

# Kartographie für Marine-Führungssysteme

Ein Beitrag von PETER DUGGE

Karten und andere Geodatenprodukte für Anwendungen der Marine sind mannigfaltig. Für jeden Einsatz sind andere geographische Informationen gefragt. Im Warship ECDIS (WECDIS) mit den verschiedenen Additional Military Layers (AML) werden neben den Bathymetriedaten auch Informationen zum Seeboden, zu Landgebieten und zum Luftraum angezeigt. Doch an Bord von Marineschiffen gibt es noch ganz andere Geräte, etwa taktische Konsolen und Signal-Prozessoren.

## Autor

Peter Dugge ist bei der Atlas Elektronik GmbH verantwortlich für das Design von Navigations-, Karten- und kleinen Führungssystemen für Marine-Anwendungen; ferner ist er zentraler Ansprechpartner für alle geodätischen Fragestellungen

peter.dugge@atlas-elektronik.com

Marine-Kartographie | Hot Spot | DNC | VMap | WECDIS | Signal-Prozessor | AML | ENC

## Einleitung

Die Kartographie für elektronische Marine-Führungssysteme auf See und an Land lässt sich nur schwer abgrenzen. Bei der international standardisierten Kartographie für Zwecke der »sicheren Teilnahme am internationalen Seeverkehr« handelt es sich um einen Sonderfall der maritimen Kartographie. Ihr Zweck – nämlich die Navigation – und die Eigenschaften der erforderlichen kartographischen Produkte sind (relativ) klar definiert. Zu letzteren gehören insbesondere Navigations-Seekarten aus Papier und in elektronischer Form. Die für die Einsätze von Marinen erforderlichen geographischen Informationen hingegen sind so vielfältig wie die Einsätze und die Ausrichtung der verschiedenen Marinen und ihrer Einheiten selbst. Diese können sehr spezifisch (wie z. B. für die Minenjagd) oder sehr allgemein ausgerichtet sein – letzteres wird deutlich durch Ausdrücke wie »Multi Role« oder aktuell »Mehrzweck-Kampfschiff«.

Zu den Aufgaben von Marinen gehören neben den klar als militärisch erkennbaren Kampfeinsätzen verschiedenster Art auch die Unterstützung derselben durch Aufklärung und Logistik sowie häufig

- die Hydrographie für Verkehr und Landesverteidigung,
- der seewärtige Such- und Rettungsdienst (SAR),
- Aufgaben von Behörden und Organisationen für Sicherheit (Grenzsicherung, Zoll, Fischereischutz, Polizei),
- Evakuierungen,
- Durchsetzung von Embargos.

Die hierfür erforderlichen Geoprodukte und -informationen helfen bei der thematischen Abgrenzung der Marine-Kartographie. Sie umfassen:

- See-Navigationskarten,
- Verwaltungsinformationen zu Seegrenzen und -gebieten,
- geologische Informationen zu Form und Art des Meeresbodens,
- geophysikalische Informationen zu Eigenschaften der Wassersäule,
- Informationen über Objekte auf dem Seegrund,

- Land- und Luftkarten,
- Klimainformationen,
- Gezeitentabellen.

*Geographisch* abgrenzen lässt sich die Kartographie für Zwecke von Marinen durch ihre Begrenzung auf das Meer einschließlich der Hochsee, der Randmeere, des Küstenvorfeldes, der Ästuar, der angrenzenden Landgebiete und des darüber liegenden Luftraumes. Durch ihre häufig weltweiten Ausrichtungen betrifft dies auch Gebiete weit außerhalb der eigenen Hoheitsgebiete und Ausschließlichen Wirtschaftszonen.

Von ihrer *zeitlichen Dynamik* her lässt sich die Marine-Kartographie dadurch abgrenzen, dass ihre Produkte meist einen relativ statischen Charakter haben. Die Produkte haben zum Teil eine Gültigkeit von vielen Jahren (Tiefseekarten, Landesgrenzen) oder doch wenigstens von einigen Tagen (z. B. Minenkarten). Nicht als Teil der Marine-Kartographie werden hier Geodatenprodukte mit höherer zeitlicher Dynamik betrachtet, wie z. B. Wetterkarten und kartographische Darstellungen zu aktuellen Seegangsvorhersagen. Ein Grenzfall hinsichtlich ihrer Zuordnung zur Marine-Kartographie aufgrund ihrer zeitlichen Beständigkeit sind Eiskarten.

