

# Taktische Entscheidungshilfe Signaturmanagementsystem

Michael Janßen

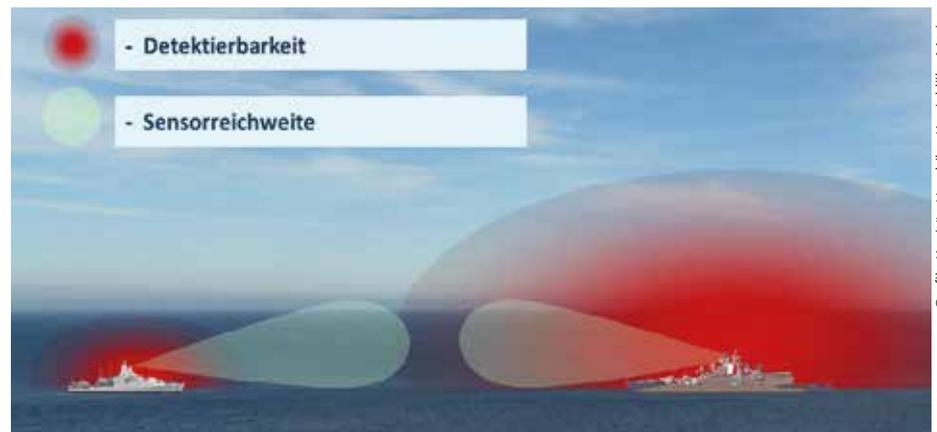
Die Natur macht es uns vor: Tarnung ist überlebenswichtig und hat sich in der Evolution als das Mittel der Wahl herauskristalliert, um sich einerseits in der Defensive dem Zugriff der Jäger zu entziehen und andererseits in der Offensive erfolgreich zu sein. Jäger und Beute, beide tarnen sich. Das Prinzip kommt in allen Lebensräumen zur Anwendung – zu Lande, zu Wasser und in der Luft – und in allen Größenordnungen: Die Giraffe tarnt sich ebenso wie die Gottesanbeterin.

Im militärischen Bereich spricht man statt von Tarnung von Signaturreduzierung, um der Tatsache gerecht zu werden, dass es über den visuellen Bereich hinaus ein breites Spektrum physikalischer Größen gibt, die Sensoren zur Detektion ausnutzen können. Das Prinzip ist jedoch dasselbe.

In maritimen Anwendungen sind die wichtigsten Größen über Wasser der Raddarrückstreuquerschnitt (engl.: Radar Cross Section, RCS), die Infrarot-Signatur und natürlich die visuelle Signatur des Fahrzeugs sowie unter Wasser Zielpiegel und Zielmaß für die passive und aktive akustische Detektion, die hydrodynamische Drucksignatur, die elektrische, die magnetische und die seismische Signatur. Auch an der Wasseroberfläche gibt es Effekte, die Sensoren nutzen können, wie z.B. die verschiedenen Effekte des Kielwassers und der Kelvinwelle.

Dieses breite Spektrum lässt die Komplexität der Zusammenhänge bereits deutlich werden. Wir werden später sehen, dass es darüber hinaus noch viele weitere dynamische

man gegnerische Sensoren bzw. deren Träger früher erkennen, als diese einen selbst wahrnehmen können. Die nachfolgende Abbildung zeigt diese Situation:



Grafik: Kapitän Hendriks, Koninklijke Marine

**Früher detektieren als man detektiert wird!**

Einflussgrößen gibt, die bestimmen, aus welcher Entfernung ein gegnerischer Sensor die eigene Plattform detektieren kann.

Am Ende der Funktionskette, an deren Anfang besagter Sensor steht, befindet sich in aller Regel ein Effektor. Deswegen ist es für das Überleben essenziell, die Detektion zu vermeiden. Aber auch der eigene Missionserfolg wird wahrscheinlicher, wenn man möglichst lange unbemerkt von gegnerischen Sensoren operieren kann. Um die eigene Detektion zu vermeiden, muss

Die entscheidende Frage lautet also: „Auf welche Entfernung kann mein Schiff in der gegenwärtigen Situation detektiert werden?“ – Und was kann ich ggf. tun, um diese Entfernung zu verringern?

Bisher beschränkt man sich im Marine-schiffbau im Wesentlichen darauf, konstruktive Maßnahmen für niedrige Signaturen zu ergreifen, z.B. durch magnetische Eigenschutzanlagen, Abgaskühlsysteme, geräuscharme Bauweise und RCS-optimierte Formgebung.

