

# Automationssystem Callosum: Equipment Health Monitoring für höchste Verfügbarkeit und niedrige Lebenszykluskosten von Schiffen im Einsatz



## Autoren:

**Mario Schulte**

Projekt Equipment Health Monitoring

**Bartosz Kowalinski**

Projektleiter Equipment Health Monitoring

**Oliver Haller**

Teamleiter Marine Automation

Die Anforderungen von und an Seestreitkräfte weltweit wandeln sich aktuell stark: Sie müssen bereits heute in der Lage sein, auch in weit entfernten Seegebieten über lange Zeiträume im Einsatz zu sein – und dies mit kleineren Besatzungen, die mitunter nach wenigen Monaten ausgetauscht werden. Solche teils mehrjährigen Einsätze sind nur möglich, wenn das Schiff in dieser Zeit ohne größere Wartungen auskommt und von der Besatzung an Bord gewartet werden kann. Dies ist nur mithilfe eines leistungsfähigen Automationssystems möglich. Zukünftig wollen Seestreitkräfte jederzeit über zuverlässige Informationen zum Zustand ihrer Seefahrzeuge verfügen, um Einsätze besser planen und Kosten reduzieren zu können. Gefordert ist ein sogenanntes Equipment Health Monitoring System (EHMS), das in Echtzeit Aufschluss darüber gibt, wie es dem Schiff und seinem Antrieb geht. Einsätze und Wartung sollen künftig nicht mehr anhand von festen Plänen, sondern auf Grundlage des tatsächlichen Zustands der Ausrüstung erfolgen. Diese Anforderungen erfüllt das EHMS von MTU, das eine Erweiterung des bewährten Schiffsautomationssystems Callosum ist. Dank der Analyse und Darstellung von digitalen Motordaten ermöglicht es eine weitere Steigerung der Verfügbarkeit von Schiffen und hilft gleichzeitig, Lebenszykluskosten zu senken und so Steuergeld zu sparen.

### 1. Equipment Health Monitoring System:

#### Definition

Equipment Health Monitoring (EHM) bezeichnet ein Gesamtkonzept für die Wartung und Überwachung von Antriebs- und Bordstromsystemen. Ziel ist es, in Echtzeit Aufschluss über den technischen Zustand eines

Schiffes oder sogar einer gesamten Flotte zu erhalten. Mithilfe eines EHM-Systems (EHMS) lässt sich jederzeit der aktuelle Zustand aller Bordsysteme darstellen und analysieren. Es ist somit ein hocheffektives Werkzeug, um die Verfügbarkeit von Schiffen zu erhöhen und Lebenszykluskosten zu senken. Darüber hinaus



**Abbildung 1:** Übersichtliche Darstellung der Betriebsstunden und nächsten anstehenden Wartungen für das gesamte Antriebs- und Bordstromsystem in Callosum MT.

vereinfacht ein EHMS die Wartung von Schiffsantrieben, weil automatisch Hinweise auf nötige Wartungstätigkeiten angezeigt und deren Durchführung Schritt für Schritt anschaulich animiert erklärt wird. Das EHMS von MTU ist Bestandteil des bewährten MTU-Automatensystems Callosum (Abb. 1).

## 2. Callosum: Nervensystem moderner Marineschiffe

Das MTU-Automatensystem Callosum ist eines der modernsten Überwachungs- und Steuersysteme für Marineschiffe weltweit. In dessen Entwicklung sind mehrere Jahrzehnte Automationserfahrung von MTU eingeflossen: Sein erstes Automationsystem hat MTU bereits 1964 ausgeliefert. Seitdem wurden mehr als 5000 Schiffe mit Automationsystemen von MTU ausgestattet.

Die integrierte Schiffsautomation Callosum hat MTU speziell für die Anforderungen von Marineschiffen wie Korvetten und Fregatten und anderen Behördenschiffe entwickelt. Ähnlich wie der namensgebende Gehirnbalken (Corpus Callosum) beim Menschen, dient Callosum dem Informationsaustausch und der Koordination zwischen verschiedenen Subsystemen. Bei Callosum sind das die verschiedenen Anlagen auf einem Schiff – wie Antrieb, Bordstrom und beispielsweise das Kühlwassersystem. Callosum bündelt Erfassung, Verknüpfung und Visualisierung von Informationen in einem bedienerfreundlichen System (Abb. 2 und 3).

Callosum besteht aus vier Modulen, die je nach Kundenwunsch einzeln oder kombiniert eingebaut und verwendet werden können: Callosum MC (Integrated Monitoring and Control System) ist das grundlegende Überwachungs- und Steuerungssystem. Es erlaubt den Besatzungen, die gesamte Antriebsanlage, die Bordstromversorgung und alle weiteren Subsysteme des Schiffes zu überwachen und zu steuern. Ideal als Ergänzung geeignet sind die weiteren drei Module von Callosum: Callosum DC (Battle Damage Control System) gewährleistet die präzise Lokalisierung und Behebung von Schäden, etwa durch Feuer, Flutung oder Kollision. Mit Callosum TS (Onboard and Land-based Training System) können Schiffsbesatzungen realitätsnah geschult werden. Und Callosum MT (Maintenance Support System) bietet Unterstützung bei Wartung und Service an Bord.

## 3. Callosum MT: Wartung und Instandhaltung mit EHM-Funktion

Das Wartungs- und Instandhaltungssystem Callosum MT hat MTU speziell für lange Einsätze auf hoher See konzipiert. Mit seinen erweiterten Funktionen dient Callosum MT als hochleistungsfähiges Equipment Health Monitoring System, das einen entscheidende Beitrag zur Erhöhung der Verfügbarkeit des Schiffes, zur zuverlässigen Einsatzplanung und zur Senkung von Wartungs- und Betriebsmittelkosten leisten kann und somit die zukünftigen Anforderungen moderner Seestreitkräfte erfüllt.

Callosum MT bündelt alle verfügbaren Daten über den Zustand des Antriebs- und Bordstromsystems, analysiert diese mittels ausgeklügelter Methodiken und stellt die Ergebnisse für die Schiffsbesatzung auf allen vernetzten Bildschirmen des Automationsystems anschaulich dar. Daten können auch für eine spätere weitergehende Analyse gespeichert und übertragen werden.

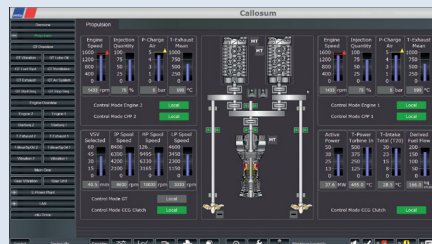
Callosum MT basiert auf drei Bestandteilen mit einander ergänzenden Funktionen. Diese decken drei unterschiedliche Aspekte der Wartung ab: Corrective Maintenance bezeichnet die Unterstützung im konkreten Schadensfall. Preventive Maintenance beinhaltet die Wartung anhand eines in digitaler Form vorliegenden Wartungsplans. Und gewissermaßen die Königsdisziplin ist die Funktion Condition-Based Maintenance, die die Betreuung des Schiffes aufgrund des tatsächlichen Zustands der Maschinen ermöglicht. Dazu werden Sensordaten mittels moderner Analysemethoden ausgewertet und verfügbar gemacht.

### 3.1 Corrective Maintenance

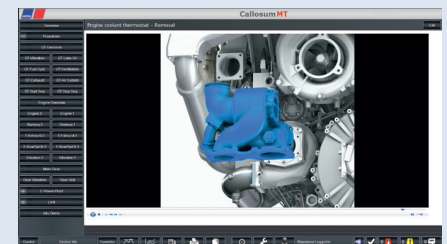
Mit dem Modul Corrective Maintenance hat MTU bei dessen Einführung Standards für Automationsysteme gesetzt: Wenn das elektronische Diagnoseprogramm von Callosum MT Unregelmäßigkeiten, Verschleißerscheinungen oder Fehlfunktionen feststellt, meldet das System dies nicht nur automatisch an die Besatzung des Schiffes. Die Meldung enthält darüber hinaus auch Informationen zur Fehlerquelle. Wenn die Besatzung die



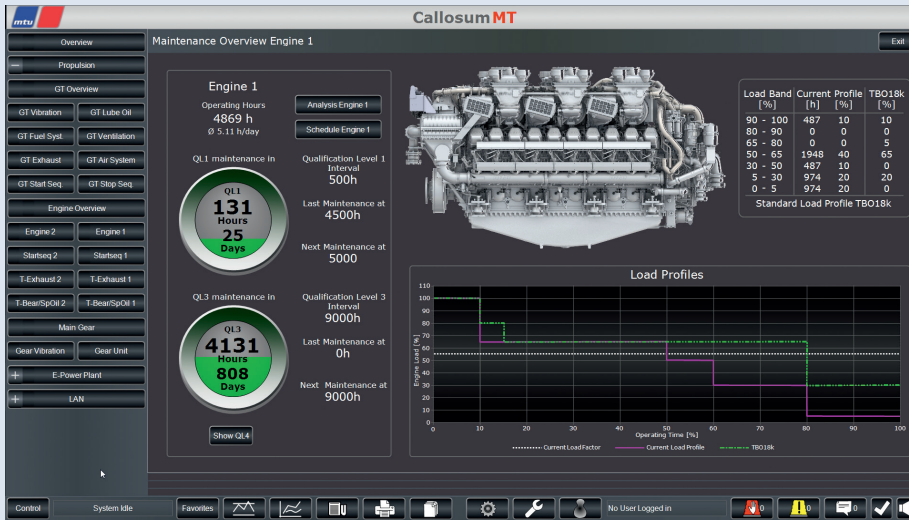
**Abbildung 2:** Kontrollraum mit Callosum-Bildschirmen.



**Abbildung 3:** Callosum überwacht und steuert auch komplette kombinierte Antriebsanlagen.



**Abbildung 4:** Anschauliche, animierte Reparaturanleitung in Callosum MT.



**Abbildung 5:** Echtzeit-Vergleich des tatsächlichen Lastprofils mit dem ursprünglich geplanten.

Fehlerquelle lokalisiert hat, führt das System sie automatisch durch den Prozess der notwendigen Reparatur. Die benötigten Teile und Werkzeuge werden mitsamt Teilenummer angezeigt. Bei der Reparatur selbst wird das Personal über 3D-Videos exakt instruiert, wie es die einzelnen Schritte durchführen muss (Abb. 4).

### 3.2 Preventive Maintenance

Als neue Funktion enthält Callosum MT mit der EHM-Funktion einen digitalen Wartungsplan, der auf dem tatsächlichen Lastprofil des Motors im Einsatz beruht. Nutzer von MTU-Motoren für militärische Schiffe legen bei deren Kauf fest, wie die Motoren nach Indienststellung genutzt werden sollen. Sie können dabei aus verschiedenen Lastprofilen wählen. Entsprechend der Nutzungsanteile in verschiedenen Lastbereichen wird dann festgelegt, wann welche Wartungen zu erfolgen haben. Ziel ist es, Teile auszutauschen, bevor ein Schaden auftritt. Bei der Planung von Wartungsintervallen verfügt MTU über jahrzehntelange Erfahrung und Know-how aus der Zusammenarbeit mit Kunden in aller Welt.

Bisher wussten Schiffsbetreiber und -besatzungen im

Einsatz jedoch kaum, wie die Motoren an Bord tatsächlich ausgelastet werden. Dieses Phänomen wird durch den häufigen Wechsel von Besatzungen verstärkt. In der erweiterten Version von Callosum MT haben Besatzungen nun jederzeit den Überblick über die Auslastung ihrer Motoren. Auf den Bildschirmen des Automations-systems wird übersichtlich und intuitiv verständlich dargestellt, wie viele Betriebsstunden ein Motor bereits gelaufen ist und welche Wartungen wann anstehen (Abb. 1). Erstmals kann die Besatzung zusätzlich auch sehen, ob die Details des ursprünglich angenommenen und vereinbarten Lastprofils mit der Realität im Einsatz übereinstimmen und ob gegebenenfalls Wartungsintervalle angepasst werden müssen (Abb. 5).

Die Abnutzung von Motorkomponenten steht in direktem Zusammenhang zu der Last, der sie im Betrieb ausgesetzt sind. Die Analyse der Lastprofile ist deshalb ein wichtiger Aspekt bei der Betrachtung des Zustands des Motors. Sind Motoren beispielsweise länger als ursprünglich angenommen im Volllastbetrieb gelaufen, kann eine frühere Wartung nötig sein, um Ausfälle zu verhindern. Gleichermaßen kann bei einer schonenderen Nutzung des Motors gegebenenfalls ein Wartungs-

intervall verlängert und der Wartungsplan entsprechend angepasst werden. Auf diese Weise lässt sich die Verfügbarkeit von Schiffen deutlich zuverlässiger kalkulieren und das Risiko von ungeplanten Stillstandzeiten verringern. Darüber hinaus können Zeitpunkt und Umfang der Wartung optimiert werden, was großes Potenzial für Kosteneinsparungen birgt. Der früher erforderliche Blick auf Wartungspläne und Betriebsanleitungen in Papierform erübrigt sich ebenfalls, weil alle diese separaten Dokumente nun in das Automations-system integriert sind. Das vereinfacht die Handhabung erheblich und erfordert deutlich weniger Einarbeitung der Besatzung.

### 3.3 Condition-Based Maintenance

Condition-Based Maintenance hat das Potenzial, die Nutzung und Wartung von Antriebsanlagen auf Schiffen tiefgreifend zu verändern: Mit dieser neuen Fähigkeit ermöglicht Callosum zukünftig die permanente Darstellung des Maschinenzustands in Echtzeit. Grundlage sind Big-Data-Auswertungen mittels moderner Analysemethoden, die von MTU-Experten aufgrund jahrelanger Erfahrung und tiefgehender Kenntnis der spezifischen Kundenbedürfnisse entwickelt wurden. So soll es



**Abbildung 6:** Die Trendanalyse wichtiger Motor-Parameter hilft Schäden vorzubeugen.



**Abbildung 7:** Baselines geben frühzeitig Hinweise auf mögliche Abweichungen vom normalen Motorverhalten.

zukünftig möglich sein, die Wartung der Motoren noch sehr viel genauer an ihren tatsächlichen Zustand anzupassen.

Dieses Ziel erreicht MTU unter anderem mittels der sogenannten Trend- und Baselineanalyse. Im Rahmen der Trendanalyse werden zunächst großen Mengen von Motor-Messdaten erfasst und analysiert. Alle binären und analogen Daten werden mindestens einmal in der Stunde oder bei einer Änderung von über einem Prozent aufgenommen und in einem dafür zugeordnetem Speicher abgelegt. So ist es möglich, zum Beispiel festzustellen, wie sich verschiedene Motorparameter vor einem Defekt verhalten haben. Dies ist der erste Schritt, um das sogenannte Maschinelle Lernen (Machine Learning) anzuwenden. Darunter versteht man die Generierung von Wissen aus Erfahrung: Ein künstliches System lernt aus Beispielen und kann diese nach Beendigung der Lernphase verallgemeinern. Wenn nach der Lernphase für Callosum im realen Betrieb ähnliche Messdaten wieder in einem Motor auftreten, kann ein Alarm erfolgen, bevor der gleiche Schaden dort eintritt (Abb. 6). So kann der Motor geschützt und eine

Beschädigung verhindert werden. Die Baselineanalyse dient ebenfalls dazu, mögliche Fehler zu identifizieren, bevor sie auftreten. Dazu werden zunächst bei der Erprobung der Schiffe vor ihrer Indienstellung Motor-Messdaten erhoben und gespeichert. Wichtige Parameter werden dann zueinander in Relation gesetzt, zum Beispiel Last und Verbrauch oder Leistung und Abgastemperatur. Daraus folgen Kurven, die das Verhalten des „gesunden“ Motors darstellen, die sogenannten Baselines (Abb. 7). Damit die Baselines ihre Aussagekraft behalten, müssen sie entsprechend den konkreten Anwendungen, Umweltbedingungen und weiteren Nutzungsparametern, die das Motorverhalten beeinflussen, regelmäßig manuell angepasst werden.

Im Einsatz werden die realen Werte in Callosum MT permanent in Echtzeit angezeigt und mit den Baselines verglichen. Falls Werte eine bestimmte Toleranz über- oder unterschreiten, erfolgt ein Hinweis. So kann die Besatzung tätig werden, um etwaige Probleme zu beheben und einem größeren Schaden vorzubeugen: Die Warnung auf Grundlage der Baselineanalyse soll bereits vor einem akuten Alarm erfolgen.

Die dargestellten Analysen kann Callosum MT für alle Marine-Motoren von MTU vornehmen und visualisieren. Auch die Marine-Gasturbine MT 30 von Rolls-Royce ist bereits in der Systemarchitektur vorgesehen, so dass auch für kombinierte Antriebsanlagen mit Rolls-Royce-Komponenten eine hoch effektive EHMS-Funktion zur Verfügung gestellt werden kann.

#### 4. Fazit

Mit Callosum und dessen neuer Fähigkeit zum Equipment Health Monitoring bietet MTU das Automationssystem der Zukunft, das auf einer vielfach im Einsatz bewährten Plattform beruht. Mit der Erweiterung von Callosum MT erfüllt MTU bereits heute die zukünftigen Anforderungen moderner Seestreitkräfte und ermöglicht den zuverlässigen und planbaren Langzeiteinsatz von Schiffen auch mit kleiner und wechselnder Besatzung. Das Automationssystem nutzt modernste Analysemethoden wie das Maschinelle Lernen, um den Wartungsaufwand zu minimieren, die Verfügbarkeit und Planungssicherheit für Einsatzkräfte zu erhöhen und Lebenszykluskosten zu senken.

**MTU Friedrichshafen GmbH**  
Part of the Rolls-Royce Group

[www.mtu-online.com](http://www.mtu-online.com)

09/2017

MTU ist eine Marke der Rolls-Royce Power Systems AG. Schnelllaufende MTU-Motoren und Antriebssysteme sind in Schiffen, Schienenfahrzeugen, Landwirtschafts-, Industrie- und Bergbau-fahrzeugen, militärischen Fahrzeugen, in Energiesystemen und in der Öl- und Gasindustrie im Einsatz. Das Portfolio umfasst Dieselmotoren mit Leistungen bis 10.000 Kilowatt sowie Gasmotoren bis 2.530 Kilowatt. Für die Steuerung und Überwachung der Motoren und Antriebsanlagen entwickelt und produziert das Unternehmen maßgeschneiderte Elektroniksysteme.



*Power. Passion. Partnership.*