## Datenerfassung

### Hot Spots

Der zeitliche Rahmen der Datenerfassung und die Herstellung von kartographischen Produkten für Marinezwecke hat eine große Bandbreite: Für Routineaufgaben im Verantwortungsbereich einer Marine findet er ähnlich wie bei der Vermessung für die Verkehrssicherung mit regelmäßiger Wiederkehr über einen großen Zeitraum statt – dies gilt im Detail z. B. für die Ermittlung der Minenlage in einem räumlich relativ begrenzten Gebiet (unter anderem Feststellen und Beobachten von sogenannten »Non-Mine Bottom Objects« – NOMBOS), aber auch für das vorbereitende Sammeln von allgemein verfügbaren Daten aller Art für mögliche künftige Hot Spots weltweit.

Wenn die Hot Spots »heißer« werden, werden je nach Erfordernis mit wachsendem Aufwand

zusätzliche Daten erhoben. Dies erstreckt sich bis zum Rapid Environmental Assessment (REA) zur Vorbereitung und zur laufenden Begleitung von Marineeinsätzen.

Entscheidend ist neben dem jeweils geforderten (und möglichen Grad) an Genauigkeit und Detailreichtum auch die Schnelligkeit, mit der die Ergebnisse zur Verfügung stehen. Ein wesentlicher Punkt ist dabei die Zugangsmöglichkeit zum betreffenden Gebiet – hier spielen satelliten- und luftgestützte Verfahren (Abb. 1) ebenso eine Rolle wie der Einsatz von speziellen Aufklärungskräften und getauchten Fahrzeugen (U-Boote, AUVs).

### Weltweite Abdeckung

Marinen sind oft auf weltweite Einsätze ausgerichtet. Aus kartographischer Sicht ist hierfür die Digital Nautical Chart (DNC), wie sie vorwiegend bei der US Navy zur Anwendung kommt, ein deutliches Beispiel. Hierbei handelt es sich um ein nationales Kartenprodukt der National Geospatial-Intelligence Agency der USA mit weltweiter Abdeckung vorwiegend für Zwecke der US Navy und zum Teil auch für ihre Verbündeten.

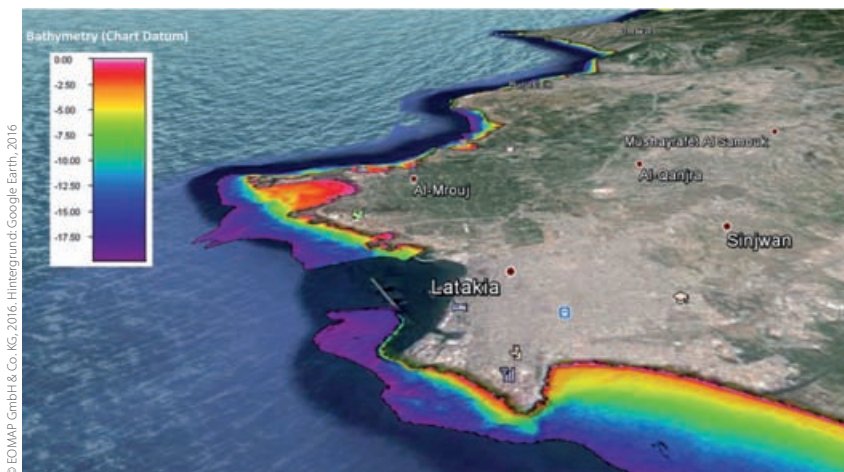
Ein anderes Beispiel für ein digitales Kartenprodukt mit weltweiter Abdeckung ist die VMap. Ursprünglich hervorgegangen aus der nordamerikanischen »Digital Chart of the World« im Maßstab 1 : 1 Million ist hier eine Kartenserie in den Maßstäben 1 : 1 Million, 1 : 250 000 und 1 : 50 000 aufgelegt worden.