**Bau der neuen Entmagnetisierungs- und Vermessungsanlage in der Kieler Förde**



Foto: Deutsche Marine/Rolf Baumgart



Foto: Deutsche Marine

**Minen verwenden unterschiedliche Zündkriterien**



Foto: US Navy

**Arbeiten an der Elektronik eines Radars**

Darüber hinaus werden die wesentlichen Signaturen von Marineschiffen vermessen und die Besatzungen erhalten Berichte über die Messergebnisse. Diese Berichte enthalten Informationen darüber, wie die jeweiligen Signaturen unter den Bedingungen der Messung waren. Sie können keine Information darüber liefern, welche Detektionsreichweite ein bestimmter Sensor damit unter den Randbedingungen, wie sie in der Einsatzsituation herrschen, erzielen kann.

Diese Maßnahmen sind wichtig. Sie genügen aber nicht, um die oben gestellte Frage nach Detektionsreichweiten in einem aktuellen Szenario zu beantworten. Wesentliche Einflussgrößen haben wir nämlich noch nicht betrachtet:

Unter anderem liegt zwischen dem Schiff und dem gegnerischen Sensor noch eine Strecke oder besser gesagt ein Raum mit Umwelteinflüssen, die bzw. der die Ausbreitung der physikalischen Signaturgrößen beeinflusst. Außerdem unterscheiden sich die aktuellen Signaturen während einer Mission im Vergleich zu den auf einer Range gemessenen, weil sie vom aktuellen Betriebszustand des Schiffes beeinflusst werden. Durch Fehlfunktionen sind auch ungewollte und möglicherweise sogar unbemerkte Verschlechterungen der Signaturen möglich. Nicht zuletzt kommt es natürlich auch auf die Leistungsdaten des Sensors, wie z.B. Empfindlichkeit, Sichtfeld und Signalverarbeitung an, bis zu welcher Entfernung die Detektion erfolgen kann.

Alle drei Einflussgrößen – Umwelt, Betriebszustand und Sensortyp – sind situationsabhängig. Die Antwort auf die eingangs gestellte Frage lautet bisher also: „Das kommt darauf an!“ Das ist aus operativer Sicht keine sehr hilfreiche Antwort.

Fassen wir zusammen, was es braucht, um eine bessere Antwort zu liefern:

► Wir müssen die Signaturen des Schiffes im jeweiligen Zustand (Betriebszustand und Fehlfunktionen) zum Zeitpunkt und am Ort des Einsatzes bestimmen können.

► Wir müssen die relevanten Umweltdaten auf der Übertragungsstrecke zwischen Schiff und gegnerischem Sensor kennen und ihre Einflüsse auf den Detektionsvorgang bewerten können.

► Wir müssen die Fähigkeiten der Sensoren, die wir im Einsatzgebiet erwarten, quantitativ beurteilen können.

Ein System, das dies alles kann, nennen wir ein Signaturmanagementsystem.

Auch die umgekehrte Variante, ein System,

Magnetometer für die magnetische Signatur, Temperaturfühler für die IR-Signatur usw. Weitere Sensoren werden zur Messung der erforderlichen Umweltdaten benötigt; die letzteren sind in den meisten Fällen ohnehin für andere Zwecke vorhanden, so dass die Daten dem Signaturmanagementsystem bereitgestellt werden können. Die Daten dieser Sensoren sind notwendig aber noch nicht hinreichend für die Ermittlung der aktuellen Signaturen. In den meis-



Foto: US Navy

**Mit Täuschkörpern sollen Torpedos vom eigentlichen Ziel abgelenkt werden**

das die Detektionsreichweiten der eigenen Sensoren unter den aktuellen Bedingungen ermitteln kann, ist eine wichtige taktische Entscheidungshilfe und beide Systeme können Teile ihrer Daten und Modelle gemeinsam nutzen. In diesem Artikel geht es um die Sichtweise des Signaturmanagements.

### Wie könnte ein Signaturmanagementsystem aussehen?

Zur Bestimmung der eigenen Signatur werden im Regelfall zahlreiche über das Schiff verteilte Sensoren erforderlich sein: Beschleunigungsaufnehmer, Hydrophone und Mikrophone für die akustische Signa-

ten Fällen sind zusätzlich Modelle erforderlich, um aus den an Bord gemessenen Sensordaten die lokalen Signaturen abzuschätzen.

