind die *Absichten* eines CM-Besitzers («Intentionen») zu berücksichtigen.

2.2 Proliferation von Cruise Missiles und die Unterscheidung in Kategorien

Die weltweit verfügbare Anzahl CM wird heute in öffentlichen Publikationen auf rund 75 000 Stück geschätzt, die Zahl der Betreiberstaaten auf über 70. Es macht also den Anschein, als wäre die Proliferation dieser Waffensysteme schon sehr weit fortgeschritten. Vollzieht man aber die Unterscheidung in die oben eingeführten Kategorien LACM und AShM, so wird klar, dass es sich bei den meisten vorhandenen CM effektiv um AShM handelt. Letztere sind, wie zuvor ausgeführt, hinsichtlich Know-how-Bedarf sowohl in der Herstellung als auch für den Einsatz bedeutend einfacher als LACM und werden deshalb auch in zahlreichen Staaten hergestellt, entweder als Eigenkonstruktionen, als Lizenzbauten oder als Kopien. Dabei geht es vorwiegend um Flugkörper, die sich von der Auslegung her weniger zur Modifikation in LACM eignen, z.B. auf Grund des Antriebs (Raketenmotor), des Zellaufbaus usw.

Bei den meisten der heute vorhandenen Cruise Missiles handelt es sich effektiv um AShM und nicht um LACM.

Bezüglich echter LACM sieht das derzeitige Lagebild anders aus. Vor 1998 besaßen lediglich die USA und Russland solche Lenkwaffen.¹⁵ Im Moment verfügen die USA, Russland, Großbritannien, Frankreich, Deutschland und Israel (begrenzt) darüber; in Kürze werden aber auch die Streitkräfte Australiens, der VR China, Griechenlands, Italiens, der Niederlande, Pakistans, Schwedens, Spaniens, Südafrikas, Südkoreas, Singapurs, Taiwans, der Vereinigten Arabischen Emirate und Indiens LACM erhalten. Mittelfristig dürften weitere Länder folgen, wobei darunter auch als problematisch einzustufende Staaten¹⁶ sein

könnten. Gemäss den derzeitigen Planungsvorhaben wird die Anzahl der LACM weltweit im Jahr 2010 bei knapp 10 000 zu liegen kommen. Die Proliferation der LACM – sowohl was die Waffen selbst als auch deren Technologie angeht – nimmt also rasant zu. Das Erstellen von Prognosen, welche zeitlich gesehen über die derzeit bekannten Planungsvorhaben hinausgehen, ist allerdings problematisch, da die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens solcher Vorhersagen weit gehend vom Verhalten der Know-how-Träger und vom Exportverhalten der Herstellerstaaten abhängt. Heute ist nachweislich ein Dutzend Staaten am Bau von LACM-Schlüsselbaugruppen beteiligt.

Die Proliferation der LACM – sowohl was die Waffen selbst als auch deren Technologie angeht – nimmt derzeit rasant zu.

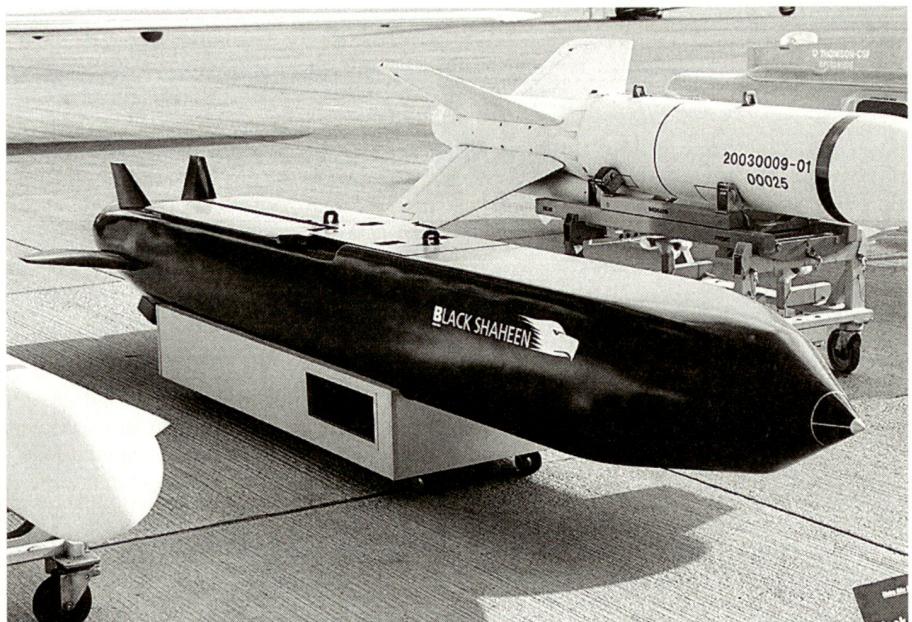
Zweifellos geht von LACM eine potentielle, nicht zu vernachlässigende Bedrohung aus. Es scheint deshalb wichtig zu sein, die Proliferation dieser Waffen und deren Schlüsseltechnologien (Steuerungs- und Navigationssystem, Triebwerk, Stealth- und Gefechtskopf-Technologie) zu verfolgen, zu kontrollieren sowie wenn nötig und möglich zu verhindern. Realistischer-

weise muss allerdings auch gesagt werden, dass die Proliferation kaum gestoppt, sondern lediglich verzögert werden kann.

CM sind eine Waffenkategorie, deren Besitz bisher mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Streitkräfte von Staaten beschränkt ist. Der zurzeit eingeschränkte Betreiberkreis und die derzeitigen Kontrollen lassen zumindest bezüglich LACM auch den Schluss zu, dass eine Verfügbarkeit solcher Lenkwaffen für nicht-staatliche Organisationen auf absehbare Zeit ausgeschlossen ist. Aber selbst wenn eine solche Waffe in die Hände von Terroristen geraten würde, wäre es sehr schwierig, diese auf Grund der Komplexität (z.B. Missionsplanung) eines solchen Waffensystems zum

¹⁵ Auch die Ukraine hatte zu dem Zeitpunkt noch LACM; allerdings nicht im operationellen Zustand, da die nuklearen Gefechtsköpfe vorher an Russland zurückgegeben wurden. Im Jahr 2000 sollen knapp 600 Kh-55 an Russland zurückgegeben worden sein. Diese werden dort nun zu konventionellen Kh-555 umgebaut.