In beiden Fällen – DNC und VMap – hat sich gezeigt, dass ab einem gewissen Detaillierungsgrad Kartenprodukte mit weltweiter Abdeckung auch durch große Nationen besser durch internationale Kooperation statt im Alleingang erstellt und gepflegt werden können. Der Grund hierfür ist der erforderliche Detaillierungsgrad der benötigten In-situ-Informationen – wie z. B. der Nutzungszweck und die Belastbarkeit von Straßen. Ein Beispiel für eine derartige Zusammenarbeit ist der Austausch von In-situ-Informationen und Kartenprodukten im Rahmen der »Partnership for Peace« (PfP).

### Aufklärung

Jeder Einsatz eines Marinefahrzeugs ist auch ein Aufklärungseinsatz. Dies geschieht ähnlich wie beim zivilen Seeverkehr: A-priori-Geoinformationen werden in Form von Karten beim Einsatz in Verbindung mit Sensoren verwendet, es werden Differenzen zwischen den Sensorergebnissen und den A-priori-Informationen festgestellt und diese werden letztlich mehr oder weniger standardisiert an den Lieferanten der A-priori-Informationen gemeldet.

Abgesehen von diesen Rückmeldungen am Rande von Einsätzen gibt es auch Missionen mit dem Schwerpunkt der Aufklärung – hierzu gehören z. B. die Tiefseevermessung ebenso wie die Erkundung von flachen Gewässern und Strandzügen.



## Systemauslegung

### Vielfalt

Eine Vielzahl der für Marineeinsätze erforderlichen Geoprodukte ist typischerweise mit unterschiedlichen Herstellern, Produktionsvorschriften, Aktualisierungszeitpunkten, Formaten, Datenumfängen und Darstellvorschriften verbunden.

Gleichzeitig gibt es an Bord von Marineschiffen eine Vielzahl von Nutzern in unterschiedlichen Rollen an verschiedenen Geräten mit und ohne Sichtsystem. Beispiele hierfür sind Konsolen für die taktische Lagedarstellung, Prozessoren für die Reichweitenberechnung für eigene und fremde Sonare und Radare, die Signaldatenverarbeitung für Sonare und Radare sowie Waffen-Einsatz-Module.

### Integration

Um eine möglichst einfache Datenpflege und eine konsistente Versorgung mit Geodaten für alle Nutzer an Bord zu ermöglichen, werden die Geodaten häufig in einer zentralen Datenbank auf dem Schiff gehalten und von dort möglichst weitgehend verteilt. Die Datenbank ist mit umfangreichen Funktionen zur Datenpflege ausgestattet, gelegentlich redundant ausgelegt und erlaubt den Import von Geodaten mit unterschiedlichen Aktualisierungsverfahren für alle angeschlossenen Geräte an einer gemeinsamen Stelle.

Die Einrichtung der Verteilung ist oft mit hohem Aufwand verbunden, da die Geodatenschnittstellen der angeschlossenen Geräte meist unterschiedlich ausgelegt sind.

Der Nutzen der zentralen Datenhaltung und -verteilung wird deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass allein die Führungssysteme von Marineschiffen häufig mit 10 bis 20 Bedienkonsolen ausgerüstet sind.

Potenzial zur Vereinfachung bei der Bereitstellung von Geodaten sowie deren Import und Pflege in Führungssystemen besteht noch bei der möglichst umfänglichen Nutzung der Geodaten im Führungssystem. Ein Beispiel hierfür ist die Ableitung von digitalen Geländemodellen (DGM) aus den für andere Zwecke an Bord erforderlichen Vektordaten.