Zuvor wurden schon mögliche unbemerkte Verschlechterungen einer Signatur durch Fehlfunktionen erwähnt. Um beurteilen zu können, ob eine Signatur für den jeweiligen Betriebszustand normal ist oder nicht, muss das Signaturmanagementsystem sie mit früheren Werten vergleichen können. Dazu bedarf es einer Datenbank der Signaturhistorien.

Für die Berechnung der Ausbreitungsverluste auf dem Übertragungsweg zum Sensor ist für jede Signatur ein Simulationsmodell erforderlich. Weitere Rechen-

modelle sind für die während der Mission erwarteten gegnerischen Sensoren erforderlich. Auch diese hält man sinnvollerweise in einer Art Datenbank, um Aktualisierungen und Anpassungen an die Mission einfach zu gestalten.

Das Herzstück eines Signaturmanagementsystems ist eine Rechnerarchitektur, auf der die vorgenannten Berechnungen und Simulationen ablaufen und die außerdem die Mensch-Maschine-Schnittstelle (engl.: Human Machine Interface, HMI) bereitstellt. Neben den erforderlichen Eingabe- und Steuerungsmöglichkeiten wird dieses HMI im Wesentlichen eine Karte enthalten, auf der die Detektionsreichweiten gegen aktuell relevante Bedrohungen unter den momentanen Umwelt- und Betriebsbedingungen dargestellt werden.

Die meisten der in einem Signaturmanagementsystem verarbeiteten Daten (Signaturen und Sensormodelle) sind als Verschlussachen zu behandeln, so dass das Signaturmanagementsystem Teil der „roten“ Netzwerkstruktur an Bord sein muss.

Wie steht es um die Möglichkeiten der Realisierung eines operationellen Signaturmanagementsystems? Betrachten wir dazu die wichtigsten Signaturen jeweils hinsichtlich der drei Arbeitsschritte Signaturberechnung, Ausbreitungseffekt und Sensoreigenschaften.

## Radar

Man ist heute sehr gut in der Lage, Radarrückstreuquerschnitte (Radar Cross Section, RCS) zu berechnen. Der RCS hängt stark vom Aspektwinkel ab. Deswegen sind sehr viele Berechnungen erforderlich, um eine hinreichende Winkelauflösung über den 360°-Azimutwinkelbereich zu erzielen. Selbst wenn man nur von horizontal blickenden Sensoren ausgeht, muss der RCS darüber hinaus auch in einem Elevationswinkelbereich berechnet werden, weil das Schiff z.B. beim Manövrieren krängt. Dieser Umstand ist, wie wir später noch sehen werden, besonders beim Einsatz von Täuschkörpern (Chaff, Düppel) relevant. Weitere Parameter, für die der RCS jeweils gesondert berechnet werden muss, sind Frequenz und Polarisation.

Hinsichtlich des Betriebszustandes verändert sich der RCS z.B. einer Fregatte mit Öffnen des Hangartors, mit dem Öffnen der Bootsnischenabdeckungen und mit ähnlichen geometrischen Veränderungen des Schiffes. Um die Zahl der Berechnungen gering zu halten, lassen sich diese durch Hinzufügen von Streuzentren zu den RCS-Werten der relevanten Aspektwinkel berücksichtigen, aber grundsätzlich gilt im Radarbereich, dass die Herausforderung in der Anzahl der erforderlichen Berechnun-

gen liegt. Diese können jedoch vorab offline erfolgen.

Für die Radar-Signalausbreitung sind hoch entwickelte Modelle verfügbar, die gute Vorhersagen der Ausbreitungsbedingungen in Abhängigkeit von Umweltparametern erlauben. Wie bei allen Ausbreitungsmodellen muss man ggf. auch Änderungen dieser Parameter entlang der Ausbreitungsstrecke berücksichtigen. Dies ist weniger ein rechnerisches Problem als eines der Erfassung dieser Daten. In der Regel rechnet man heute noch mit den Werten, die das Schiff an seiner Position misst, für die gesamte Strecke.

