

FÄHIGKEITSANPASSUNG FREGATTE 123

HOCHKOMPLEXE SYSTEMENTWICKLUNG FÜR SICHERHEITSKRITISCHE ANWENDUNGEN

Christian Peters

Die vier Fregatten der BRANDENBURG-Klasse (F123) sind das Rückgrat der führungsfähigen Überwassereinheiten der Deutschen Marine. Die Schiffe stehen seit etwa 15 Jahren im Dienst der Flotte und haben sich bei einer Vielzahl von internationalen Einsätzen außerordentlich bewährt. Alters- und obsoleszenzbedingt haben jedoch wesentliche Teile des Führungs- und Waffeneinsatzsystems (FüWES) sowie der Feuerleitanlagen mittlerweile die Grenze der Versorgbarkeit erreicht. Der notwendige Ersatz bzw. eine umfassende Erneuerung sind Teil des Projektes »Fähigkeitsanpassung F123«. Damit diese unverzichtbaren Einheiten ohne eine langwierige Übergangsphase zur Wiederherstellung der Einsatzfähigkeit schnellstmöglich der Flotte wieder zur Verfügung gestellt werden können, kommt bei der Systementwicklung erstmals ein hoher analytischer Standard für die Qualitätssicherung zur Anwendung.

Fähigkeitsanpassung Fregatte 123

Die Fähigkeitsanpassung F123 ist ein »wesentliches Großvorhaben« der deutschen Marinerüstung, mit dem nicht nur das FüWES erneuert wird, sondern darüber hinaus auch die Führungsfähigkeit der Schiffe insgesamt verbessert und die Flugkörperbewaffnung erneuert werden soll. Trotz der umfangreichen Umrüstmaßnahmen bleiben die Schiffe während der Projektlaufzeit in Dienst gestellt. Die gesamte Projektdurchführung und alle Arbeiten an Bord haben sich daran zu orientieren. Die Realisierung des Projektes ist schrittweise in drei aufeinander aufbauenden Stufen vorgesehen:
Stufe I (Laufzeit bis 2013)

In einem ersten Schritt findet zunächst der Austausch des alten FüWES SATIR F123 gegen das moderne System SABRINA 21 statt. Dabei wird die bisherige Zentralrechnerstruktur durch ein voll verteiltes und redundantes System mit offenen Schnittstellen ersetzt. Die Hardware (Arbeitsplätze/ Konsolen, Server) und auch die Software (Betriebssystem, Einsatzsoftware) werden vollständig ausgetauscht. Im Hinblick auf die Unterstützung neuer Aufgaben werden in diesem Zusammenhang sowohl führungsspezifische Funk-



Fregatte F123 BRANDENBURG

(Foto: Ricarda Schönbrodt, PIZM)

tionen als auch bisher nicht an das FüWES angebundene Untersysteme (z. B. Feuerleitmodul, Multisensorplattform 600, Marineleichtgeschütz 27-mm) funktional mit in die Einsatzsoftware integriert. Zudem werden

- ▶ Anteile der Führungs-Informationssysteme der Marine integriert,
- ▶ Möglichkeiten zum »On Board Training« bereitgestellt,
- ▶ Interaktive Simulationsschnittstellen (DIS¹ und HLA²) realisiert sowie
- ▶ eine Aufwuchsfähigkeit für zukünftige funktionale Erweiterungen geschaffen.

ANMERKUNGEN

- ¹ Distributed Interactive Simulation (DIS) bezeichnet einen im IEEE 1278 definierten Datenaustauschstandard zur Steuerung von Simulationssystemen.
- ² High-Level Architecture (HLA) ist eine vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium (genauer dem »Defense Modeling and Simulation Office, DMSO for the U.S. Department of Defense«) definierte Architektur zur integrierten und verteilten Simulation.