Dieser Ansatz ist für viele Zwecke wie die Dar-

**Abb. 1:** Aus Satellitendaten abgeleitetes Bathymetrie-modell für die syrische Küste.

Die räumliche Auflösung beträgt 15 m und bestimmt die Bathymetrie je nach Umgebungsbedingungen bis zu 25 m Tiefe

stellung von Geländeprofilen, Reichweitenberechnungen, Positionsabgleichen und 3D-Darstellungen unter und über Wasser und für den Luftraum für taktische Zwecke ausreichend und erspart die Bereitstellung und den Import von DGM-Produkten. Dies stellt insbesondere für Unterwasserdaten aufgrund der hierfür häufig fehlenden DGM-Produkte einen besonderen Gewinn dar.

### Nutzung von Geodatenprodukten

Eine besondere Herausforderung bei der System- und Geräteauslegung für Marineschiffe ist die oft erforderliche gleichzeitige Nutzung verschiedener Geodatenprodukte für eine Rolle.

Technisch verhältnismäßig einfach war dies noch zu Zeiten des militärischen Plattisches auf Marineschiffen: Eine Papierkarte, z.B. eine zivile Navigationskarte mit Sonderaufdruck, wurde aufgelegt, eingerichtet und militärisch interessante Positionen – meist die Eigenschiffsposition und Positionen von anderen Schiffen – wurden als Leuchtpunkte auf der Karte dargestellt. Weitere Informationen, wie z.B. besondere Tiefeninformationen für U-Boote, konnten als Folien auf die Papierkarte aufgelegt werden. Wie bei der zivilen Navigation enthielten die Karten sowohl die eigentliche Geoinformation als auch deren visuelle Darstellung.

Seit der Einführung von objektorientierten Vektordaten und Geographischen Informationssystemen (GIS) und den damit verbundenen Möglichkeiten ist dies wesentlich komplexer geworden: Wie bei GIS, ist das Zusammenspiel von Hardware, Software und Daten entscheidend für die Nutzung der Geoinformation einschließlich deren graphi-

scher Darstellung. Bei der zivilen Navigation sind alle diese Dinge (relativ) klar geregelt, während sich für alle anderen Anwendungen ungeahnte Möglichkeiten, aber auch Herausforderungen ergeben – oft mit ungewissem Ausgang.

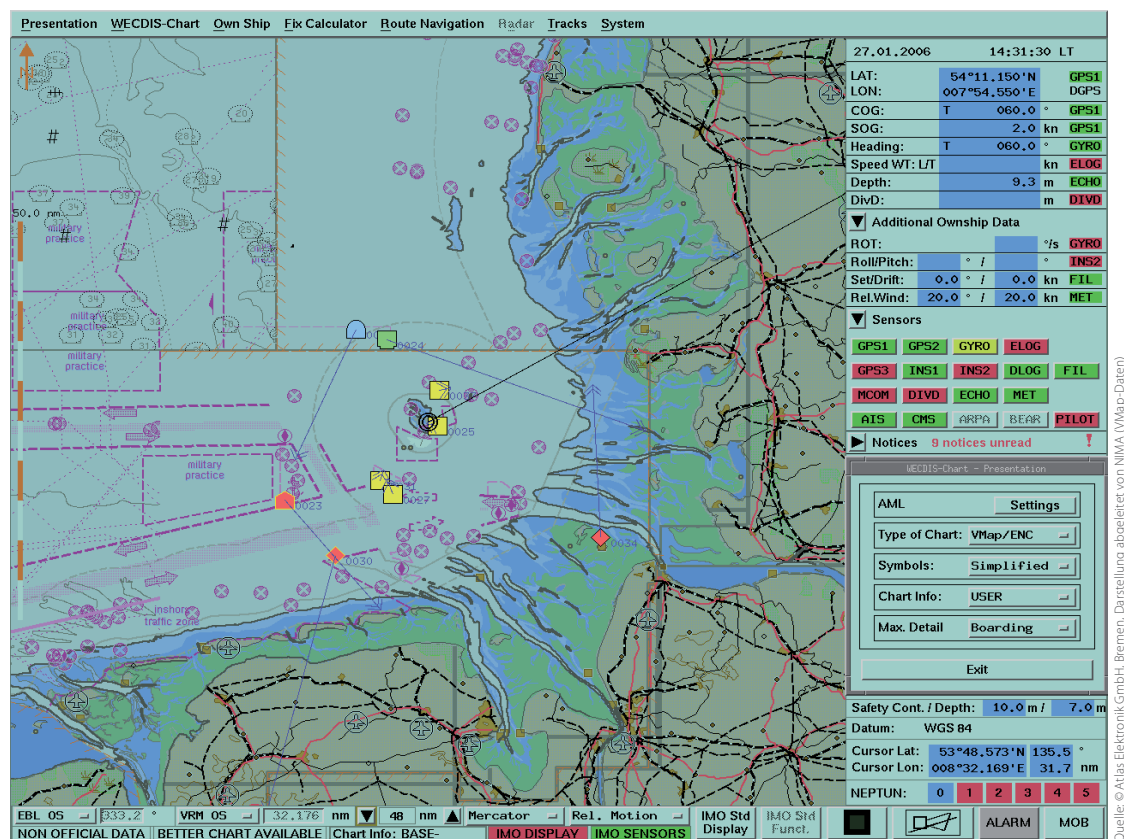
Zwei Extrembeispiele mögen dies verdeutlichen: Das als solches von der NATO standardisierte WECDIS (Warship ECDIS) (NATO 2007) einerseits und die Darstellungseinheit eines militärischen Sonars andererseits.

### Militärische Navigation

WECDIS dient der Navigation von Marineschiffen beim Transit und im Einsatz. In beiden Anwendungsfällen sind zivile Vorschriften mittlerweile ebenso von Bedeutung wie Anforderungen, die sich aus dem Schiffszweck ergeben. ECDIS-Vorschriften müssen vollständig angewandt werden, gleichzeitig sind jedoch eine Überlagerung mit zusätzlichen Geoinformationen und die Einbindung in das Schiffssystem entscheidend für den Einsatzwert des Gerätes: Marineschiffe bewegen sich oft außerhalb der Gebiete, die von Electronic Navigational Charts (ENC) für die zivile Seefahrt abgedeckt werden, und benötigen daher entsprechende Spezialkarten – letztere oft mit fehlenden Darstellungsregeln. Ferner sind als gefährlich erkannte Schiffskontakte für die navigatorische Lagebewertung ebenso entscheidend wie mögliche Unterwasserhindernisse (Abb. 2).

Alle Informationen müssen klar und übersichtlich dem aktuellen Zweck entsprechend präsentiert werden und die Bedienung muss einfach sein. Allen diesen Ansprüchen gleichzeitig in einem Gerät gerecht zu werden bedarf besonderer Sorgfalt

**Abb.2:** Atlas WECDIS »NEPTUN« mit taktischen Kontakten und Litoral-Kartendarstellung (kombinierte Darstellung von See- und Landkarten – nützlich z. B. für Evakuierungsmaßnahmen)



Quelle: © Atlas Elektronik GmbH, Bremen, Darstellung abgeleitet von NIMA (VMap-Daten)

und Erfahrung bei der Entwicklung einer derartigen Navigationsanlage.

### Sonarkonsolen

Der Hauptzweck der Darstellungseinheiten von Konsolen für Sonarsysteme ist nicht die Präsentation von umfangreichen Geodaten, sondern die möglichst ergonomische Aufbereitung der Sensordaten. Hierzu gehören ähnlich wie bei einem Navigationsradar mehr oder weniger »rohe« Daten, die durch den erfahrenen Nutzer zu interpretieren sind, und automatisch erkannte Kontakte.

Kartierte Geoinformationen sind nur insoweit von Interesse, wie sie die Sonarmessungen beeinflussen. Hierzu gehören die Lage von Küsten und starke räumliche Änderungen im Bodenprofil ebenso wie die Existenz von Wracks oder Felsen. Die Nutzung von ENC's ist hierfür aufgrund ihrer weltweiten Verfügbarkeit ein guter Einstieg. Die Herausforderung liegt in einer dem Zweck des Sonardarstellungsgeräts entsprechenden Auswahl und der Darstellung der ENC-Daten.