## Infrarot

Auch die Infrarotstrahlung eines Schiffes kann man heute recht präzise berechnen, sofern ein hinreichend gutes Modell des Schiffes, seiner Wärmequellen und Oberflächeneigenschaften vorliegt. Allerdings sind dafür immer noch lange Rechenzeiten erforderlich. Das wäre nicht weiter tragisch, wenn wie beim RCS nur das Schiff zu simulieren wäre, aber die Infrarotsignatur ist die Strahlstärke-Differenz zwischen Schiff und Hintergrund; deswegen muss auch die jeweils aktuelle geometrische Konstellation insbesondere mit der Sonne berücksichtigt werden. Hinzu kommt, dass Faktoren wie die Sonneneinstrahlung – die sich durch Kurswechsel rasch ändern kann – und Maß-

nahmen zur Signaturreduzierung durch Außenhautkühlung die IR-Signatur dynamisch beeinflussen. Auch wenn Temperaturwechsel vergleichsweise langsame physikalische Prozesse sind, bilden heutige Simulationsprogramme diese Dynamik noch nicht ab.

Gegenüber der bisher üblichen reinen Signaturberechnung hat man bei einem Signaturmanagementsystem an Bord eines Schiffes die Möglichkeit, mit Hilfe von Temperatursensoren stützende Signaturinformationen bereitzustellen. An der Integration dieser Möglichkeit wird derzeit gearbeitet. Eine gute Modellierung der Abgaswolke – wichtig besonders im mittleren IR-Bereich von 3–5 µm Wellenlänge – ist auf eine Temperaturmessung am Abgasaustritt angewiesen. Für die Ausbreitungs- und Sensorberechnungen liegen im Infrarotbereich gute Modelle vor.

## Akustik-Zielmaß

Das Zielmaß in der Unterwasserakustik entspricht in etwa dem RCS für elektromagnetische Wellen über Wasser. Es ist wie der RCS im Wesentlichen von der Geometrie des zu ortenden Objekts abhängig. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass tieffrequente akustische Signale eine ggf. vorhandene äußere Hülle des Bootes durchdringen, so dass auch die dahinterliegende Geometrie einen signifikanten Beitrag zum Zielmaß liefern kann. Darüber hinaus kommen für den höheren Frequenzbereich bei U-Booten vereinzelt Dämpfungsmaterialien zur Reduzierung des Zielmaßes zum Einsatz. Das Zielmaß ist diejenige Signatur, die die Detektionsfähigkeit aktiver Sonargeräte gegen U-Boote bestimmt, und ist deswegen nur für Signaturmanagementsysteme auf U-Booten relevant.

Wie beim RCS muss die Zielmaßberechnung den vollständigen Azimutwinkelbereich abdecken, und der Elevationswinkelbereich muss sogar noch größer sein als bei den RCS-Berechnungen. Eine weitere Analogie ist die Frequenzabhängigkeit des Zielmaßes, wohingegen es keine unterschiedlichen Polarisierungen gibt, weil Schallwellen Longitudinalwellen sind.

Es gibt gute Programme zur Berechnung des Zielmaßes. Auch die Schallausbreitung unter Wasser ist sehr gut untersucht. Eine Herausforderung für ein Signaturmanagementsystem ist allerdings, dass die Ausbreitungsbedingungen nicht isotrop sind; das dafür maßgebliche aktuelle Schallgeschwindigkeitsprofil kann in der Regel nur am Ort des U-Boots bestimmt werden. Wird es als beste verfügbare Information für den gesamten Ausbreitungsweg herangezogen, muss mit einem entsprechenden Fehler bei der abgeschätzten Detektionsreichweite gerechnet werden.



## Akustik-Zielpegel

Der Zielpegel bewertet die Schallabstrahlung des eigenen Fahrzeugs ins Wasser, die von passiven Sonargeräten oder Sensoren in Seeminen zur Detektion genutzt wird. Diese Signatur lässt sich im laufenden Betrieb nur indirekt messen, indem man an den wesentlichen Schallerzeugern, an Ausbreitungswegen und auf der Außenhaut den Körperschall misst. Zusätzliche Daten zum Luft- und Wasserschall können durch Mikrophone und Hydrophone bereitgestellt werden. Um daraus auf den abgestrahlten Wasserschall zu schließen, bedarf es einer Art „Übertragungsfunktion“, einem Modell des Schiffes, das die Beiträge der einzelnen Quellen in Verbindung mit den Übertragungswegen bewertet.

Für existierende Schiffe lässt sich ein solches Modell anhand von Messungen erstellen. Für ein Schiff, das nur auf dem Reißbrett existiert, sind andere Verfahren erforderlich, da ja noch keine Messdaten



Sonarbedienerin

zur Verfügung stehen. Das bedeutet, dass das Signaturmanagementsystem eines Schiffesneubaus eine „Lernphase“ durchlaufen muss. Diese kann z.B. im Rahmen der Signaturvermessungen bei der Abnahme durchgeführt werden.

Besonderes Augenmerk muss in jedem Fall auf das Sensorlayout gelegt werden: Damit das Modell funktionieren kann, müssen die Sensoren an allen relevanten Stellen platziert werden. Aus den bisherigen F&T-Aktivitäten ist die dafür erforderliche Erfahrung vorhanden.

## Magnetik

Im Bereich der Magnetik ist man heute noch nicht in der Lage, analytisch von Messungen an Bord auf die magnetische Signatur außerhalb des Schiffes zu schließen. Es gibt dazu jedoch umfangreiche F&T-Aktivitäten in verschiedenen Nationen.

Auf der Basis von Signaturvermessungen im Erdmagnetfeldsimulator der WTD 71 kann man ähnlich vorgehen wie beim Zielpegel und eine „Übertragungsfunktion“ zwischen Messwerten an Bord und Signaturwerten im Wasser empirisch ermitteln. Für das kanadische Forschungsschiff „Quest“ wurde das schon durchgeführt. Diese Methode ist allerdings begrenzt auf Schiffe, die in den Erdmagnetfeldsimulator hineinpassen (z.B. Minenjagdboote und U-Boote).

Im Gegensatz zur Akustik ist der Ausbreitungsweg in der Magnetik unproblematisch zu berechnen, da sich nur der Abstand des Sensors vom Schiff auf das detektierte Signal auswirkt.

## Elektrische Signatur

Die Elektrische Signatur (engl.: UEP, Underwater Electric Potential) entsteht durch die Unterschiede im elektrochemischen Potential der verschiedenen Materialien des Unterwasserschiffs; dies sind beispielsweise Bronze für den Propeller, Stahl für die Außenhaut und Zink für die Opferanoden zum Korrosionsschutz. Durch die Rotation des Propellers kann diese Signatur moduliert sein, man spricht dann von der ELFE-Signatur (engl.: Extremely Low Frequency Electromagnetic). Die wichtigste Maßnahme zur Reduzierung der Elektrischen Signatur ist die Isolation dieser Materialien gegen den Elektrolyten Seewasser. Da die Schiffshülle in der Regel bereits mit einem Anstrich versehen ist, lässt sich die größte Verbesserung der Elektrischen Signatur durch eine Beschichtung des Propellers oder einen Kunststoffpropeller erzielen.

Eine aktive, elektrische Korrosionsschutzanlage bietet die Möglichkeit, an Bord Messdaten der Elektrischen Signatur zu erhalten, die ein Signaturmanagementsystem braucht. Allerdings ist dazu eine Weiterentwicklung der heute verwendeten Systeme erforderlich; insbesondere muss man für aussagekräftige Messungen die Zahl der Anoden deutlich erhöhen. Darüber hinaus könnte mit einer solchen Anlage der Korrosionsschutz temporär zu Gunsten einer optimalen Elektrischen Signatur reduziert werden.

## Hydrodynamischer Druck

Die Drucksignatur hängt im Wesentlichen von Rumpfform, Tiefgang, Trimm und Geschwindigkeit ab und lässt sich deswegen relativ verlässlich berechnen. Komplexe

Ausbreitungsmechanismen gibt es bei der Drucksignatur nicht.

Akustik, Magnetik, Elektrik und hydrodynamischer Druck sind Signaturen, die in fast beliebigen Kombinationen in Minen als Zündkriterium verwendet werden. Ein Signaturmanagementsystem muss deswegen Modelle solcher „Multi-Influence Mines“ beinhalten, um gute Empfehlungen hinsichtlich sicherer Tiefe im aktuellen Umwelt- und Betriebszustand geben zu können. Solche Modelle sind vorhanden, werden von den Nationen jedoch sehr restriktiv als Verschlussfrage behandelt.

Viele Komponenten, die man für ein Signaturmanagementsystem benötigt, sind also auch heute schon verfügbar, ja es gibt – insbesondere im akustischen Bereich – auch schon operationelle Teilsysteme. Die derzeit stellenweise noch bestehenden Probleme hinsichtlich der Rechenzeiten lassen sich durch weitere Optimierung lösen und werden im Zweifel auch dem Moorschen Gesetz (das Moorsche Gesetz besagt, dass die Komplexität – und damit näherungsweise auch die Rechenleistung – integrierter Schaltkreise sich etwa alle zwei Jahre verdoppelt) anheimfallen.