¹⁶ Zu diesen Staaten gehört beispielsweise der Iran. Das Land ist derzeit dabei, an die Schlüsseltechnologien zum Bau von LACM zu kommen. Miniatur-Turbojets und INS/GPS-basierende Navigationssysteme können die Iraner bereits bauen. Durch die vermutlich im Jahr 2000 aus der Ukraine erhaltenen sechs gefechtskopflosen LACM vom Typ Kh-55 und die Hilfe von ukrainischen Lenkwaffentechnikern wäre es möglich, dass sie auch an TERCOM-Technologie herangekommen sind.



Die BLACK SHAHEEN ist ein Derivat der anglo-französischen LACM STORM SHADOW und wird in den nächsten Jahren in rund 400 Exemplaren an die Luftwaffe der UAE geliefert werden. Als Trägerplattform wird die neue MIRAGE 2000-9 dienen.

Der Export dieser Waffe in den Mittleren Osten muss als problematisch betrachtet werden, da es sich um eine äusserst leistungsfähige Waffe handelt. Die USA haben deswegen Frankreich beschuldigt, gegen das MTCR zu verstossen, welches den Export von Trägermitteln limitieren soll.

Foto: Archiv Autor



Ein TORNADO GR4 der Royal Air Force, bewaffnet mit zwei STORM SHADOW LACM. Diese Lenkwaffe wurde erstmals in der Operation TELIC (britischer Beitrag der Operationen der Koalition im Irakkrieg) eingesetzt, und zwar mit grossem Erfolg. Gemäss britischen Angaben sollen alle 27 abgefeuerten STORM SHADOW ihre Ziele mit hoher Präzision getroffen haben.

Bisher haben neben den Briten auch die Franzosen, die Italiener und die Griechen diese LACM bestellt. In Zukunft werden sich wohl nur wenige Kunden zum Kauf der Kampfflugzeuge TYPHOON, RAFALE oder MIRAGE 2000 überzeugen lassen, wenn der jeweilige Hersteller nicht auch diese LACM im Paket mit anbieten kann. Die Proliferation der Waffe in weitere Staaten ist also sehr wahrscheinlich.

Foto: RAF

Einsatz zu bringen, ohne sich auf die Infrastruktur einer Streitkraft abstützen zu können.

Die grosse Verbreitung der AShM und deren Verfügbarkeit auch für problematische Regimes lässt die Möglichkeit offen, dass Terroristen in Besitz von solchen Lenkwaffen kommen könnten. Da je nach Typ ein boden- bzw. land- und seegestütztes Abfeuern möglich, die Einsatzprozedur vergleichsweise einfach und die Verfügbarkeit einer Einsatzplattform nicht auszuschliessen ist, wäre zumindest theoretisch ein Einsatz solcher Waffen durch nicht-staatliche Organisationen denkbar, wenn auch wenig wahrscheinlich. Die Limiten eines solchen Waffensystems (Reichweite, Navigation, Flugbahn) beschränken das Einsatzgebiet aber auf Küstenbereiche und sehr flache Landstriche. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass der Transport eines solchen Flugkörpers zumindest auf dem Landweg kaum unauffällig vor sich gehen kann.

2.3 Bedrohung der Schweiz durch Cruise Missiles

Nimmt man die Schweiz als potenzielles Ziel eines CM-Angriffes, so ist festzustellen, dass im Zeitraum bis mindestens 2010 auf Grund der Distanzen und des zur Verfügung stehenden Materials (Waffe, Plattform) effektiv nur folgende Staaten in der Lage wären, das Land mit CM zu bedrohen: Deutschland, Frankreich, Griechenland, Grossbritannien, die Niederlande, Italien, Schweden, Spanien, Russland und die

USA. Diese Länder verfügen nicht nur über LACM bzw. werden solche Lenkwaffen in Kürze beschaffen, sondern auch noch über die entsprechenden Einsatzplattformen (»Capability«). Andere Staaten kommen im betrachteten Zeitraum nicht in Frage, da sie entweder ihre Systeme nicht über die erforderlichen Distanzen einsetzen können oder aber höchstens über AShM verfügen, welche sich für den Einsatz in der mitteleuropäischen Landschaft kaum eignen.

Die auf absehbare Zeit herrschende politische Situation (»Intentions«) lässt einen Einsatz von Cruise Missiles durch staatliche Akteure gegen die Schweiz jedoch praktisch ausschliessen.

Bezüglich nicht-staatlicher Akteure ist es sehr unwahrscheinlich, dass diese auf absehbare Zeit an die Technologie zum Bau von LACM, die Waffen selbst und an die Fähigkeiten zum Einsatz solcher Waffen gelangen könnten. Im Gegensatz dazu wäre aber ein Besitz von AShM eher möglich; allerdings schliessen die oben erwähnten technischen und geografischen Limitierungen einen Einsatz gegen die Schweiz praktisch aus.

Für andere Staaten stellen CM – egal ob LACM oder AShM – je nach geografischer Lage und politischer Situation natürlich eine reelle Bedrohung von grosser Bedeutung dar, die auf Grund der zunehmenden Proliferation künftig noch wichtiger werden dürfte. Insbesondere am Meer gelegene Staaten könnten künftig auch durch terroristische Angriffe mit AShM und de-

ren modifizierten Derivaten gefährdet sein. Die Wahrscheinlichkeit für einen entsprechenden Angriff ist allerdings sehr klein.

Relevant ist die CM-Gefahr natürlich auch für Streitkräfte, welche in einem Krisengebiet ihre Stützpunkte bezogen haben.

3. Cruise Missile Defence (CMD)

Die steigende Anzahl verfügbarer Cruise Missiles, die zunehmende Proliferation und der vermehrte Einsatz dieser Waffen in bewaffneten Auseinandersetzungen sind Grund genug, sich auch über deren Abwehr Gedanken zu machen. Diese dürfte in künftigen bewaffneten Konflikten stetig an Bedeutung gewinnen.

Die folgenden Ausführungen werden sich allerdings auf die Abwehr von LACM beschränken, da hier insbesondere der Angriff auf bzw. der Schutz von Landzielen interessiert. Sicher ist der Schutz von Schiffen vor AShM ebenfalls ein wichtiges Thema; dieses ist aber einfacher zu lösen und für die Luftwaffe eines Binnenstaates nicht relevant.

3.1 Die technisch-operationellen Aspekte von CMD

Die Bekämpfung von Land Attack Cruise Missiles ist eine klassische Aufgabe der bodengestützten Luftverteidigung (GBAD). Grundsätzlich wäre zwar ein Abschuss einer CM mit Lenkwaffen ab Kampfflugzeugen möglich. CMD erfordert aber eine permanente Einsatzbereitschaft, welche in der Regel nur mit bodengestützten Systemen sichergestellt werden kann. Kampfflugzeuge können aber ebenfalls einen CMD-Beitrag leisten, indem sie das Dispo situativ verstärken oder bereits vorgelagert gegen CM vorgehen. Die Hauptlast der Aufgabe ist aber von der GBAD zu tragen.

Die Problematik CMD lässt sich in zwei Teilprobleme aufsplitten:

- Detektion und Verfolgung der Cruise Missile
- Bekämpfung der Cruise Missile

Zur Analyse dieser beiden Teilprobleme müssen zunächst die diesbezüglich relevanten Eigenschaften und Fähigkeiten der Cruise Missiles betrachtet werden. Moderne LACM wie die anglo-französische SCALP-EG/STORM SHADOW fliegen äusserst tief, geländeangepasst und mit hohen Unterschallgeschwindigkeiten. Das Geländefolgeflugprofil verlassen sie praktisch nur, wenn sie zur Zielerfassung im Endanflug ein so genanntes Pop-up durchführen. Sie sind auch fähig, enge Kurven zu fliegen. Ihre kleine Silhouette erschwert in Verbindung mit dem Tiefstflug eine optische Zielerfassung erheblich. Letztere wird

zusätzlich noch dadurch eingeschränkt, dass LACM in der Regel bei Nacht und Allwetterbedingungen eingesetzt werden. Durch die nach Stealth-Kriterien konstruierte Zelle verkürzt sich die Distanz, auf welche ein Radar die CM detektieren kann, verglichen mit jener eines normalen Kampfflugzeuges massiv. Dazu tragen auch noch jene Probleme bei, mit welchen ein Radar in extrem niedrigen Flughöhen konfrontiert ist (Clutter), als auch jene, die sich durch die Unterstützung des CM-Angriffs mit Abstandsstörern und Decoyflugkörpern sowie durch die Geländeausnutzung der CM ergeben. Die Distanz, auf welche eine zuverlässige Zielverfolgung (Target Tracking) sichergestellt werden kann, fällt entsprechend noch kürzer aus. Letztere ist es dann schliesslich, die eine effektive Zielbekämpfung ermöglicht. Kurz: Detektion und Verfolgung einer modernen LACM stellen offensichtlich das Hauptproblem bei der CM-Bekämpfung dar.

Detection and Verfolgung einer modernen LACM stellen das Hauptproblem bei der CM-Bekämpfung dar.

Die eigentliche Zielbekämpfung, d.h. das Treffen der CM mit einer Abwehrwaffe, nachdem der Flugkörper detektiert und verfolgt wurde, ist auf Grund der Grösse und der Fluggeschwindigkeit der CM ebenfalls nicht einfach. Sie stellt sowohl an das Feuerleit- und Lenksystem des Abwehrsystems als auch an den Zünder der Waffe erhebliche Ansprüche. Die Bekämpfung von LACM ist dabei schwieriger als diejenige einer AShM, da das Abwehrsystem oft nicht direkt auf dem zu schützenden Objekt positioniert werden kann. Dies schränkt die Möglichkeiten insbesondere von Kanonsystemen ein. Ausserdem sind die Sensoren, welche die LACM für den Endanflug verwendet, in der Regel passiv, was die Möglichkeit der Verwendung dieser Sensoren als «Magnet» für das Abwehrsystem (z.B. Passiv-Radar-Suchkopf der Lenkwaffe RIM-116 RAM) ausschliesst.

Eine erfolgreiche Bekämpfung von LACM konnte bisher in «Labortestschissen» von verschiedenen lenkwaffenbasierenden GBADS (z.B. SLAMRAAM, PATRIOT PAC-2/3, ASTER 15/30, STINGER, BUK-M1-2) mehrfach nachgewiesen werden. Bisher fanden jedoch kaum Tests bei Nacht und/oder schlechtem Wetter statt. Bei radarisierten Systemen werden Wettereinflüsse aber einen geringen Leistungsverlust zur Folge haben,

während IR-Systeme stark beeinträchtigt werden. Es darf also davon ausgegangen werden, dass zumindest mit allwetterfähigen GBADS eine gute Abschusswahrscheinlichkeit auch unter operationellen Bedingungen erzielt werden kann. Denkbar wäre sicher auch eine erfolgreiche Bekämpfung mit speziellen Kanonsystemen (z.B. SKYSHIELD / AHEAD), sofern sie praktisch direkt auf dem von der LACM angepeilten Objekt oder in der CM-Anflugsneise ideal positioniert werden können. Als Voraussetzung gilt allerdings, dass – wie oben angetönt – das Abwehrdispo in der Lage ist, anfliegende CM rechtzeitig zu entdecken und zu verfolgen.

3.2 CMD im operationellen Einsatz heute

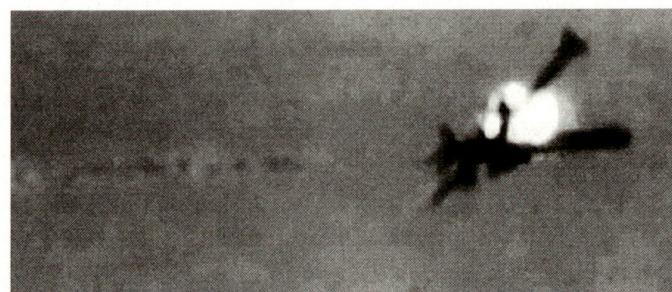
Die Zieldetektion und -verfolgung – das Hauptproblem der CMD – hat sich aber unter operationellen Bedingungen als äusserst schwierig erwiesen. Es kann gesagt werden, dass v.a. aus diesem Grund bisher noch kein hinreichend zuverlässig wirksames CMD-System existieren dürfte. Belegen lässt sich diese Aussage mit Indizien, welche auf Erfahrungen aus den Operationen seit 1990 beruhen.

Zuverlässige, von mehreren unabhängigen Quellen bestätigte Daten über abgeschossene CM der USA und von GB in den Kriegen seit 1991 gibt es nicht. Gemäss Angaben der US Navy trafen 242 der 288 in DESERT STORM abgefeuerten TOMAHAWK ihre Ziele, was einer Erfolgsquote von 84% entspricht. Ähnliche oder gar bessere Trefferquoten erzielten die LACM in den darauf folgenden Konflikten, in denen sie eingesetzt wurden. Angeblich lag sie in der Operation IRAQI FREEDOM – hier wurden insgesamt etwa 1000 BGM-109C/D, AGM-86C/D, AGM-84H und STORM SHADOW abgefeuert – sogar bei über 90%. Geht man davon aus, dass die Erfolgsquoten anhand von BDA¹⁷ hinreichend verifiziert wurden, dürfte die Wirkung der irakischen GBAD in allen Operationen seit 1991 bescheiden gewesen sein, sind doch zahlreiche der Misserfolge auf technische Fehler bei den CM zurückzuführen.

Die Jugoslawen konnten während der Operation ALLIED FORCE zwar einige

angeblich abgeschossene LACM (TOMAHAWK und CALCM) vorweisen; beweisen lässt sich aber kaum, dass die als «Abschussbeweise» vorgelegten CM-Trümmer effektiv die Resultate von Abschüssen waren. Es könnte sich ebensogut um Flugkörper handeln, die ihre Ziele verfehlten bzw. einfach nicht detonierten. Angesichts der während ALLIED FORCE von der jugoslawischen Seite verbreiteten Propaganda ist die letztere Annahme in der Mehrheit der Fälle sogar sehr wahrscheinlich. Und selbst wenn es wirklich Abschüsse waren: Die Anzahl der «bekämpften» Exemplare ist unter Berücksichtigung der total eingesetzten CM (rund 260) bescheiden, da weit unter 10% – von wirksamer CMD darf also kaum gesprochen werden.

Sehr aufschlussreich sind die Resultate, welche die Luftverteidigung der Streitkräfte der Koalition in der Operation IRAQI FREEDOM gegen irakische CM erzielte. Zwar konnten die Iraker während des gesamten Konflikts lediglich fünf ihrer veralteten Antischiffslenkwaffen vom Typ HY-2 SEERSUCKER starten und damit auf Grund der bescheidenen Fähigkeiten der HY-2 nur Landziele im Küstenbereich bedrohen. Diese kleine Stückzahl reicht folglich für eine seriöse, statistische Auswertung der CMD-Leistung der Koalition nicht aus. Trotzdem demonstrierten diese fünf CM, dass das GBAD-Verteidigungsdispo, welches immerhin aus zahlreichen Feuerseinheiten PATRIOT PAC-2 GEM+ und PAC-3, AVENGER/LINEBACKER/STINGER sowie wenigen RAPIER FSC bestand und in einem vergleichsweise gut überwachten Luftraum (AWACS, boden- und seegestützte Sensoren) stattfand, in dieser Konfiguration gegen CM wenig wirksam ist. Dasselbe trifft auch für die luftgestützte Komponente der Luftverteidigung zu, für deren Sicherstellung immerhin mehr als 100 F-15C, F-14 und TORNADO F3 zur Verfügung standen. Vier HY-2 blieben bis zum Einschlag unentdeckt, wobei eine neben einem Einkaufszentrum in Kuwait City und eine nur wenige hundert Meter von einem Kommandoposten des US Marine Corps entfernt einschlug. Das Schicksal der Fünften ist nicht ganz klar; einigen Berichten zufolge soll sie abgeschossen worden sein, während



CMD-Test:
Eine Abfanglenkwaffe vom Typ MIM-120 trifft einen Zielflugkörper BQM-74, der etwa einer Cruise Missile entspricht.
Foto: Archiv Autor

¹⁷ BDA: Battle Damage Assessment.



Eine HY-2 SEERSUCKER, gefunden im südlichen Irak von den Streitkräften der Koalition während der Operation IRAQI FREEDOM. Fünf dieser veralteten AShM feuerten die irakischen Truppen während des Krieges ab. Mindestens vier davon wurden von der Luftverteidigung der Koalition nicht detektiert, was die Wirkungslosigkeit der heute eingesetzten Verteidigungssysteme gegen solche Waffen verdeutlicht. Dabei weisen die HY-2 einen RCS auf, der ähnlich gross wie derjenige eines normalen Kampfflugzeuges ist. Auch ihr Flugprofil ist nicht besonders anspruchsvoll.

Foto: Archiv Autor

andere darauf hindeuten, dass auch sie bis zum Einschlag unentdeckt blieb. Zwar entstand durch diese fünf CM insgesamt nur geringer Sachschaden; die Wirkungslosigkeit der Abwehrmittel ist aber angesichts des verfügbaren Materials offensichtlich.

3.3 Lösungsansätze für CMD

Selbst wenn die obigen Ausführungen kein vollständiges Gesamtbild bezüglich des Problems CMD ermöglichen, lassen sie trotzdem mehr als erahnen, dass es wohl kaum eine einfache «Stand-alone»-Lösung dafür gibt. In den USA, wo man am weitesten bei der Entwicklung einer wirkungsvollen CMD ist, studiert man entsprechende Lösungsansätze seit einigen Jahren. Diese haben durch die Erfahrungen aus dem Irakkrieg wesentlichen Auftrieb erhalten. Der Mittelansatz ist aber im Vergleich zu jenem bezüglich der Bekämpfung von ballistischen Lenkwaffen verschwindend klein, weshalb bis zur Etablierung einer wirksamen CMD noch einige Zeit vergehen wird.

Untersucht wird die Schaffung eines Netzwerks von Systemen, welches eine zuverlässige Detektion, Verfolgung und Bekämpfung von CM ermöglichen soll, sei dies im Rahmen der Heimatverteidigung gegen mögliche terroristische Angriffe mit CM vom Meer aus oder bei «Out-of-Area»-Missionen zum Schutz der eigenen Verbände und Stützpunkte. Die Verantwortlichen sind dabei zur Ansicht gelangt, dass CMD wohl einen Grad von «Jointness» bis auf die untersten taktischen Stufen erfordern wird, wie dies noch bei keiner anderen Aufgabe der Fall war. Diese Jointness wird eine grosse Herausforderung darstellen.

Es existiert keine einfache «Stand-alone»-Lösung für das Problem CMD.

Es erfordert einen Grad von «Jointness», wie dies noch bei keiner anderen Aufgabe der Fall war.

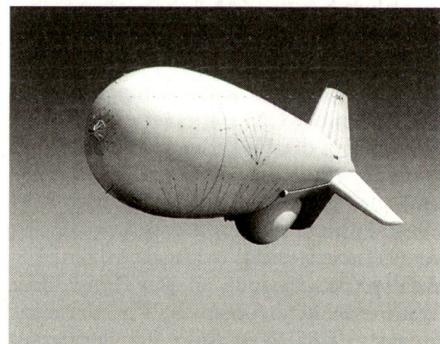
Ein effektives CMD-Netzwerk besteht aus mehreren luft- und bodengestützten Sensoren zur Detektion und Verfolgung von CM, aus einer Kommandozentrale zur Erstellung eines SIAP¹⁸ aus GBADS als Hauptelement der «Shooter» sowie aus Jagdflugzeugen. Dabei sind alle diese Elemente miteinander über Datalinks vernetzt und können sich gegenseitig nicht nur alarmieren, sondern untereinander auch Daten zur Feuerleitung austauschen. Das entsprechende US-Konzept ist unter der Bezeichnung JCMD bzw. ADSAM¹⁹ bekannt.

Die luftgestützte Sensorkomponente weist neben dem herkömmlichen, bewährten AEW- und C²-Element²⁰ AWACS und den Bordradars der Jagdflugzeuge zusätzlich drei für CMD spezialisierte Elemente auf: JLENS, HAA und MC2A.²¹

Auf «gefesselten» Aerostaten, die in rund 4500 m Höhe positioniert werden, sollen CM-Such- und Folgeradars installiert werden, die mit ihren Sensoren 360° in Azimuth abdecken und über Link 16 ans SIAP und damit ans gesamte CMD-Netzwerk Zieldetektions- und -verfolgungsdaten liefern können. Dieses unter der Bezeichnung JLENS bekannte System befindet sich derzeit in der SDD-Phase.²² Dank der überhöhten Position der Aerostaten ge-

genüber bodengestützten Radars wird das System eine deutliche Verbesserung bezüglich der Detektion und Verfolgung von tief fliegenden CM bringen. Allerdings ist JLENS nur bedingt allwetterfähig und kann auf Grund der relativ niedrigen Schwebehöhe nicht alle Radarschatten ausleuchten, sobald das System im hügeligen Gelände eingesetzt werden soll. Die erste einsatzfähige JLENS-Einheit der US Army soll ab dem Fiskaljahr 2010 zur Verfügung stehen. Im Notfall ist aber durchaus auch schon früher mit dem Einsatz dieses Systems zu rechnen.

Ein hoch (20 000 m) fliegendes, ebenfalls mit entsprechenden Sensoren und einem Datalink bestücktes Luftschiff namens HAA wird die Frühwarnung und CM-Detektion/Verfolgung noch weiter verbessern. Dieses System, von dem 2006 ein Prototyp erstmals fliegen soll, wird eigentlich primär für die Detektion ballistischer Lenkwaffen mit einer EO/IR-Sensorik entwickelt. Mit modifizierter Nutzlast wird es aber für CMD äußerst nützlich sein, da es im Gegensatz zu den anderen luftge-



JLENS, ein gefesselter Aerostat, welcher in seiner Gondel ein Zielsuch- oder ein Zielfolgeradar aufweist. Er soll die rechtzeitige Entdeckung und Verfolgung von LACM aus überhöhter Position sicherstellen und Feuerleitdaten für die GBAD liefern. In einem künftigen Konflikt, in welchen die US-Streitkräfte involviert sind, dürfte dieses System ein Standard-Asset darstellen.

Foto: Raytheon

¹⁸ SIAP: Single Integrated Air Picture.

¹⁹ JCMD: Joint Cruise Missile Defence.

ADSAM: Air-Directed Surface-to-Air Missile.

²⁰ AEW: Airborne Early Warning;

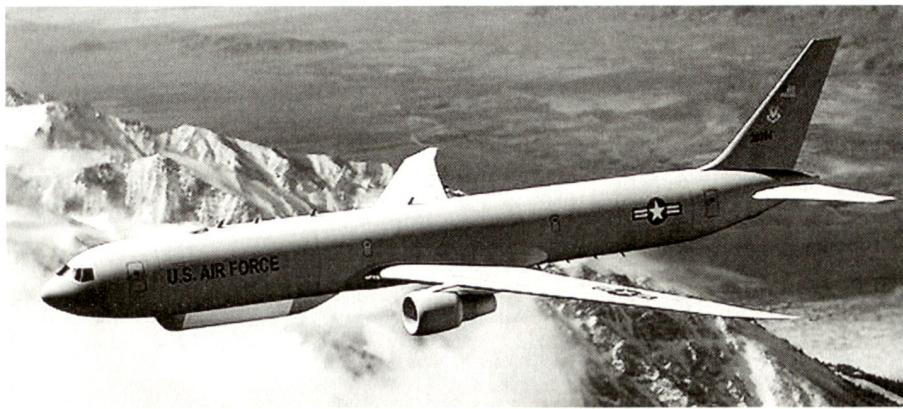
C²: Command & Control

²¹ JLENS: Joint Land Attack Cruise Missile Defense Elevated Netted Sensor System;

HAA: High Altitude Airship;

MC2A: Multi-Sensor Command & Control Aircraft

²² SDD: System Development and Demonstration.



E-10A MC2A basiert nach der derzeitigen Planung auf dem Boeing 767, der mit einem Radarsystem vom Typ MP-RTIP unter dem Rumpf bestückt wird. Ursprünglich sollte E-10 die Aufgaben von E-3, E-8 und RC-135 übernehmen können. Auf Grund von technischen Überlegungen wurde die ELINT-Funktion jedoch gestrichen; finanzielle Restriktionen zwingen die USAF jetzt dazu, sich aufs Wesentliche zu konzentrieren; die Detektion und Verfolgung von CM gehört zu denjenigen Aufgaben, die E-10 zuerst erfüllen müssen.

Darstellung: Boeing

stützten Sensorplattformen auf Grund seiner selbstständigen Energieversorgung mit Hilfe von Solarpanels eine permanente Präsenz sicherstellen kann. Außerdem unterliegt es auf Grund der Einsatzhöhe weniger den Problemen bezüglich Radarschatten als z.B. JLENS. HAA ist vorwiegend zur Überwachung der Grenzbereiche zum nordamerikanischen Kontinent im Rahmen des NORAD²³ gedacht und soll in der Lage sein, bis zu einem Jahr auf einer quasi-geostationären Position auszuhalten.

Der mit *E-10A MC2A* bezeichnete Nachfolger des JSTARS²⁴ wird in seiner ersten Ausführung primär zur CM-Detektion ausgelegt sein und als Kommandoposten der gesamten – also auch der CMD-relevanten – Kampfhandlungen in einem Konflikt dienen. Das neue, für den E-10A vorgesehene Radar MP-RTIP²⁵ befindet sich derzeit in der SDD-Phase. Es handelt sich um ein modernes, hochauflö-

sendes AESA-Radar,²⁶ das speziell zur Detektion und Verfolgung von kleinen Objekten ausgelegt ist, die sich knapp über der Erdoberfläche bewegen. Selbstverständlich ist auch MC2A mit den erforderlichen Data-links ausgerüstet, um entsprechende Radar daten ins CMD-Netzwerk und damit Feuerleitinformationen an die Shooter weiterleiten zu können. Auf Grund des derzeit herrschenden Spardrucks wurden die Gelder für den MC2A im Zeitraum bis 2009 um 600 Mio. US-\$ gekürzt, sodass mit einer ersten operationellen Verfügbarkeit (IOC)²⁷ erst im Jahr 2018 zu rechnen ist. Erste Fähigkeiten könnten in dringenden Fällen vielleicht 2013 bereit stehen.

Als Shooter des Joint Cruise Missile Defense Networks werden die GBADS aller US-Teilstreitkräfte herangezogen, wobei deren Sensoren ebenfalls einen Beitrag zum SIAP leisten werden. Von der US Army sind dies im Moment also die PA-

TRIOT PAC-2/3- und AVENGER/LINEBACKER-Feuereinheiten. Später werden auch die SLAMRAAM- und MEADS-Verbände²⁸ hinzukommen. Vom USMC werden die CLAWS-Einheiten²⁹ nach ihrer Einführung einen Beitrag leisten. CLAWS und SLAMRAAM erreichen den Status IOC gemäss derzeitiger Planung im Jahr 2008. Der Beitrag der US Navy besteht aus dem bereits operationellen schiffsgestützten System AEGIS/SM-2. Zusätzlich befindet sich derzeit auch noch die Lenkwaffe SM-6 in der SDD-Phase. SM-6 basiert auf dem Lenkwaffenkörper der SM-2 Block IV, wird aber den Aktiv-Radar-Suchkopf der AMRAAM erhalten. Die Lenkwaffe könnte frühestens im Jahr 2010 den Status IOC erreichen.

Von diesen boden- und seegestützten Shootern eignen sich diejenigen besonders für CMD, deren Lenkwaffen über eine so genannte «Lock-on after Launch»-Fähigkeit verfügen bzw. bei denen das jeweilige

²³NORAD: North American Aerospace Defense Command.

²⁴JSTARS: Joint Surveillance Target Attack Radar System; E-8C.

²⁵MP-RTIP: Multi-Platform Radar Technology Insert Programme; AESA-Radarsystem, das für die Plattformen E-8, E-10, RQ-4B und Alliance Ground Surveillance (AGS) entwickelt wird.

²⁶AESA: Active Electronically Scanned Array; Radar mit elektronischer Strahlschwenkung mit zahlreichen Transmitter/Receiver-Elementen.

²⁷IOC: Initial Operational Capability.

²⁸SLAMRAAM: Surface-Launched Advanced Medium Range Air-to-Air Missile.

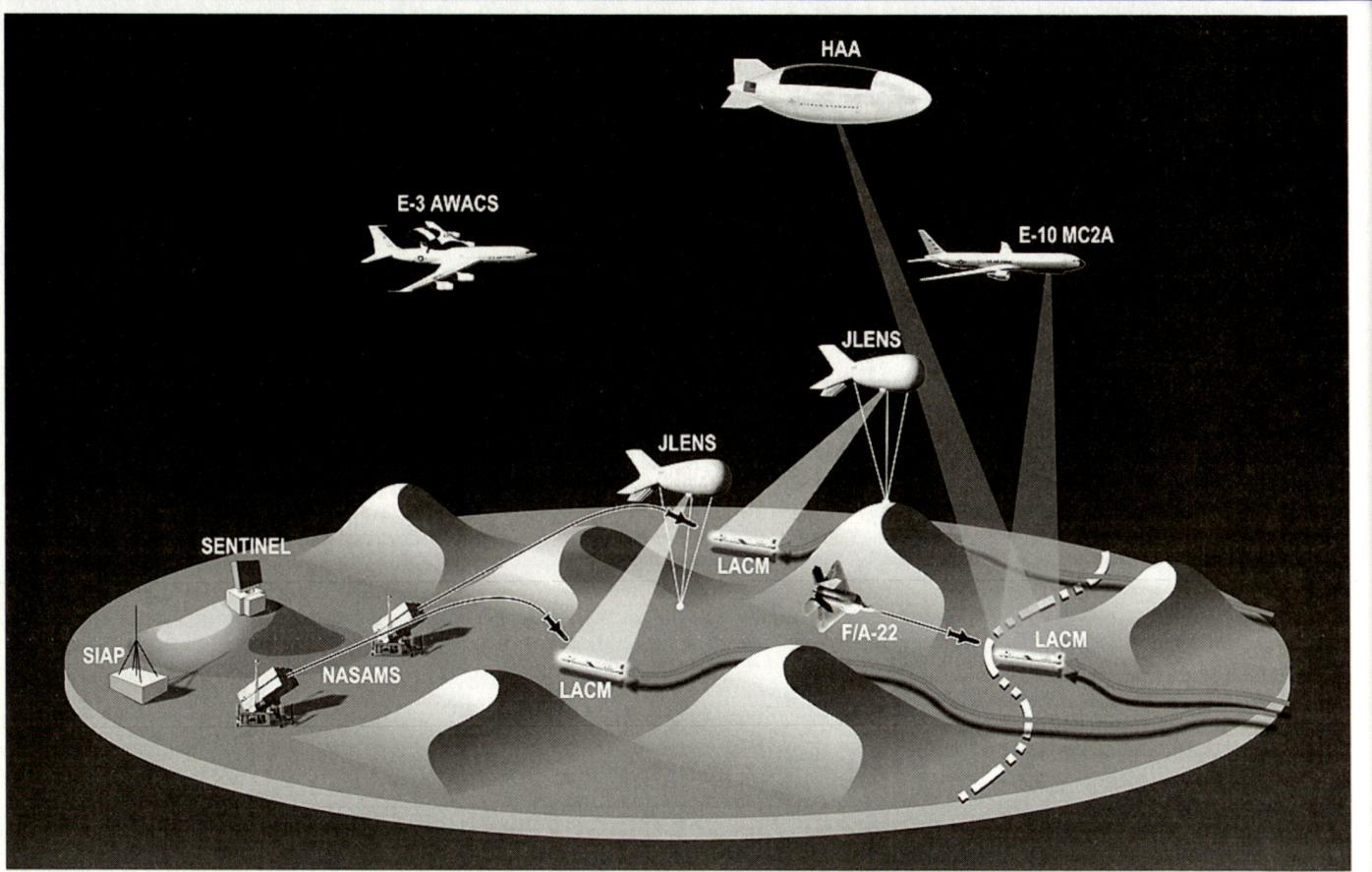
MEADS: Medium Extended Air Defence System.

²⁹CLAWS: Complementary Low Altitude Weapon System.



SLAMRAAM und CLAWS, die zukünftigen GBADS der US Army und des USMC, welche für die JCMD-Architektur vorgesehen sind, basieren auf dem Radar SENTINEL (links) und auf der Lenkwaffe MIM-120 (rechts). Sobald diese Systeme operationell und mit JLENS vernetzt sind, werden sie insbesondere bei «Out-of-Area»-Einsätzen eine deutliche Verbesserung des Schutzes der eigenen Truppen vor möglichen gegnerischen Angriffen mit CM sicherstellen können.

Foto: Raytheon



Eine mögliche Cruise-Missile-Defence-Architektur, schematisch dargestellt. Die LACM werden in erster Linie von den luftgestützten Sensoren der Plattformen HAA, E-10 MC2A und JLENS detektiert und verfolgt. Die Hauptlast bezüglich Bekämpfung wird von den bodengestützten Shootern (hier: NASAMS) getragen, die ihre Lenkwaffen mit Feuerleitdaten des Netzwerkes einsetzen können. Sie können auch die für CMD nötige Permanenz sicherstellen. Die luftgestützte Shooterkomponente agiert vorgelagert und bildet Schwergewichte. Alle Systeme müssen untereinander über Datalinks vernetzt sein und gegenseitig Feuerleitdaten austauschen können. In einer Kommandozentrale wird ein SIAP erstellt, das sämtliche Sensordaten zu einem einzigen Luftlagebild fusioniert.

Darstellung: VBS

Ziel nicht mit dem waffensystemeigenen Feuerleitradar verfolgt werden muss, um eine Lenkwaffe einsetzen zu können. Dies ist bei den Systemen PAC-3, SLAM-RAM/CLAWS³⁰ und SM-6 der Fall. Diese Systeme weisen eine Lenkwaffe auf, die auf eine bestimmte Koordinate abgefeuert und während des Fluges mit Zieldaten aufdatiert werden kann. Für den Endanflug erfasst sie dann mit ihrem Aktiv-Radar-Suchkopf das Ziel selbstständig. Auf diese Art und Weise können effektiv die Feuerleitdaten aus dem gesamten CMD-Netzwerk zur Zielbekämpfung verwendet werden; welcher Shooter verwendet wird und wo dieser stationiert ist, ist völlig irrelevant. Diese Fähigkeit ist für eine wirksame CMD entscheidend, insbesondere im hügeligen Gelände, da LACM auf Grund ihres Tiefstfluges von den Feuereinheiten der GBAD oft nicht oder nur zeitweise verfolgt werden können. Waffensysteme, die auf Halbaktiv-Radar-Zielsuchlenkung oder auf Kommandolenkung beruhen, sind weniger geeignet, da es in der Regel nicht möglich ist, die Lenkwaffen ohne Zielverfolgung mit dem systemeigenen Zielfolgesystem (Zielfolgeradar oder Optronik) einzusetzen.

Die luftgestützte Shooter-Komponente kann ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zu CMD leisten. Die USAF betreibt der-

Von den Shootern eignen sich diejenigen besonders für CMD, deren Lenkwaffen über eine so genannte «Lock-on after Launch»-Fähigkeit verfügen bzw. bei denen das Ziel nicht mit dem waffensystemeigenen Feuerleitradar verfolgt werden muss.

zeit auf der Elmendorf AFB, Alaska, 18 F-15C-EAGLE-Jagdflugzeuge, die für diese Aufgabe besonders geeignet sind, da sie über das Bordradar AN/APG-63(V)2 verfügen. Dieses AESA-Radar weist deutlich bessere Leistungen hinsichtlich der Detektion von CM als das Standardsystem auf und kann die Fähigkeiten der Lenkwaffe AMRAAM bezüglich CMD deshalb besser ausnutzen. Ausserdem sind diese Flugzeuge mit JTIDS/Link 16³¹ vernetzt, sodass sie Informationen austauschen können. Durch die Übermittlung entsprechender Daten aus der CMD-Architektur wäre der Einsatz von AMRAAM auf zuvor vom Trägerflugzeug nicht detektierte CM möglich. Die Flugzeuge können so verwendet werden, um Lücken im CMD-Dispo zeitlich begrenzt zu stopfen, Schwergewichte

zu bilden oder vorgelagert CM abzufangen. Zu einem späteren Zeitpunkt soll diese Aufgabe dann vom F/A-22A RAPTOR übernommen werden. Diese Maschine ist mit dem sehr leistungsfähigen AESA-Bordradar AN/APG-77 ausgerüstet und soll dank den Stealth-Fähigkeiten und Supercruise die CM bereits über gegnerischem Territorium abfangen können. Bis allerdings ihre Vernetzung sichergestellt ist, dürfte es 2010 oder gar 2012 werden.

Betrachtet man die obigen Ausführungen unter Berücksichtigung der jeweiligen Zeithorizonte, so wird klar, dass noch etliche Jahre vergehen werden, bis die JCMD-Architektur wenigstens in Ansätzen verwirklicht ist.

4. Zusammenfassung

4.1 Kategorien

Grundsätzlich kann man zwei verschiedene Arten von Cruise Missiles unterscheiden: *Land Attack Cruise Missiles* zur Bekämpfung von Landzielen und *Anti-Ship Missiles* zur Bekämpfung von Seezie-

³⁰Die beiden Waffensysteme stützen sich auf die Lenkwaffe MIM-120, welche identisch ist mit der AIM-120 AMRAAM.

³¹JTIDS: Joint Tactical Information Distribution System; Datalink-System, Standard Link 16.

len. Die Anforderungen an diese beiden Kategorien CM sind derart unterschiedlich, dass es in der Regel erhebliche Modifikationen erfordert, um aus einer AShM eine brauchbare LACM abzuleiten.

4.2 Technik/Leistungsfähigkeiten

Die Schlüsselkomponenten einer CM sind der Antrieb, das Navigationssystem, die Sensorik für den Endanflug, die Wirkladung und die Flugkörperzelle.

Der Bau von LACM ist auf Grund der Anforderungen an das System bedeutend schwieriger als jener von AShM.

Die modernen LACM sind so ausgerüstet, dass sie ein statisches Landziel auf eine Distanz von mehreren hundert Kilometern gemäss einer vorangehenden Programmierung völlig selbstständig und in der Regel unter Allwetterbedingungen finden, präzise treffen und zerstören können. Sie fliegen dabei während des Marschfluges meist im geländeoptimierten Tiefstflug und bei hohen Unterschallgeschwindigkeiten.

Die meisten der heutigen LACM sind «Fire-and-Forget»-Waffen; mittel- bis langfristig werden zunehmend Datalinks zur Aufdatierung während des Fluges zur Verfügung stehen, sodass auch mobile Ziele bekämpfbar werden.

Die Wirkladungen von LACM decken ein breites Spektrum ab, wodurch eine Vielzahl von unterschiedlichen Zielen bekämpft werden kann. Am wichtigsten scheinen heute die Penetratorgefechtsköpfe zu sein, mit welchen Stahlbetonwände von mehreren Metern Dicke durchschlagen werden können.

AShM sind dafür spezialisiert, auf mehrere Dutzend Kilometer ein ihnen zuvor zugewiesenes Seeziel zu finden und zu treffen. Sie bewegen sich dabei zumindest im Endanflug knapp über den Wellen auf das Zielschiff zu. Mit diesen Lenkwaffen lassen sich Landziele nur in Küstennähe oder in ganz flachem Gelände bekämpfen.

CM sind durch eine Kombination aus Flugkörpergrösse, Flugprofil, Fluggeschwindigkeit und Stealthiness bis zu einem gewissen Mass vor den gegnerischen Abwehrmassnahmen geschützt.

4.3 Proliferation/Bedrohung

Heute besitzen über 70 Länder zusammen insgesamt rund 75 000 Cruise Missiles. Davon sind über 90% AShM. Die Verbreitung von LACM hat allerdings in den letzten Jahren stark zugenommen. Dieser Trend wird anhalten. Bereits im Jahr 2010 werden voraussichtlich weltweit insgesamt rund 10 000 LACM verfügbar sein. Während vor sieben Jahren lediglich zwei Länder LACM besassen, werden es im Jahr 2010 mindestens 18 Staaten sein.

Die Schlüsseltechnologien von LACM sind die Fähigkeit zur Konstruktion und zur Integration der Navigationsanlage, der



Die Beschaffung des extrem teuren Kampfflugzeugs F/A-22A RAPTOR wird von der USAF insbesondere mit der Aufgabe CMD begründet. Der RAPTOR soll dank seinen Stealth-Eigenschaften gegnerische CM bereits über gegnerischem Territorium bekämpfen können. Es ist allerdings fraglich, ob die damit erbrachten Leistungen die Kosten effektiv rechtfertigen können.

Foto: USAF

Endanflugssensorik, des Triebwerks sowie des Gefechtskopfs und der Stealth-Eigenschaften. Heute sind nachweislich etwa ein Dutzend Staaten in der Lage, selber LACM zu produzieren. Soll der Proliferation Inhalt geboten werden, so muss nicht nur die Proliferation der Flugkörper selbst, sondern auch jene der Technologien zur Herstellung der Schlüsselkomponenten verfolgt, kontrolliert und wenn möglich verhindert werden. Diese Massnahmen können die Verbreitung dieser Waffen effektiv aber nicht unterbinden, sondern lediglich verzögern.

Bei kriegerischen Auseinandersetzungen werden LACM zukünftig schon auf Grund ihrer zunehmenden Verbreitung an Bedeutung gewinnen. Für die Schweiz ist jedoch auf absehbare Zeit keine effektive Bedrohung existent: Bei jenen Staaten, welche über die Capability zum Einsatz von LACM verfügen, sind offensichtlich keine entsprechenden Intentionen vorhanden, während bei solchen Staaten, bei welchen entsprechende Intentionen denkbar wären, die erforderliche Capability vorderhand nicht verfügbar ist. Westliche Staaten könnten aber bei «Out-of-Area»-Einsätzen bereits jetzt auf eine reelle, tendenziell zunehmende CM-Bedrohung stossen.

Derzeit sind keine nicht-staatlichen Organisationen bekannt, welche über CM verfügen würden. Ausschliessen lässt sich aber nicht, dass nicht-staatliche Organisationen in den Besitz von AShM gekommen sind oder in Zukunft kommen werden und diese in der Folge einsetzen. Allerdings sind die Waffen für eine Zielbekämpfung in Binnengrändern (z. B. CH) ungeeignet, können aber für am Meer liegende Staaten eine echte Bedrohung darstellen. Dass LACM in absehbarer Zeit in terroristische Hände geraten und in der Folge eingesetzt werden, ohne dass sich die nicht-staatlichen Organisationen auf eine militärische Infrastruktur eines Staates abstützen können, ist sehr unwahrscheinlich.

4.4 Abwehr

Auf Grund der zunehmenden Bedeutung von LACM wird zukünftig analog auch der Abwehr von CM (CMD) eine grössere Bedeutung zukommen. Hauptproblem bei der CMD ist die Detektion und die Verfolgung der tief fliegenden, mit Hilfe von Stealth-Technologie konzipierten Flugkörper. Derzeit existieren keine zuverlässig wirksamen CMD-Systeme, sondern nur Konzepte, Projekte und Komponenten. «Stand-alone»-Waffensysteme sind nicht effizient bei der LACM-Bekämpfung. Auf Grund der Komplexität des Problems ist ein teilstreitkräfteübergreifender Ansatz unabdingbar. Erfolgreich kann dem Problem nur mit einem kompletten Netzwerk von allwetterfähigen, luft- und bodengestützten Sensoren und Shootern begegnet werden, welche ihre Daten zur Feuerleitung über Datalinks zeitverzugslos austauschen können. Aus der erforderlichen Permanenz eines solchen Systems resultiert, dass die Shooter vorteilhaftweise bodengestützt (GBADS) sein sollten. Dabei sind praktisch nur solche Waffensysteme geeignet, welche zur Zielzuweisung für die Abwehrwaffen direkt Daten über das CMD-Netzwerk beziehen können und zur Zielbekämpfung das Ziel selber nicht «sehen» müssen. Luftgestützte Sensoren sind ihrerseits aber zwingend erforderlich, weil nur durch sie die nötige Übersicht zur Erstellung eines lückenlosen SIAP garantiert werden kann. Freifliegende oder gefesselte Luftschiffe bieten sich deshalb für diese Aufgabe geradezu an.

Die US-Streitkräfte sind beim Aufbau eines wirksamen CMD-Netzwerkes wohl am weitesten fortgeschritten. Diverse Verzögerungen mit unterschiedlichen Ursachen sind dafür verantwortlich, dass aber auch bei ihnen eine erste Einsatzfähigkeit der JCMD-Architektur erst nach 2010 zu erwarten ist.