### Signal-Prozessoren

Ein Beispiel für die Verarbeitung von Geodaten in einem System ohne Sichtsystem ist die automatische Detektion von Hubschraubern im Signal-Prozessor von Weitbereichsradaren und die Erzeugung entsprechender Alarme. Fehlalarme können durch Verwechslungen mit Windkraftanlagen entstehen. Um diese möglichst zu vermeiden, werden die Detektionsergebnisse mit den Standortkoordinaten von bekannten Windkraftanlagen abgeglichen und erst danach zur Alarmerzeugung weitergegeben.

Ähnlich kann bei U-Jagd-Sonaren auf Überwasserschiffen und U-Booten vorgegangen werden. Hier können bekannte, kartierte Objekte am Meeresboden, die im Sonar einen Kontakt erzeugen, der mit dem eines U-Bootes verwechselt werden kann, automatisch als »NONSUB«-Contact (vor-) klassifiziert werden. Statt direkt einen U-Boot-Alarm zu erzeugen, wird dieser nur dann noch unmittelbar generiert, wenn an der Position des Sonarkontaktes kein Karteneintrag vorhanden ist.

### Standardisierung

Die Standardisierung von Geoinformationen für Marine-Führungssysteme ist entsprechend der Vielfalt der Anwendungen und der Einsatzkonzepte der Marinen im Gegensatz zur zivilen Navigation eingeschränkt. Bei letzterer gibt es Vorschriften für die Hardware, für die Software einschließlich Darstellungsvorschriften und für die Daten in Bezug auf Format, Inhalt und Bereitstellungsdiensten. Bei Marine-Führungssystemen ist dagegen z. B. die Bedeutung von Minen für ein Minenjagdboot eine völlig andere als für eine Fregatte – dementsprechend fällt die Erstellung und Nutzung von Geoinformationen für die Minenlage für diese Einheiten unterschiedlich aus und gleichartige Standards für die Darstellung der Minen auf Minenjagbooten und Fregatten fehlen.

Immerhin gibt es auch hilfreiche Ansätze:

- ENC's sind auch in Marine-Führungssystemen weit verbreitet.
- Für Additional Military Layers (AML) gibt es einen umfangreich genutzten NATO-Standard für den Austausch von Daten, der auf S-57 aufsetzt (UKHO 2012).
- Für die einheitliche Bereitstellung und Nutzung von weltweiten Landinformationen existiert ein (älterer) NATO-Standard (VMap).
- Für Luftkarten sind die kommerziellen Produkte der Firma Jeppesen weit verbreitet.

Insbesondere die Nutzung von ENC's und von S-57 in Marine-Führungssystemen bietet eine gute Möglichkeit zum Austausch von Expertise, Werkzeugen, Software und Daten zwischen allen zivilen und militärischen hydrographischen Stakeholdern.

### Einsätze

Zu den Einsätzen von Marineschiffen mit starkem Bezug zur geographischen Umgebung gehören Kampfeinsätze wie U-Jagd, See-, Luft- und Landziel-Bekämpfung und Minenkampf jeweils von Über- oder Unterwassereinheiten aus (Fregatten, Korvetten, Schnellbooten, U-Booten, Minenjägern) ebenso wie die häufig als sekundäre Aufgaben festgelegten Aktivitäten wie SAR, Fischereischutz und Evakuierungsmaßnahmen. Die für diese Einsätze erforderlichen kartographischen Produkte sind häufig denen ähnlich, die für viele Arten von Behörden- und Arbeitsschiffen (im Gegensatz zu Verkehrsschiffen) gebraucht werden. Wie Marineschiffe werden sie häufig außerhalb der üblichen Schifffahrtsrouten eingesetzt und benötigen z. B. morphologisch genaue Tiefenkarten und Bodeninformationen, und zwar für den gesamten Meeresbereich von der Hochsee bis zur Küste und auch für die angrenzenden Landgebiete.

### Kartenprodukte

Eine gute Grundlage für eine Übersicht über die für Marineeinsätze erforderlichen Geoinformationen geben die NATO-Standards zu WECDIS und den sogenannten Additional Military Layers (AML). Diese umfassen neben ENC's (und ARCS) bathymetrische Informationen ebenso wie Informationen zum Seeboden, zu Landgebieten und zum Luftraum.

Ein mögliches Portfolio an zugehörigen Kartenprodukten für eine Marine kann wie folgt aussehen:

- ENC, DNC und ARCS als Navigationskarten,
- AML Contour Line Bathymetry (CLB) als besondere Tiefenkarten,
- AML Large Bottom Objects (LBO) als Karten für Bodenhindernisse (Wracke, Felsen),
- AML Small Bottom Objects (SBO) als Minenkarten,
- AML Environment, Seabed and Beach (ESB) als Bodenartenkarten,
- AML Routes, Areas and Limits (RAL) als Karten mit Gebietsgrenzen,

### Abkürzungen

ARCS – Admiralty Raster Chart Service  
 AML – Additional Military Layers  
 DNC – Digital Nautical Chart  
 ENC – Electronic Navigational Chart  
 ISUS – Atlas Integrated Sensor Underwater System  
 NEPTUN – Naval ECDIS for Precise Tactical Unified Navigation (Atlas WECDIS)  
 NOMBO – Non-Mine Bottom Object  
 NONSUB – Non-Submarine  
 REA – Rapid Environmental Assessment  
 SAR – Search and Rescue  
 VMap – Vector Map  
 WECDIS – Warship ECDIS

- AML Gridded Products als Datenbasen für Informationen zur Wassersäule und Klimatologie,
- VMap als Landkarten,
- Jeppesen-Luftnavigationen als Luftkarten.


zur Produktion von ENC's und AML's sind in großen Teilen gleich.

### Anwendungsbeispiel U-Boot

Beispiele für Anwendungen von Geodaten mit Schwerpunkt U-Boot sind:

- Taktisches Display für die taktische Navigation (Abb. 3), Water Space Management, Aufklärung und Plausibilitätsüberprüfungen für Sensordaten und den Waffeneinsatz,
- Darstellung von ausgewählten Geodaten in Sonardarstellungen für den Nah- und Fernbereich,
- Nutzung von Geodaten für die Vorhersage der Sonarreichweite,
- Nutzung von Geodaten für die schnellere Ermittlung von Sonar-Track-Daten,
- Nutzung von Geodaten für die »Terrain Navigation« (Positions-Update, passive Navigation),
- Navigation zur sicheren Teilnahme am Seeverkehr.

Dabei können verschiedene Darstell- und Auswertungstechniken für Geodaten zur Anwendung kommen wie z. B.:

- »konventionelle« ECDIS-Darstellung,
- erweiterte ECDIS-Darstellung zur kombinierten oder überlagerten Präsentation verschiedener Kartenprodukte (z. B. See- und Landkarten),
- alphanumerische Abfragen ähnlich wie bei ECDIS (Pick-Report, Routen-Check in 3D),
- 3D-Schrägansichten, Wasserfalldarstellungen, Schummerungen und Geländeprofile, abgeleitet aus Vektordaten. 

#### Literatur

- IHO (2015): S-57 – IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data  
 NATO (2007): STANAG 4564 (Edition 2), Warship Electronic Chart Display Information System (WECDIS)  
 UKHO (2012): AML Handbook; Edition 3, UKHO, Taunton, UK, January 2012

Alle diese Geoprodukte sind in unterschiedlicher Ausprägung standardisiert und im Einsatz, ihre Aktualisierungszyklen variieren.

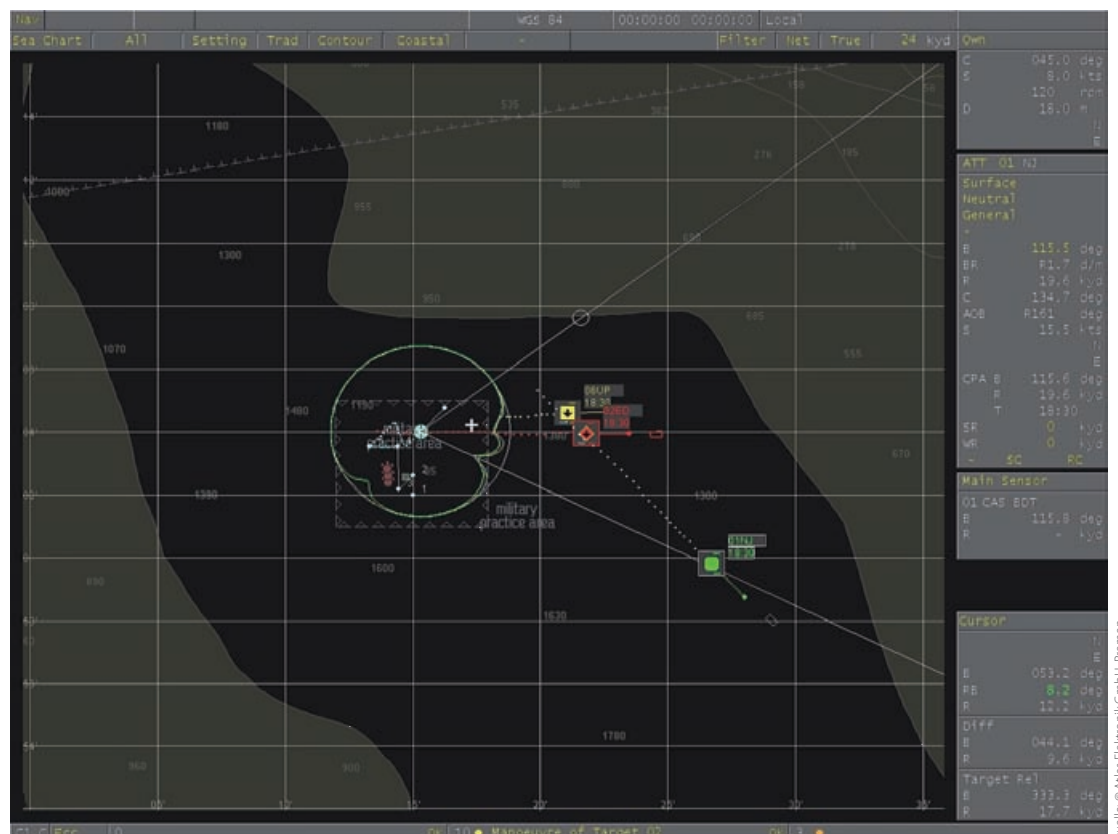
Die benötigten Daten und Werkzeuge sind nicht notwendigerweise auf militärische Organisationen beschränkt, sondern auch im zivilen Bereich weit verbreitet. Hierzu seien drei Klassiker genannt:

Die »besonderen Tiefenkarten« unterscheiden sich von den zivilen Navigationskarten häufig lediglich dadurch, dass sie nicht den »Safety Edge« enthalten, der oft in Navigationskarten enthalten ist, um eine sichere Passage zu ermöglichen, stattdessen stellen sie die geophysikalische Wirklichkeit dar, um auch Optionen für Wege aufzuzeigen, die bei entsprechender Vorsicht genutzt werden können (Passagen für Schmuggler, SAR-Einsätze, U-Boote). Hierfür können die Ergebnisse von »normalen« zivilen Vermessungen genutzt werden.

Ähnlich sieht es aus bei der Kartierung von Bodenhindernissen. Auch hier werden im Rahmen der »normalen« zivilen Vermessungsarbeiten umfangreiche Informationen gesammelt, die nur zum Teil in die Navigationskarten einfließen, die für Marineeinsätze aber sehr wertvoll sein können, wie z. B. zusätzliche Wrackinformationen, die für die U-Jagd von Bedeutung sein können.

Last but not least: Die meisten der genannten AML-Produkte basieren auf dem in der zivilen maritimen Kartographie weit verbreiteten IHO-Standard S-57 (IHO 2015), das heißt, die Werkzeuge

**Abb. 3:** Taktische Lagedarstellung des Atlas-U-Boot-Führungssystems »ISUS 90« mit Seekarte



Quelle: © Atlas Elektronik GmbH, Bremen