Die aktuellen technischen Herausforderungen, neben der Weiterentwicklung einzelner Signaturmodule, bestehen in der Integration eines Gesamtsystems aus den oben beschriebenen Komponenten, aus dem Zusammenführen eines solchen Systems mit den existierenden operationellen Führungs- und Waffeneinsatzsystemen an Bord sowie aus der Entwicklung einer operationellen Bedienungsschnittstelle.

Das Centre for Ship Signature Management (CSSM, ein Büro zur Kooperation im Signaturbereich zwischen Deutschland, Kanada, den Niederlanden, Belgien und Norwegen) hat daher 2013 ein Projekt zur Entwicklung eines funktionalen Demonstrators eines Signaturmanagementsystems ins Leben gerufen und es Ende 2017 mit einer entsprechenden Demonstration vor Vertretern der Partnernationen und im Rahmen des NATO-SET-244-Symposiums erfolgreich abgeschlossen: COSIMAR (Continuous Operational Signature Monitoring, Awareness and Recommendation).

Das System vernetzt eine Anzahl Einzelrechner, auf denen Module für die Berechnung der Signaturwerte (IR, RCS, akustischer Zielpegel schmalbandig und breitbandig, Magnetik, Elektrik und Druck), für die Berechnung der Signalausbreitung und für die Kalkulation der Detektionsreichweiten von Minen, passiven Sonarsystemen, IR-Sensoren und Radargeräten laufen.

Die Umweltdaten, der Schiffsbetriebszustand, die Sensordaten und alle Informationen, die normalerweise schiffsseitig bereit-



Foto: US Navy

**Mit dem Zielmaß wird die Detektionsfähigkeit aktiver Sonargeräte bestimmt**

gestellt werden würden, werden von einem virtuellen Schiff erzeugt, das auf weiteren Rechnern simuliert wird, die ebenfalls vernetzt sind. Simuliert wird dabei das kanadische Forschungsschiff „Quest“ auf der Basis umfangreicher Messdaten, die während der umfassenden internationalen Messkampagne RIMPASSE im Jahr 2011 aufgenommen wurden.

COSIMAR bietet einen Current-Mode, der quasi in Echtzeit aktuelle Detektionsreichweiten gegen ausgewählte Bedrohungssensoren in einer Karte darstellt.

Informationen über mehrere Bedrohungssensoren werden nach dem Worst-Case-Prinzip aggregiert, der Benutzer kann aber durch Auswahl eines bestimmten Sensors auch spezifische Informationen erhalten.

Sobald voreingestellte Detektionsreichweiten der aktuell relevanten Sensoren überschritten werden, liefert COSIMAR mögliche Maßnahmen zur Signaturoptimierung. Solche Empfehlungen können zum Beispiel sein:

Im akustischen Bereich: Reduzierung der Geschwindigkeit (ggf. mit einer Vorgabe, auf welche Weise das zu tun ist, mittels Drehzahlreduzierung oder über die Propellersteigung); im IR-Bereich: Kursänderung zur Modifikation der Sonneneinstrahlung oder Einschalten der ABC-Sprühanlage zur Außenhautkühlung; im RCS-Bereich: Schließen des Hangartors.

Die Ausprägung der Empfehlungen, die ein Signaturmanagementsystem geben kann, hängt natürlich von den Eigenschaften und Möglichkeiten der Plattform ab, auf der es installiert ist. Bei der Entwicklung des Signaturmanagementsystems für eine bestimmte Schiffs- oder Bootsklasse muss der Empfehlungskatalog deshalb entsprechend angepasst werden.

Für Empfehlungen, bei denen das Ausmaß der Umsetzung variieren kann (z.B. Reduzierung der Geschwindigkeit), kann das Signaturmanagementsystem auch angeben, welcher Wert erforderlich ist, um den Schwellwert zu unterschreiten. Für ein operationelles System würde man auch

vorsehen, dass das Signaturmanagementsystem eine Prognose über die Dauer abgibt, bis der gewünschte Signaturzustand erreicht werden kann.