Der Vertrag über die Realisierung der Stufe I der Fähigkeitsanpassung wurde im September 2005 geschlossen. Hauptauftragnehmer ist das Konsortium »Fähigkeitsanpassung« bestehend aus den Firmen Thales Nederland (Hengelo) und Thales Defence Deutschland (Wilhelmshaven). Aktuell wird die Stufe I auf der ersten Einheit (FGS MECKLENBURG-VORPOMMERN) eingerüstet.

Stufe II (2010 bis 2017)

Im zweiten Schritt soll die Flugkörperbewaffnung zur Bekämpfung von Luftzielen regeneriert werden. Der hierfür derzeit an Bord vorhandene Flugkörper RIM-7P NATO Sea Sparrow Missile (NSSM) wird absehbar die Grenze einer wirtschaftlich noch vertretbaren Versorgung erreichen. Er soll deshalb durch den leistungsgesteigerten Nachfolge-Flugkörper Evolved Sea Sparrow Missile (ESSM) mit Fähigkeiten zur eingeschränkten Verbandsflugabwehr ersetzt werden. Im direkten Zusammenhang damit steht auch der Austausch der Sende- röhren der Feuerleitanlage, die für eine Beleuchtung der Ziele erforderlich sind. Die Nachversorgung der hierfür bisher verwendeten Wanderfeldröhren (Travelling Wave Tubes, TWT) ist zukünftig nicht mehr gegeben. Darüber hinaus ist mit dieser Stufe die funktionale Integration des Freund-Feind-Kennungssystems NATO IFF Mode S vorgesehen.

Die Stufe II soll auch schiffstechnische Aspekte berücksichtigen. Aus Gründen der Leckstabilität können derzeit auf der Fregatte 123 keine Änderungsmaßnahmen durchgeführt werden, die Auswirkungen auf die Gewichts- und Momentenbilanz haben. Vor dem Hintergrund der noch verbleibenden Restnutzungsdauer (etwa 15 bis 20 Jahre) ist die Schaffung ausreichender Stabilitätsreserven und damit ein zukunftsorientierter Erhalt der Handlungsfähigkeit dringend geboten. Diese Reserven sollen über eine Verlängerung des Hinterschiffes geschaffen werden.

Die Arbeiten zur technischen Spezifikation des Leistungsumfanges für die Stufe II sind weitgehend abgeschlossen. Die Arbeiten können in Abhängigkeit der Finanzierbarkeit beauftragt werden.

Stufe III (2013 bis 2016)

Der wesentliche Aspekt dieser abschließenden Stufe der Fähigkeitsanpassung F123 soll die Integration eines neuen schweren Seezielflugkörpers im Austausch für den veralteten und nicht mehr versorgbaren Flugkörper MM38 Exocet sein.

Technische Lösung für Stufe I

Die technische Lösung für das in der Stufe I an Bord einzurüstende neue FüWES SABRINA 21 basiert auf einer evolutionären Weiterentwicklung von bereits bei der

Deutschen Marine eingeführten Systemen. Entsprechend dem Gedanken der Harmonisierung der Landschaft der Marine-FüWES kombiniert SABRINA 21 eine zu der Fregatte 124 und der Korvette 130 analoge Software-Architektur mit moderner Hardware für die Konsolen und das Netzwerk entsprechend dem Stand der Zeit aus der TACTICOS-Familie. Im Ergebnis können Softwarekomponenten aus Vorgängerprojekten (Fregatte 124, Korvette 130, Kampfwertsteigerung RAM-HAS) mit berücksichtigt werden.

Systementwicklung für komplexe IT-Systeme

Der Austausch des FüWES eines im Dienst verbleibenden Marineschiffes ist eine überaus komplexe Maßnahme, erheblich komplexer als die Einrüstung eines FüWES im Rahmen eines Neubauprojektes. Die Bearbeitung der Fähigkeitsanpassung F123 geschieht entsprechend dem für IT-Projekte des öffentlichen Auftraggebers vorgeschriebenen Vorgehensmodell gemäß dem Allgemeinen Umdruck AU 250 (V-Modell).

