

Physikalisch-technische Betrachtungen zur Raketenabwehr¹

Voraussetzung

Den Mittelpunkt der physikalischen Überlegungen bildet die Entwicklung des Computersimulationsmodells RAAB zur Berechnung des Flugweges einer angreifenden Kurz- bzw. Mittelstrecken-TBM (Tactical Ballistic Missile) mit Schussweiten bis zu 1500 Kilometern sowie der Flugwege von bis zu fünf gleichzeitig fliegenden Abwehrflugkörpern. Die programmtechnischen Grundlagen dazu wurden im Rahmen der Entwicklung von Boden-Luft- und Luft-Luft-Lenkflugkörpersimulationen (unter anderem einem Luftkampfmodell) erarbeitet. Die zur Simulation erforderlichen Daten entstammen den frei zugänglichen Publikationen bzw. dem Internet.

Die Angriffsflugkörper

Es werden drei in ihrer Reichweite verschiedene TBM-Typen abgebildet SCUD-B: Es ist der einfachste Flugkörper mit einer Schussweite von zirka 300 Kilometern. Seine Apogäumwerte (Apogäum = erdfernster Punkt der Flugbahn) liegen unter 100 Kilometer Höhe, das heißt im sogenannten endoatmosphärischen Bereich. Neben der Schwerkraft wirken noch aerodynamische Kräfte, die sicherstellen, dass die Flugkörperspitze immer entlang der Flugbahn ausgerichtet bleibt. Dies nennt man die aerodynamische Folgsamkeit. Die Bauart der SCUD-B in Form eines Integralflugkörpers ist daher zulässig. Wenn der Flugkörper nach Triebwerksbrennschluss bis zum Aufschlag ins Ziel geschlossen fliegt, das heißt der Gefechtskopfteil, die Triebwerke und die leeren Tanks bleiben zusammen, so spricht man von einem Integralflugkörper.

¹ Überarbeitung Europäische Raketenabwehr – Workshop, 23.-24.10.2001.

AL-HUSSEIN: Die mit längeren Treibstofftanks und geringerem Gefechtskopfgewicht vom Irak modifizierte SCUD-B mit einer Schussweite von zirka 600 Kilometern wird AL-HUSSEIN genannt. Das Baukonzept der AL-HUSSEIN ist das eines Integralflugkörpers. Die Apogäumwerte liegen jedoch deutlich über 100 Kilometern Höhe, also im exo-atmosphärischen Bereich. In diesen nahezu luftleeren Zonen wirkt nur mehr die Schwerkraft auf die TBM. Die Ausrichtung des Flugkörpers entlang seiner Flugbahn geht verloren. Wenn nun der Flugkörper auf seinem absteigenden Flugbahnast wieder in dichtere Atmosphärenschichten taucht sind „Torkelbewegungen“ bis hin zum Zerschlagen der Rakete möglich und auch häufig festzustellen. Dieses Verhalten der AL-HUSSEIN wurde bereits in den Golfkriegen I und II beobachtet. Die Kinematik wird durch starke Geschwindigkeitsänderungen und Abweichungen von der Sollflugbahn sehr kompliziert. Als Folge davon ergeben sich mitunter sehr große Zielerreichungsabweichungen der AL-HUSSEIN-Rakete.

NO-DONG: Um ein „Torkeln“ oder Zerschlagen der TBM zu vermeiden wird spätestens vor dem Wiedereintritt in die tieferen Atmosphärenschichten der Gefechtskopfteil vom Rest der Rakete getrennt. Dieser als Wiedereintrittskörper bezeichnete Teil ist aerodynamisch folgsamer und nebenbei auch schwerer entdeckbar als die Gesamtrakete. Nach diesem Bauprinzip werden alle TBM-Systeme mittlerer und großer Schussweite gebaut. Als Beispiel hierfür wird eine nordkoreanische NO-DONG mit einer Schussweite von zirka. 1500 Kilometern simuliert. (Anmerkung: Es gibt in der Realität verschiedene NO-DONG-Varianten mit unterschiedlichen Schussweiten.)

Die Raketenabwehr

Eine effiziente TBM-Abwehr erfordert ein umfangreiches „Sensorpaket“. Die im Westen, speziell in den USA geplanten und zu erwartenden Systeme sind:

Geostationäre bzw. auf stark elliptischen Bahnen fliegende Satelliten mit IR-Sensorik als sogenannte „Bellringer“ („Anklingler“) zur Alarmierung der Abwehr.

Niedrig fliegende im IR- und visuellen Wellenlängenbereich arbeitende Satelliten („Brilliant Eyes“) zur Vermessung der TBM-Flugbahnen. Damit ist eine Voreinweisung sowohl der bodengestützten

Feuerleitradare wie auch von Abwehrflugkörpern (zum Beispiel wahrscheinlich THAAD) möglich.

X-Band-Radare etwa für THAAD mit Reichweiten von zirka 1000 Kilometern bei Satellitenvoreinweisung und zirka 500 Kilometern ohne Einweisung.

Die eigentliche Abwehr angreifender TBMs soll mit einem „Mehrschichtenkonzept“ erfolgen, das heißt verschiedene Abwehrraketensysteme errichten mehrere Trefferfronten, um eine hinreichend hohe Killwahrscheinlichkeit zu erreichen.

Geplant ist ein Zweischichtensystem. Als Abwehrraketensysteme sind derzeit das System PATRIOT PAC3 für die unterste Schicht (Trefferhöhen bis 25 Kilometer) zur TBM-Bekämpfung in der Endflugphase und das System THAAD (Trefferhöhen 150 Kilometer \pm 100 Kilometer) zur TBM-Bekämpfung in der mittleren Flugphase am weitesten entwickelt. Beide Abwehrsysteme benötigen in ihrer ersten Flugphase Data Link entweder vom Bodenradar allein (PAC3) oder dem Bodenradar bzw. SBIRS-Low-Satelliten (THAAD).

Für die Feuerdoktrin werden zwei Varianten diskutiert:

- Shoot-Look-Shoot: Dies ist die ökonomische Verfahrensweise, indem nach dem ersten Schuss der Treffer abgewartet und seine Wirkung beobachtet wird. Dann wird entschieden, ob ein zweiter Schuss folgt. Bei Nicht-Treffern können sich die Abhaldedistanzen damit aber gefährlich verringern.
- Shoot-Shoot-Look: Um in der ersten Bekämpfungsphase eine möglichst hohe Trefferwahrscheinlichkeit zu erzielen, werden gleich zwei Abwehrraketen auf 1 Stück TBM gestartet. Eine teurere, aber „sicherere“ Variante.

Der PAC3-Flugkörper ist eine primär aerodynamisch gesteuerte, mit einem aktiven Radarsuchkopf ausgestattete, nach dem hit-to-kill-Prinzip wirkende Abwehrrakete. In der Endflugphase wird die aerodynamische Steuerung durch ein System von 180 ringförmig angeordneten Kleinstmotoren (Thruster) unterstützt um die erforderliche minimale Zielablage sicherzustellen. Weiterhin verfügt PATRIOT PAC3 über einen sogenannten „Lethality enhancer“, ein System von zwei Metallringen, die quasi mit leicht verzögertem Aufschlagzünder den Sprengstoff der angegriffenen TBM auslösen sollen. Der „Lethality enhancer“ ist kein Gefechtskopf im klassischen Sinn sondern dient zur Erhöhung der

ohnedies beim hit-to-kill-Treffer verfügbaren Energie zur Zielzerstörung. Mit den bei AWT/WM erfolgten Berechnungen konnte die Notwendigkeit sowohl der Thruster wie auch des „Lethality enhancer“ nachgewiesen werden. Der Abdeckbereich von PAC3 gegen NO-DONG hat einen Durchmesser von zirka 40 Kilometern.

Das System THAAD besteht aus einem nach dem Brennschluss des einstufigen Feststoffboostertriebwerks separierbaren Kill Vehicle. Dieses Kill Vehicle, gesteuert von einer Querschubanlage und einem IR-Suchkopf, hat keinen Gefechtskopf und wirkt ebenso nach dem hit-to-kill-Verfahren. Die Anfangsflugphase wirkt – auf Bildern beziehungsweise Videos – auffallend turbulent. Die flügellose Rakete muss einerseits nach dem Start mit Schubvektorsteuerung in eine geeignete Vorhalterichtung gelenkt werden, und andererseits kann es notwendig sein, kinetische Energie zu „vernichten“, wenn das Ziel eine Kurzstrecken-TBM ist. Dieser „Energiemanagement“ genannte Prozess ist aus kinematischen Gründen erforderlich. Die Fläche, die THAAD gegen NO-DONG abzudecken imstande ist, beträgt bei optimaler Voreinweisung zirka 300 000 km². Dabei sind Startdistanzen von 700 Kilometern bis 900 Kilometern erforderlich. Das heißt: die Entfernung zwischen der anfliegenden TBM und der THAAD-Rakete zum Zeitpunkt ihres Starts muss die oben genannten Werte erfüllen. Daraus ist abzuleiten, dass eine sehr frühzeitige Entdeckung der TBM zwingend erforderlich ist, was letztlich nur durch den Einsatz von Satelliten (SBIRS-Low) möglich wird.

Bodenradare, speziell wenn sie in der Nachbarschaft des THAAD-Starters positioniert sind, können diese Auffassdistanzen auch nur bei Voreinweisung durch die Satelliten erreichen. Fehlt die Voreinweisung, liegen die erreichbaren Startdistanzen bei zirka 500 Kilometer oder weniger, wenn der TBM-Wiedereintrittskörper über Stealth-Eigenschaften verfügt. Die unvermeidbare Folge davon ist ein Absinken des Abdeckbereiches auf zirka 116 000 km² oder 39 Prozent (bei einer Startdistanz von 500 Kilometern) der maximal möglichen Abdeckzone.

Die Berechnungen der Schießbereiche der beiden Abwehrflugkörper gegen jede der drei simulierten TBM-Typen liegen bei AWT/WM auf beziehungsweise wurden in einem umfassenden Bericht dargelegt.

Die hier vorliegenden Informationen bezüglich realer Testschüsse erheben leider keinen Anspruch auf Vollständigkeit, lassen aber den Schluss zu, dass die technische Machbarkeit der flugkörpergestützten

Raketenabwehr gegeben ist. Für PATRIOT PAC3 sind sechs, allesamt erfolgreiche, Testschüsse bekannt (bis November 2000). Hinsichtlich des Systems THAAD werden elf Testschüsse (bis August 1999) dokumentiert von denen vier Schüsse planmäßig abgelaufen sind. Von diesen vier Schüssen sind zwei Schüsse erfolgreiche Treffer, die verbleibenden beiden erfolgreichen Schüsse hatten andere Testziele. Dazu ist nun Folgendes anzumerken: THAAD stellt eine komplette Neuentwicklung dar, während das System PATRIOT bereits eine längere technologische Evolution durchlaufen hat. Man sollte auch bedenken, dass bei derartigen technischen Großprojekten in der Testphase nicht jene Zuverlässigkeiten zu erwarten sind wie sie Geräte der täglichen Nutzung (zum Beispiel Autos oder Flugzeuge) zeigen.

Die Trefferwirkung

Eine primär qualitative Beurteilung der hit-to-kill-Trefferwirkung eines Abwehrflugkörpers an einer TBM zeigt:

Der Sprengstoff eines konventionellen TBM-Gefechtskopfes müsste sowohl durch das Kill Vehicle von THAAD als auch durch den „Lethality enhancer“ von PATRIOT PAC3 zur Explosion gebracht werden. Die beim Treffer maximal zu erwartende kinetische Energie, die zur Deformation und Erwärmung zur Verfügung steht, reicht aber vermutlich nicht aus, eventuelle chemische oder bakterielle TBM-Gefechtskopfbefüllungen vollständig zu vernichten.

Für THAAD-Treffer, die in sehr großen Höhen liegen, bedeutet dies, dass die Verteilung in der Atmosphäre und die Einbindung der Kampfstoffe bzw. deren Folgeprodukte in die chemischen Prozesse der hohen Atmosphäre wahrscheinlich ausreicht, um eine Gefährdung an der Erdoberfläche auszuschließen. Beim System PATRIOT PAC3 wurde zwar die zusätzliche Energie des „Lethality enhancer“ nicht in Rechnung gestellt, jedoch sollte der geringeren Trefferhöhe wegen mit einer mehr oder weniger starken Kontamination der Erdoberfläche sicherheitshalber gerechnet werden.

Gegenmaßnahmen

Vorkehrungen, die eine Raketenabwehr mit Abfangflugkörpern in ihrer Effizienz reduzieren können, wären unter anderem:

Signaturveränderungen: Darunter sind Maßnahmen zur Reduktion des Radarquerschnittes speziell der Wiedereintrittskörper zu verstehen

wie auch Kühlmaßnahmen (doppelte Wandungen, abtrennbare Schutzschilde) zur Verringerung der IR-Signatur. Eine Beeinflussung der Sonne („Angriff aus der Sonne“) ist bei THAAD simulationsmäßig in gewissem Umfang erkennbar.

Sättigung: Die Wirkung der Raketenabwehr kann durch den Einsatz von Submunitionen oder Täuschkörpern (Attrappen) reduziert werden. Eine Abhilfe dagegen wäre der Einsatz von Abwehrlasern oder das Abfangen der in der Startphase befindlichen TBM.

Schutzwirkung der Raketenabwehr

Bei einem TBM-Angriff mit einem chemischen Gefechtskopf (zirka 550 Kilogramm SARIN) auf eine Großstadt muss mit bis zu zirka 13 000 Toten gerechnet werden. Die Raketenabwehr kann (in einem berechenbaren Schutzbereich) technisch sicherstellen, dass die Wahrscheinlichkeit eine TBM abzufangen über 97 Prozent liegt. Das heißt: mit mehr als 97 prozentiger Wahrscheinlichkeit gibt es keinen einzigen Toten! Nur mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als drei Prozent sind zirka 13 000 Tote zu erwarten. Letzteres bedeutet, dass eine TBM den Abwehrschild durchbrochen hat. Bei AWT/WM wurde eine Verteidigung Österreichs mit einem THAAD und drei PAC3-Startern im Rahmen eines Fallbeispiels berechnet. Ein großflächiger ausreichender Schutz ist nur bei Einbindung in ein satellitengestütztes Vorwarn- und Einweisesystem möglich.

Raketenabwehrsysteme sind Anlagen, die nicht gegen Menschen (Zivilisten, bemannte Flugzeuge, etc.) einsetzbar sind (zum Beispiel ist kein Gefechtskopf vorhanden). Daher stehen sie in ihrer Wirkung der Präventivmedizin weit näher als einem klassischen Waffensystem. Eine Diskussion der Raketenabwehr sollte daher ohne politisch-ideologische Belastung möglich sein.

OR Dr. Mag. Peter Sequard-Base
Abteilung Waffen- und Munitionswesen
Hauptreferatsleiter Entwicklung/Analysen des
Bundesministeriums für Landesverteidigung, Wien

Europäische Raketenabwehr – Workshop, Reichenau, 23./24.10.2001