Ungeachtet der Empfehlungen des Signaturmanagementsystems bleibt es selbstverständlich der Entscheidung des Kommandanten überlassen, die vorgeschlagenen Maßnahmen zu ergreifen oder nicht; es kann ja auch höher priorisierte Gründe geben, die gegen die Maßnahme sprechen.

In einem „What if“-Mode kann COSIMAR bei der Missionsplanung unterstützen, indem für bestimmte Wegpunkte einer bevorstehenden Mission die relevanten Schiffs- und Umweltdaten eingegeben werden und COSIMAR die Detektionsreichweiten in diesen Szenarien ausgibt. Da die erforderlichen Daten recht umfangreich sind, nimmt das System die jeweils aktuellen Werte als Vorgabewerte, sodass nur Veränderungen eingetragen werden müssen. Bei einem operationellen Signaturmanagementsystem ist die Kopplung an digital verfügbare Wettervorhersagen denkbar.

COSIMAR kann darüber hinaus die Besatzung beim Einsatz von Täuschkörpern im Fall unmittelbarer Bedrohung z.B. durch Flugkörper wirkungsvoll unterstützen.

In einer weiteren Benutzerschnittstelle wird der RCS in einer zweidimensionalen Darstellung farblich codiert gezeigt: Die Koordinaten bedeuten dabei die Aspektwinkel des Bedrohungssensors in Azimut und Elevation. Ersterer kann dabei automatisch von der EloKa-Anlage an COSIMAR übergeben werden, letzterer ergibt sich bei einem angenommen in sehr niedriger Höhe fliegendem Flugkörper aus der Schiffs-lage. Ein Fadenkreuz markiert den aktuellen Wert, aus welcher Richtung in Azimut und Elevation der Flugkörper das Schiff sieht. Weitere Information, die die EloKa-Anlage dem Signaturmanagementsystem in dieser Situation bereitstellt, sind Frequenz und Polarisation des Radarsensors der Bedrohung, damit die richtige RCS-Karte angezeigt wird.

Aufgabe des Rudergängers während des Einsatzes von Täuschkörpern ist es nun, die Separation der Chaff-Wolke vom Schiff mit Hilfe von Manövern durchzuführen, bei denen das Schiff in Richtung des Flugkörpers einen möglichst günstigen RCS zeigt.

Entgegen dem ersten Eindruck, den diese Beschreibung vielleicht vermittelt, hat sich diese Systemkomponente bei praktischen Versuchen auf dem Mehrzweckboot „Kronsort“ der WTD 71 als sehr einfach handhabbar erwiesen. Eine ähnliche Komponente ist auch für den Einsatz von Flares im IR-Bereich denkbar, muss jedoch noch entwickelt werden.

**Fazit und Ausblick**

Für die Überlebensfähigkeit und den Missionserfolg von Marineeinheiten ist die Kenntnis der eigenen Signaturen und vor allem der Detektionsreichweiten erwarteter gegnerischer Sensoren von enormer Bedeutung.

Um diese ermitteln zu können, müssen während der Mission an Bord aktuelle Daten hinsichtlich Umwelt und Schiffsbetriebszustand sowie Informationen über die gegnerischen Sensoren berücksichtigt werden.

Für eine große Zahl von Aufgaben in diesem Zusammenhang gibt es bereits Modelle und Softwaremodule, die beispielsweise Signaturen oder Ausbreitungsverluste berechnen können. Die nächsten technologischen Schritte zur Einführung von operationellen Signaturmanagementsystemen sind die Zusammenführung dieser Module zu einem Gesamtsystem und dessen Integration an Bord. Das COSIMAR-Projekt des CSSM hat dazu einen Vorschlag unterbreitet und die noch erforderlichen Entwicklungsschritte aufgezeigt. Neben der Validierung der Modelle muss in einigen Bereichen das Antwortzeitverhalten verbessert werden; manche Signatur-Modelle haben noch Verbesserungspotential. Parallel kann und muss man den wichtigen nächsten Schritt in Richtung eines operationellen Signaturmanagementsystems gehen und sich mit der Integration an Bord beschäftigen. Das umfasst auch die Varianten von Signaturmanagementsystemen, die für verschiedene Plattfortypen (Fregatte, Minenjagdboot, U-Boot etc.) erforderlich sein werden. ■

**Technischer Regierungsdirektor Michael Janßen ist Geschäftsfeldmanager GF 510 „Gesamtsignatur“ und deutscher Koordinator im Centre for Ship Signature Management (CSSM) bei der Wehrtechnischen Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71) in Kiel.**