Eine Vielzahl moderner Rüstungsprojekte aber auch zivile Großprojekte (z. B. das Mautsystem) leiden unter zum Teil erheblichen Verzögerungen und Mehrkosten. Ursache sind in sehr vielen Fällen Defizite bei der Entwicklung der Software und/oder deren Zusammenwirken mit der Hardware (Hardware + Software = System). Für neues Wehrmaterial resultieren hieraus häufig langwierige Übergangsphasen, in denen die praktische Einsatzfähigkeit für konkrete Einsätze erst mühevoll, d. h. zeit- und kostenintensiv, hergestellt werden muss.

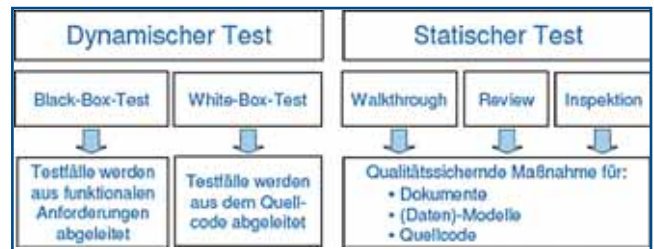
Auch die Deutsche Marine hat bei verschiedenen Vorgängerprojekten entsprechende Erfahrungen machen müssen. Aus diesem Grund hat insbesondere das Marineamt in Rostock eine Reihe von Vorgaben für die Qualitätssicherung erarbeitet, die bei der Entwicklung von Software zukünftig zu berücksichtigen sind. Diese Vorgaben sind in dem so genannten Konstruktiven Qualitätsmaßstab (KQM) und Analytischen Qualitätsmaßstab (AQM) zusammengefasst. Ziel des KQM ist es, den Prozess der Entwicklung von sicherheitskritischer Software durch verbindliche Vorgaben für die Qualitätssicherung so zu strukturieren, dass für ein entsprechend diesen Vorgaben entwickeltes Produkt unmittelbar und risikoarm eine sichere Herstellung der Einsatzfähigkeit bis hin zu einer Freigabe für den »scharfen« Waffeneinsatz erreicht wird. Eine zeit- und kostenintensive Übergangsphase bei der Ein-

führung in die Truppe soll so verhindert werden. Während der KQM Fehler vermeidend ausgerichtet ist, dient der AQM der Fehlerfindung.

Maßnahmen zur Sicherung der Qualität bei der Software-Entwicklung

Die Qualität einer Software ist definiert als die Gesamtheit der Merkmale, die sich auf deren Eignung beziehen, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen. Sie wird durch folgende Qualitätsmerkmale bestimmt: Funktionalität, Zuverlässigkeit, Benutzbarkeit, Effizienz, Änderbarkeit, Übertragbarkeit, Korrektheit, Betriebssicherheit, Robustheit und Wartbarkeit. Demgegenüber umfasst die Qualitätssicherung alle Maßnahmen, die notwendig sind, um ein angemessenes Vertrauen zu schaffen, dass die Software die vorgegebenen Qualitätsanforderungen auch tatsächlich erfüllt. Hierzu werden sowohl konstruktive als auch analytische Verfahren angewendet. Konstruktive Verfahren sind präventiv, d.h., sie versuchen, die Entstehung von Fehlern zu verhindern. Sie verwenden Modelle, um zu einem möglichst frühen Zeitpunkt Aussagen über relevante Eigenschaften von Systemen zu gewinnen. Im Gegensatz dazu arbeiten analytische Verfahren prüfend, d.h. Fehler erkennend. Hierbei wird festgestellt, ob eine bereits vorhandene Software den Vorgaben entspricht. Nachteilig ist demzufolge, dass analytische Verfahren erst zu einem relativ späten Zeitpunkt greifen können und entweder die Fehlerfreiheit bestätigen oder existierende Fehler aufzeigen. Die analytische Qualitätssicherung ist eine permanente, die Entwicklung begleitende Aufgabe und umfasst sowohl dynamische als auch statische Tests:

Verfahren der analytischen Qualitätssicherung:



Bei den dynamischen Tests wird zwischen Black-Box-Tests, also Prüfungen der externen Schnittstelle ohne Kenntnisse der inneren Funktionsweise des Prüfgegenstandes und White-Box-Test unterschieden, bei denen eine Prüfung der internen Abläufe anhand des Quellcodes durchgeführt wird. Als statische Tests kommen Erläuterungen der Funktionsweise des Prüfgegenstandes durch den jeweiligen Autor (Walkthrough),

formelle Überprüfungen eines Produktteils (Reviews) und systematische Analysen der Stärken und Schwächen (Inspektionen) zur Anwendung.

Bei allen Maßnahmen zur analytischen und konstruktiven Qualitätssicherung ist die sogenannte Kritikalität von entscheidender Bedeutung. Hierunter ist die potenzielle Konsequenz zu verstehen, die sich aus dem Fehlverhalten einer Komponente in ihrer Umwelt ergeben kann. Typische Kritikalitäten sind:

- ▶ Hoch: Fehlverhalten kann zum Verlust von Menschenleben führen,
- ▶ Mittel: Fehlverhalten kann die Gesundheit von Menschen gefährden oder zur Zerstörung von Sachgütern führen,
- ▶ Niedrig: Fehlverhalten kann zur Beschädigung von Sachgütern führen, ohne jedoch Menschen zu gefährden,
- ▶ Keine: Fehlverhalten gefährdet weder die Gesundheit von Menschen noch Sachgüter.

Maßnahmen im Projekt Fähigkeitsanpassung

Bei Abschluss des Vertrages über die Durchführung des Projektes Fähigkeitsanpassung F123 im Jahr 2005 wurden gemäß den Vorgaben des V-Modells alle Maßnahmen zur Sicherung der Qualität bei der Systementwicklung in einem Qualitätssicherungsplan festgeschrieben und vertraglich vereinbart.

Während der Projektlaufzeit haben jedoch die Erkenntnisse und Erfahrungen aus ver-



Fregatte SCHLESWIG-HOLSTEIN

schiedenen anderen Projekten die Notwendigkeit aufgezeigt, bei der Entwicklung der Software eine signifikante Steigerung der Maßnahmen zur Qualitätssicherung vorzunehmen. Die zentrale Bedeutung der Fregatte 123 für die laufenden Einsätze der Flotte und die besonderen Herausforderungen bei der Umrüstung einer Schiffsklasse im laufenden Betrieb ließen keinen anderen Weg zu. Mit dem aus damaliger Sicht mu-

tigen Schritt einer nachträglichen Beauftragung von zusätzlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung wurde das mit der Umrüstung verbundene Risiko für die Einsatzfähigkeit auf ein unvermeidbares Niveau minimiert.

Ausgehend von den Vorgaben des AQM wurde eine Auswahl von zusätzlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung vereinbart, die projektvertraglich umgesetzt werden konnten. Dieses Tailoring war erforderlich, da bei einzelnen Maßnahmen eine nachträgliche Berücksichtigung nicht mehr möglich war bzw. zu unverhältnismäßig hohen zeitlichen und finanziellen Mehraufwänden geführt und damit das Projekt insgesamt gefährdet hätte. Praktische Erfahrungen zeigen, dass beispielsweise das nachträgliche Höherstufen von Kritikalitäten zu einer Vervielfachung des Entwicklungsaufwandes führt (von niedrig nach mittel: Faktor 3, von mittel nach hoch: Faktor 5). Ein wesentlicher Bestandteil der zusätzlichen Maßnahmen ist darüber hinaus die Verwendung von Softwaretools zur automatischen Durchführung von systematischen Prüfungen. Im Einzelnen wurden folgende zusätzliche Maßnahmen vereinbart:


- ▶ Neubewertung und umfassende Erhöhung der Kritikalitätseinstufungen für sicherheitskritische und komplexe Komponenten,
- ▶ Verbesserung der statischen Code-Analyse durch automatisierte, werkzeuggestützte Überprüfungen zur Einhaltung von Programmierrichtlinien und systematische automatisierte Erkennung von Laufzeitfehlern,
- ▶ Automatisierung der White-Box-Teste,
- ▶ Verbesserung der Black-Box-Teste durch systematische Methoden zum Entwurf von Prüffällen,
- ▶ Die Durchführung einer dreiteiligen Systemprüfung ausschließlich durch den öffentlichen Auftraggeber mit den Anteilen »Funktionale Prüfung«, »Usability Prüfung« sowie »Last- und Stressprüfung«.

Alle Maßnahmen wurden im laufenden Entwicklungsprozess noch vor der Systemintegration umgesetzt. Sie wurden auf alle neu entwickelten Anteile für den Waffeneinsatz und die Lagebilderstellung sowie für wesentliche von der Fregatte 124 und der Korvette 130 übernommene Anteile angewendet. Dieser mit der Stufe I geschaffene Stand der Qualitätssicherung wird auch bei der Stufe II zur Anwendung kommen.

ABKÜRZUNGEN

AQM	Analytischer Qualitätsmaßstab
AU 250	Allgemeiner Umdruck 250
DIS	Distributive Interactive Simulation
ESSM	Evolved Sea Sparrow Missile
FGS	Federal German Ship
FüWES	Führungs- und Waffeneinsatzsystem
HLA	High Level Architecture
IT	Informationstechnologie
NSSM	NATO Sea Sparrow Missile
TWT	Travelling Wave Tube

Fazit

Das Umrüstprojekt Fähigkeitsanpassung F123 ist ein hochkomplexes IT-Projekt auf einer der wichtigsten Schiffsklassen der Deutschen Marine. Die Durchführung des Projektes, während die Schiffe in der Nutzung verbleiben, kommt einer Operation am offenen Herzen gleich. Mit dem mutigen Schritt der nachträglichen Beauftragung von umfassenden Maßnahmen zur Verbesserung der Qualitätssicherung bei der Entwicklung der Software wurde konsequent den leidvollen Erfahrungen aus einer Vielzahl von militärischen und zivilen Großprojekten Rechnung getragen. Die vereinbarten Maßnahmen greifen und haben entsprechend positive Resultate gezeigt. Sie minimieren das technische Risiko und ermöglichen eine sichere Herstellung der Einsatzfähigkeit bis hin zu einer Freigabe des Systems für den »scharfen« Waffeneinsatz und der Erteilung einer formalen »Genehmigung zur Nutzung«. Rückwirkend betrachtet war dieser Schritt eine weise und vorausschauende Entscheidung. Im Ergebnis ist mit der Stufe I des Projektes Fähigkeitsanpassung F123 bereits jetzt nicht nur das bisher modernste FüWES der Deutschen Marine, sondern auch die FüWES-Software mit dem bisher höchsten Qualitäts- und Sicherheitsniveau geschaffen worden. Gerade dieser Umstand war eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Anfang Mai getroffene Entscheidung zur Umrüstung der FGS MECKLENBURG-VORPOMMERN als erste Einheit im Projekt Fähigkeitsanpassung F123. Dieser nicht mehr umkehrbare Schritt ist nicht nur ein wesentlicher Meilenstein auf dem Weg, der Flotte wieder eine einsatzbereite Einheit übergeben zu können, er ist vielmehr allen Beteiligten (Bedarfsträger, Bedarfsdecker, Industrie) Verpflichtung und Verantwortung zugleich, das Projekt auch weiterhin zum Erfolg zu führen. 

Der Autor, Leitender Technischer Regierungsdirektor Christian Peters, ist Teamleiter »F122-F124/ Fähigkeitsanpassung« der Projektteilung See im Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung