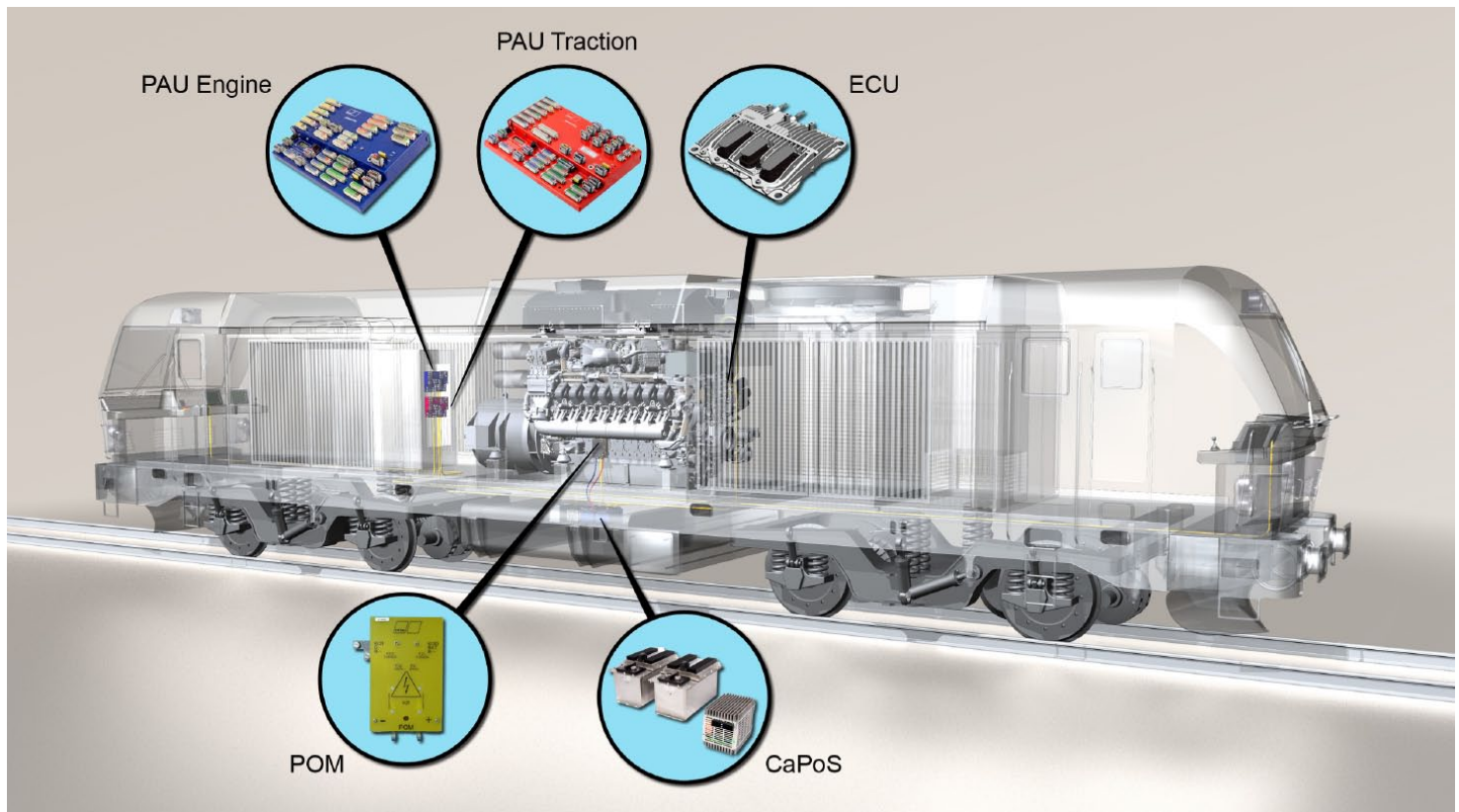


Powerline – Antriebsautomation für Lokomotiven



Autoren:

Werner Knoll

Projektleiter Powerline-Projektierung

Michael Welte

Projektleiter Powerline-Entwicklung

Powerline stellt ein Gesamtkonzept für die Antriebsautomatisierung von dieselhydraulischen sowie dieselelektrischen Lokomotiven dar. Der modulare Aufbau bietet ein hohes Maß an Flexibilität und ermöglicht eine einfache Integration – sowohl in Neubau- als auch in Repowering-Loks. Dieser Artikel beschreibt, wie Powerline in verschiedene Loktypen integriert werden kann und erklärt die Funktionsweise der einzelnen Komponenten.

1. SYSTEMÜBERSICHT

Um sowohl dieselhydraulische als auch diesel-elektrische Loktypen zu unterstützen und dem Lokhersteller eine große Unabhängigkeit zu ermöglichen, ist Powerline als modulares System mit unterschiedlichen Funktionsbaukästen aufgebaut. Das ermöglicht eine enorm flexible Auswahl und Adaption von Funktionen an die entsprechende Lok. Die Abbildungen 1 und 2 geben einen Überblick über den Einsatz von Powerline in den unterschiedlichen Loktypen. Dabei liegt der Fokus auf den einzelnen Elektronikkomponenten.

Die zentrale Schnittstelle im Powerline-System bildet die Komponente Power Automation Unit Engine, kurz PAU Engine (Abb. 1). Eine der Hauptaufgabe von PAU Engine ist die Anbindung von unterschiedlichen Loksteuerungen – über Bustechnologie oder hardwired-Signale – an den MTU-Dieselmotor, sowie die Adaption von externer Motorperipherie. Ebenso übernimmt PAU Engine das komplexe Kühlanlagen-Management der Lokomotive (Regelung und Überwachung), um einen emissionszertifizierten Dieselmotor-Betrieb sicherzustellen. Zusätzlich verfügt PAU Engine über eine standardisierte Ethernet-

Serviceschnittstelle. Dadurch wird dem Benutzer eine einfache und umfangreiche Diagnosemöglichkeit für den Dieselmotor und die Powerline-Elektronik via Standard-Tools ermöglicht.

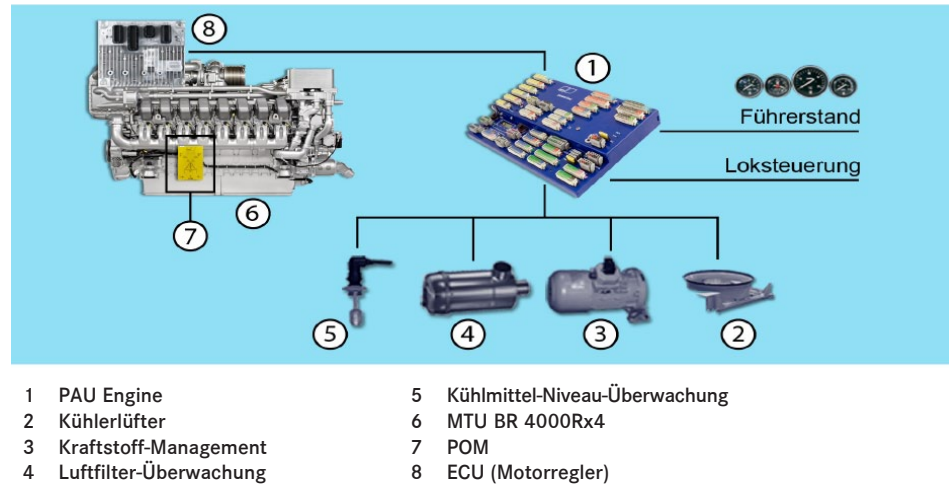
Typische Signale zwischen Lokomotivsteuerung und PAU Engine sind Motorstart, Motorstopp und Drehzahlswert. Doch auch wichtige Informationen wie Drehzahl, Schmieröldruck oder Kühlmitteltemperatur werden von der PAU Engine verarbeitet und über die Loksteuerung

auf dem Führerpult angezeigt. Bei auftreten der Fehlern übernimmt sie außerdem die Alarmierung durch Gelb- und Rotalarm-Signale.

Bei dieselektrischen AC/DC-Loks kommen weitere Elektronikkomponenten zum Einsatz (Abb. 2): PAU Traction, Strom-/Spannungsmesswandler und eine Leistungsendstufe. PAU Traction dient in diesem System als Schnittstelle zum Traktionsgenerator und den Traktionsgenerator-relevanten Komponenten.

Die Hauptaufgabe der PAU Traction besteht in der Überwachung und Regelung des Traktionsgenerators sowie im Bereitstellen von zusätzlichen Überwachungs-, Schutz- und Steuerfunktionen. Eine dieser Funktionen ist der Schleuderschutz, das heißt PAU Traction erkennt durchdrehende Lokomotivräder und leitet entsprechende Gegenmaßnahmen wie zum Beispiel die Reduktion des aktuellen Fahrmotorstroms ein. Weitere wichtige Funktionen sind die Feldschwächung der Fahrmotoren, also der elektrische Gangwechsel, und die Überwachung des Gleichrichters.

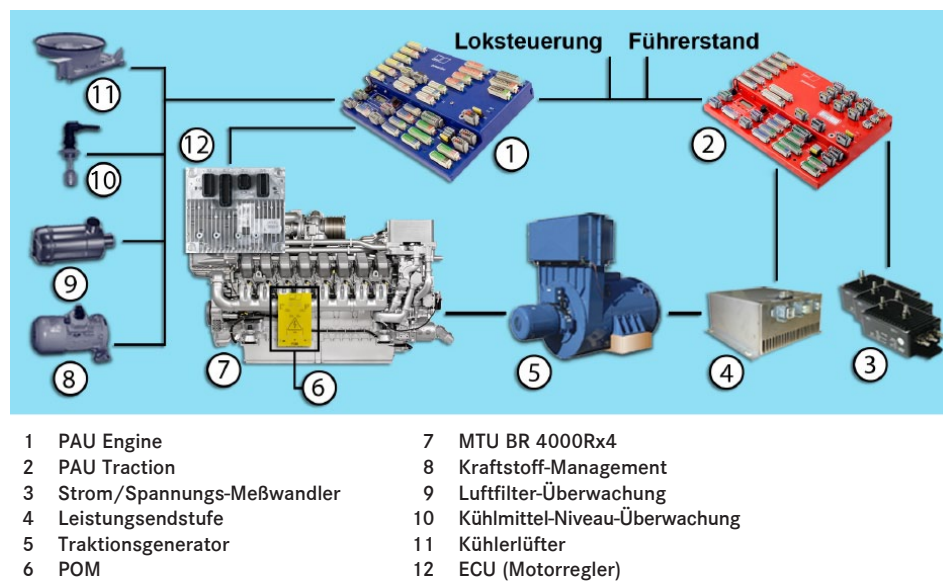
Abb. 1: Systemübersicht für dieselhydraulische und dieselektrische AC/AC-Loks



Um diese Funktionen bereitstellen zu können, muss PAU Traction unter anderem die Ströme und Spannungen der Fahrmotoren und des Traktionsgenerators erfassen und verarbeiten. Dazu werden Strom- und Spannungsmesswandler zur potenzialfreien Messung eingesetzt. Diese haben den Vorteil, dass an PAU Traction keine Signale mit hoher Spannung anliegen. Über die Leistungsendstufe steuert PAU Traction anschließend die Erregung des Traktionsgenerators.

PAU Engine und PAU Traction, die Hauptmodule des Powerline-Systems, bieten somit alle nötigen Schnittstellen, um die entsprechenden Komponenten zu verbinden und externe Peripherien zu integrieren. Dabei sind die Schnittstellen der beiden Module vollkommen auf die Bahnwelt ausgerichtet.

Abb. 2: Systemübersicht für dieselektrische AC/DC-Loks



Um weiteren wichtigen Anforderungen gerecht zu werden und die erforderliche Flexibilität zu gewährleisten, bieten die Powerline-Komponenten die Möglichkeit, alle Software-Funktionen an die entsprechenden Gegebenheiten der Lokomotive anzupassen und zu parametrisieren. Dadurch entsteht ein äußerst flexibles System, das optimal auf den jeweiligen Loktyp abgestimmt werden kann.

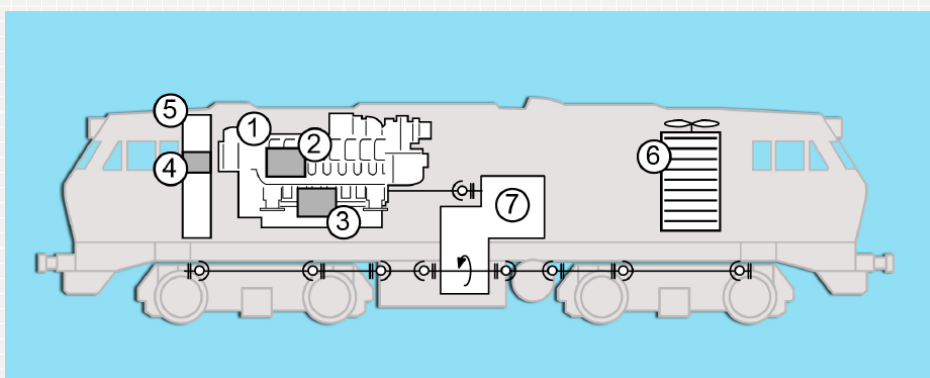
2. INTEGRATION IN UNTERSCHIEDLICHE LOKTYPEN

Die beschriebenen Systemkomponenten können in drei verschiedene Lokomotivtypen integriert werden.

2.1 DIESELHYDRAULISCHE LOKS

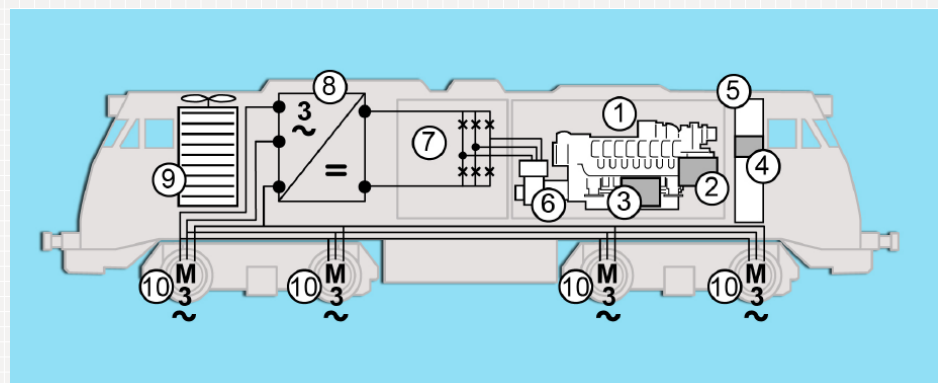
Abb. 3 zeigt eine Möglichkeit, die Powerline-Komponenten in eine dieselhydraulische Lokomotive zu integrieren.

Abb. 3: Lokomotive mit dieselhydraulischem Antrieb



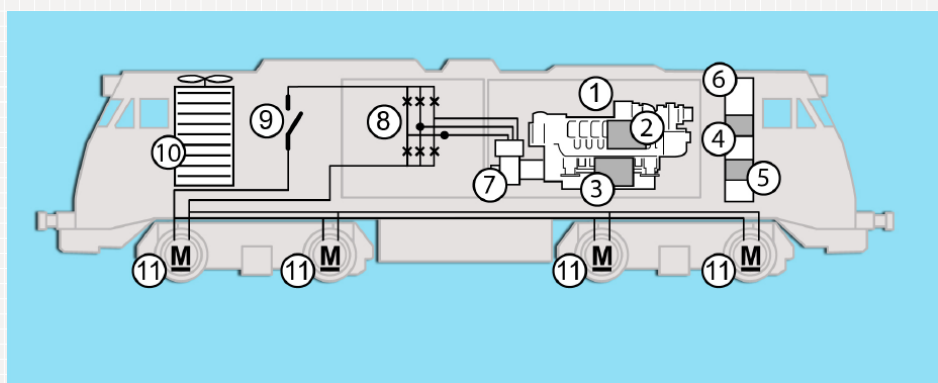
- 1 Dieselmotor
- 2 ECU (Motorregler)
- 3 POM
- 4 PAU Engine
- 5 Elektronikschaltschrank
- 6 Kühlanlage (Kühlerlüfter)
- 7 Strömungsgetriebe

Abb. 4: Lokomotive mit dieselektrischem AC/AC-Antrieb



- 1 Dieselmotor
- 2 ECU (Motorregler)
- 3 POM
- 4 PAU Engine
- 5 Elektronikschaltschrank
- 6 Drehstromsynchrongenerator
- 7 Gleichrichter
- 8 Umrichter
- 9 Kühlanlage (Kühlerlüfter)
- 10 AC-Fahrmotoren

Abb. 5: Lokomotive mit dieselektrischem AC/DC-Antrieb



- 1 Dieselmotor
- 2 ECU (Motorregler)
- 3 POM
- 4 PAU Engine
- 5 PAU Traction
- 6 Elektronikschaltschrank
- 7 Drehstromsynchrongenerator
- 8 Gleichrichter
- 9 Fahrmotorschütz
- 10 Kühlanlage (Kühlerlüfter)
- 11 Gleichstromfahrmotoren

Hierbei sind neben den Kernkomponenten des Antriebs (Dieselmotor und Strömungsgetriebe) auch die Powerline-Kernkomponenten sowie die Loksteuerung dargestellt. Einzelne Sensoren und Aktoren, wie Hydraulikölnevensensoren oder Kraftstoffpumpen, wurden zu Gunsten der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

2.2. DIESELELEKTRISCHE AC/AC-LOKS

Bei der Integration der Powerline-Komponenten in eine dieselektrische Lokomotive in AC/AC-Technik (Abb. 4) werden die gleichen Komponenten wie bei einer dieselhydraulischen Lokomotive eingesetzt. Die Antriebsmotoren bei diesem Lokomotivtyp sind als AC-Drehstrommotoren ausgeführt und werden über den dargestellten Umrichter gespeist.

2.3. DIESELELEKTRISCHE AC/DC-LOKS

Ein weiterer von Powerline unterstützter Loktyp ist die dieselektrische Lok in AC/DC-Technik. Diese unterscheidet sich zum Beispiel durch den Einsatz von DC-Fahrmotoren (Abb. 5). Neben den bereits bekannten Powerline-Komponenten wird hier zusätzlich PAU Traction zur Generatorregelung eingesetzt.

3. POWERLINE ALS PLATTFORM-ELEKTRONIK

Die Flexibilität des Bahnautomationssystems lässt sich auch als Plattform-Elektronik beschreiben: Ein universelles Elektronikmodul verbindet über standardisierte Schnittstellen den Motorregler mit der Loksteuerung und dient somit als zentrales Bindeglied. Bei Powerline ist PAU Engine dieses zentrale Elektronikmodul, das die Anbindung

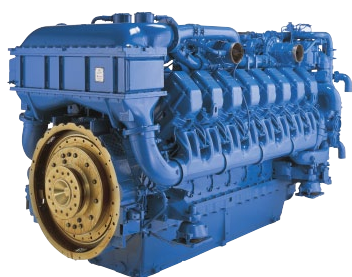
an den elektronischen Motorregler (ECU) der unterschiedlichen MTU-Bahndieselmotoren bildet und auch eine einheitliche Schnittstelle zur Loksteuerung bereitstellt.

Über die Plattform-Elektronik PAU Engine lässt sich somit eine Reihe von MTU-Motoren an unterschiedliche Lokomotivsteuerungen anbinden: die 8-, 12- und 16-Zylindermotoren der Baureihe 4000 R41 (UIC II, 850–2.200 kW), die 8-, 12-, 16- und 20-Zylindermotoren der Baureihen 4000 R43 (EU IIIA/UIC IIIA, 1.000–3.000 kW) und 4000 Rx4 (EU IIIB/UIC IIIB, 1.000–2.700 kW) sowie die 12-Zylindermotoren des Typs 1600 R50 (EU IIIB/EPA Tier 4, 690 kW) (Abb. 6). Während PAU Engine die MTU-Dieselmotoren mit der Loksteuerung verbindet, übernimmt das Elektronikmodul PAU Traction

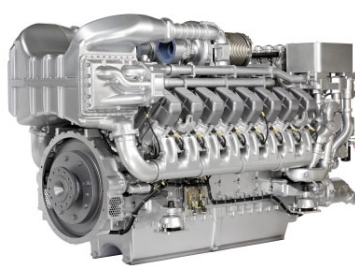
Abb. 6: MTU-Motorbaureihen Bahn



Baureihe 1600 R50 (EU IIIB)



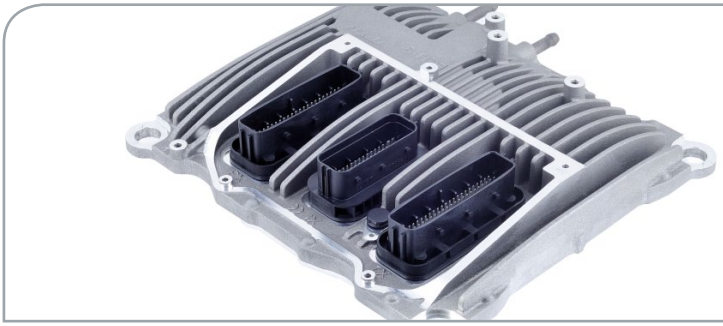
Baureihe 4000 R41 (UIC II)



Baureihe 4000 R43 (EU IIIA/UIC IIIA)



Baureihe 4000 Rx4 (EU IIIB/UIC IIIB)



Die ECU ist der elektronische MTU-Motorregler mit integriertem Motormanagement. Zu den Hauptaufgaben der ECU gehören beispielsweise die Drehzahlregelung und die Motorüberwachung.

diese Aufgabe in Bezug auf die unterschiedlichen Traktionsgeneratoren. PAU Traction verfügt ebenfalls über einheitliche Schnittstellen und ermöglicht die Verbindung von unterschiedlichen Traktionsgeneratoren mit der Loksteuerung. Sowohl Gleichstrom-Traktionsgeneratoren als auch Drehstrom-Synchrongeneratoren mit Gleichrichtern können so an die Loksteuerung angebunden werden.

4. POWERLINE-KERNKOMPONENTEN

4.1. ENGINE CONTROL UNIT (ECU)

Die ECU ist der elektronische MTU-Motorregler mit integriertem Motormanagement. Er wird direkt am Dieselmotor montiert. Die ECU ist eine MTU-Standardkomponente und findet in vielen unterschiedlichen Anwendungsbereichen wie Bahn, Marine, dezentrale Energieversorgung sowie Bau- und Industriemaschinen Verwendung. Die Anpassung an die jeweilige Applikation erfolgt über unterschiedliche Parametersätze – je nach Motortyp und Anwendungsgebiet. Zu den Hauptaufgaben der ECU gehören die Steuerung des Startablaufs, die Drehzahlregelung sowie die Motorüberwachung. Zusätzlich verfügt die ECU über ein Motorsicherheitssystem.

4.2. POWER OUTPUT MODULE (POM)

Das POM kann optional verwendet werden und dient zur Ansteuerung der Anlasser sowie als Klemmbrett für die Anlasserleitungen. Es ist – wie auch die ECU – direkt am Dieselmotor montiert. Die Ansteuerung des POM erfolgt dabei direkt durch die ECU.

4.3. POWERLINE AUTOMATION UNIT ENGINE (PAU ENGINE)

PAU Engine stellt das zentrale Bindeglied zwischen der Loksteuerung und der MTU-Dieselmotorsteuerung dar. Es ist ein Automationsmodul mit bahnspezifischen Schnittstellen und Funktionen. Im Gegensatz zur ECU und dem POM wird PAU Engine nicht direkt am Motor montiert, sondern ist im Schaltschrank der Lokomotive untergebracht. Das Einsatzgebiet von PAU Engine reicht von neu gebauten Lokomotiven über Remotorisierungs-Loks bis hin zu Sonderfahrzeugen.

Um die schon erwähnte Flexibilität zu erreichen, verfügt PAU Engine über etwa 140 Hardwarekanäle mit unterschiedlichen Ausprägungen. Das ermöglicht eine einfache Adaption an die verschiedenen neuen und remotorisierten Loks sowie an die unter-

schiedlichen Sonderfahrzeuge. Bei jedem dieser Hardwarekanäle ist eine bereits im Vorfeld geprüfte und bewährte Bahn-Standardsoftware hinterlegt. Aktiviert und parametrisiert wird diese Funktion über die internen Betriebsparameter von PAU Engine. Dieses Baukastensystem mit vorgelegten Hardwarekanälen und vordefinierten Standardsoftware-Funktionen erlaubt eine einfache und schnelle Adaption an verschiedene Lokomotiven unterschiedlicher Hersteller.

Zur Anbindung an die Loksteuerung bietet PAU Engine eine Vielzahl von bahnspezifischen Hardwareschnittstellen in Form von binären und analogen Signalen sowie über standardisierte Bus-Schnittstellen, zum Beispiel über CANopen. Außerdem verfügt dieses Modul über zusätzliche Schnittstellen zur Anbindung externer Motorperipherien, wie Kraftstoffpumpen, Luftfilterüberwachung, Steuerung der Kühlanlage des Dieselmotors und zusätzlicher Kühlmittelniveausensoren.

Darüber hinaus besitzt PAU Engine ein Interface zum Führerpult der Lokomotive, über die verschiedene Signale bereitgestellt werden, etwa zur Ansteuerung von Alarmmeldeleuchten oder Anzeigeinstrumenten, die über die Motordrehzahl, Kühlmitteltemperatur und den Schmieröldruck Auskunft geben. Natürlich stellt PAU Engine auch eine Schnittstelle zur ECU in Form eines weiteren CAN-Busses bereit.

Um diese enorme Flexibilität und Funktionalität gewährleisten zu können, ermöglicht PAU Engine auch die Übertragung von Diagnosedaten für die Inbetriebnahme. Dabei kann über eine Standard-Ethernet-Schnittstelle und einen Webbrowser ohne den Einsatz von Spezialdiagnosetools auf unterschiedliche Diagnose- und Inbetriebnahmefunktionen zugegriffen werden. Die Inbetriebnahme und Fehlersuche im gesamten Powerline-System wird dadurch erheblich vereinfacht.

4.4. POWER AUTOMATION UNIT TRACTION (PAU TRACTION)

PAU Traction stellt das Bindeglied zwischen dem Traktionsgenerator und der Loksteuerung dar. Wie auch PAU Engine ist PAU Traction ein elektronisches Automationsmodul mit bahnspezifischen Schnittstellen und Software-Funktionen und wird ebenfalls im Schaltschrank der Lokomotive verbaut. PAU Traction hat die Aufgabe, Traktionsgeneratoren unterschiedlicher Hersteller mit der Loksteuerung zu verbinden.

Anders als bei PAU Engine konzentriert sich das Einsatzgebiet von PAU Traction normalerweise auf Remotorisierungs-Loks und Sonderfahrzeuge. Natürlich wird in diesen Loktypen auch immer zusammen mit PAU Traction die PAU Engine eingesetzt. Für die Anbindung der unterschiedlichen Traktionsgeneratoren und der dazugehörigen Peripherie an die Loksteuerung stellt PAU Traction etwa 90 Hardwarekanäle bereit. Das ermöglicht eine einfache Adaption an die Gegebenheiten der Remotorisierungs-Loks und Sonderfahrzeuge. Wie bei PAU Engine wurde auch hier jedem Hardwarekanal bereits im Vorfeld eine geprüfte und bewährte Bahn-Standardsoftware zugeordnet, die ebenfalls über die Betriebsparameter von PAU Traction aktiviert und parametrisiert werden können.

Dieses Prinzip der vorgefertigten Funktionsbausteine ermöglicht eine einfache und schnelle Adaption an die jeweilige Lokomotive der unterschiedlichen Hersteller und berücksichtigt dabei auch unterschiedliche Typen von Traktionsgeneratoren.

Genau wie PAU Engine bietet PAU Traction bahnspezifische Schnittstellen in Form von binären und analogen Signalen zur Loksteuerung und verfügt ebenfalls über eine CAN-Bus-Kommunikation mit dem Motorregler (ECU). Sie hat jedoch noch zusätzliche Schnittstellen zur Anbindung externer Traktionsgenerator-Peripherien, beispielsweise Stromwandler zur Fahrmotor-Stromerfassung, aber auch Spannungswandler für die Erfassung der Generatorspannung, für die Überwachung der Gleichrichtersicherung, Gleichrichter-temperatur sowie der Traktionsgenerator-Wicklungstemperatur.

Natürlich besitzt auch PAU Traction Schnittstellen zum Führerpult der Lokomotive, über die verschiedene Signale übertragen werden. So können unter anderem die Generatorspannung, der Generatorstrom und der mittlere Fahrmotorstrom auf analogen Anzeigeinstrumenten dargestellt werden.

Auch PAU Traction bietet eine Ethernet-Schnittstelle, die schnelle und einfache Diagnosen und Inbetriebnahmen ohne Spezialtools ermöglicht. Die Funktion und Anwendung der Ethernet-Schnittstelle hat sowohl bei PAU Engine als auch bei PAU Traction das gleiche „Look-and-Feel“. Dadurch wird gewährleistet, dass die Diagnose eines kompletten Powerline-Systems einfach und intuitiv durchgeführt werden kann.

5. ERGÄNZUNGEN ZUM POWERLINE-SYSTEM

Das Powerline-System kann durch MTU-Zusatzkomponenten erweitert werden, um zusätzliche Anforderungen abzudecken.

5.1. REMOTE SERVICES

Auf der Lokomotive lässt sich optional ein Datenerfassungsmodul installieren, das alle wichtigen Mess- und Diagnosewerte via GSM-Modem an einen MTU-Remote-Server überträgt. Das Service-Personal des Bahnbetreibers kann über eine verschlüsselte Internet-Verbindung auf diese erfassten Lokdaten weltweit zugreifen.

Durch Abfragen der Lokdaten kann vorbeugend und rechtzeitig auf Störmeldungen reagiert werden. Schäden und Stillstandzeiten der Lok lassen sich dadurch erheblich reduzieren oder sogar ganz vermeiden. Außerdem ermöglicht das Abfragen der aktuellen Diagnosedaten eine optimale Wartungsplanung für die gesamte Lokomotivflotte.

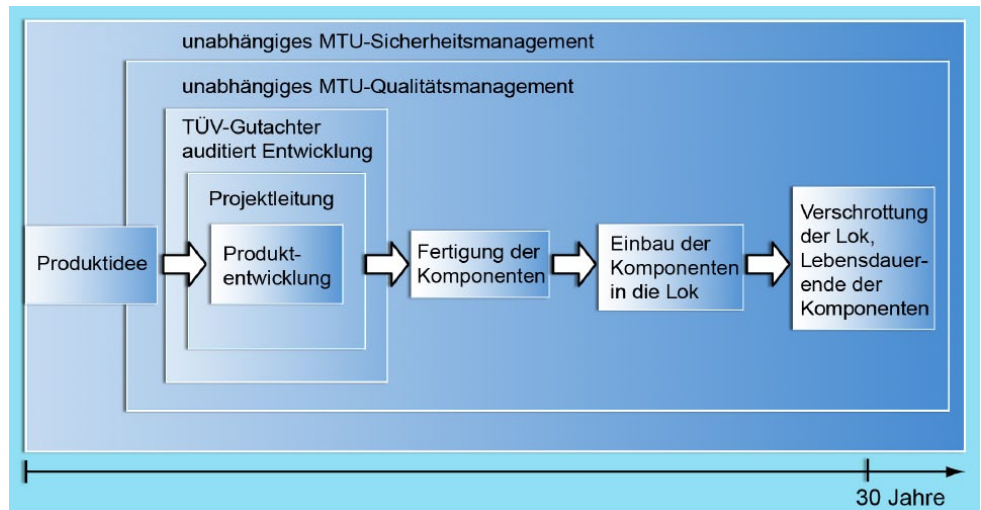
5.2. CAPACITY POWER SYSTEM (CAPOS)

CaPoS ist ein Ersatz für Starterbatterien auf Basis hochkapazitiver Kondensatoren, so genannter Ultracap-Module. Enormer Vorteil dieser Module ist ihre hohe Kaltstartfähigkeit bis $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ihre Wartungsfreiheit und ihre lange Lebensdauer von etwa 15 Jahren. Außerdem ist CaPoS frei von Schwermetallen – ein weiterer wichtiger Vorteil aus Sicht des Umweltschutzes.

5.3. INDIVIDUELLE LÖSUNGEN

Auf Anfrage sind auch kundenspezifische Lösungen realisierbar – zum Beispiel ein komplett vorkonfektionierter Schaltschrank mit integrierter und verkabelter MTU-Elektronik für den Einbau in der Lokomotive. Die Installation des Powerline-Systems wird dadurch erheblich vereinfacht, denn der gesamte Schaltschrank ist bereits fertig geprüft und wird installationsbereit angeliefert. Diese Lösung kommt sehr häufig bei Remotorisierungs-Loks zum Einsatz.

Abb. 7: Organisationsstruktur zur Erfüllung von Bahnnormen



6. ENTWICKLUNG NACH BAHNNORMEN

Für die Zulassung von Lokomotiven muss der Lokhersteller bei der jeweils zuständigen Zulassungsbehörde für den Bahnverkehr, zum Beispiel dem Eisenbahnbundesamt (EBA) in Deutschland, umfangreiche Nachweise erbringen. Dazu gehören auch Nachweise von Teilsystemen der Lokomotive, wie das Dieselantriebsmodul von MTU.

Liegt der Nachweis für das Dieselantriebsmodul dem Lokhersteller bereits vor, so vereinfacht sich die Lokzulassung erheblich. MTU Friedrichshafen gehört zu den ersten Anbietern, die eine zertifizierte Bahnautomatisierung für ein Dieselantriebsmodul aus einer Hand liefern können.

Maßgeblich für die Entwicklung von Bahnkomponenten sind die Bahnnormen EN50126, EN50128 und EN50129. Diese europäischen Normen sind angelehnt an die internationale Norm IEC61508 Functional Safety.

Um den Anforderungen aus diesen Bahnnormen gerecht zu werden, muss der Hersteller von

Bahnkomponenten eine bestimmte Organisationsstruktur aufweisen – angefangen von der Produktidee bis hin zum Ende des etwa 30-jährigen Produktlebenszyklus einer Lok (Abb. 7).

Die Produktentwicklung für die Powerline-Komponenten erfolgt in einem mehrköpfigen Projektteam, das sich sowohl mit der Software- als auch mit der Hardware-Entwicklung befasst. Ein EBA-zugelassener TÜV-Gutachter begleitet den gesamten Entwicklungsprozess.

7. QUALITÄTS- UND SICHERHEITSMANAGEMENT

Gemäß ISO9000 überwacht das separate und unabhängige Qualitätsmanagementsystem der MTU das Produkt während seiner gesamten Lebensdauer von etwa 30 Jahren. Im Vordergrund steht dabei die Einhaltung des hohen Qualitätsniveaus von MTU-Produkten.

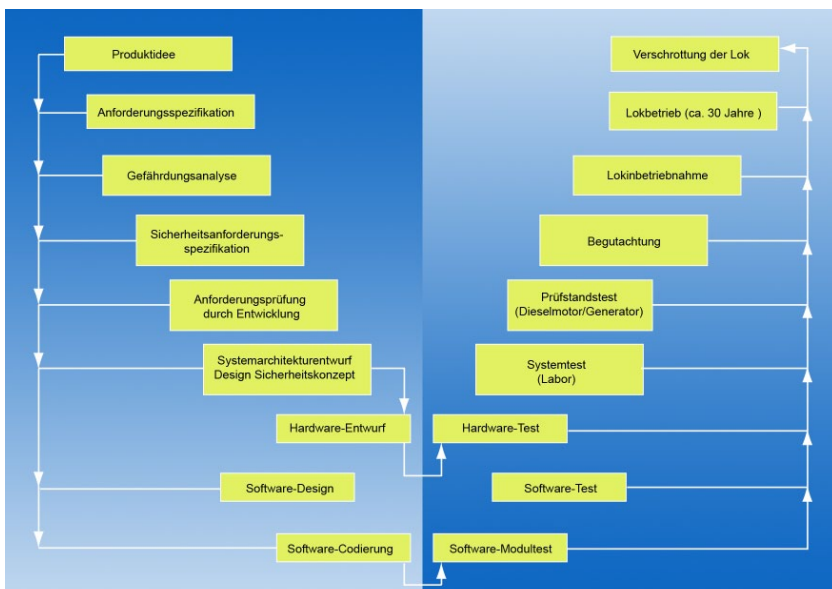
Ein weiteres, ebenfalls unabhängiges MTU-Sicherheitsmanagement überwacht und begleitet das Produkt während des gesamten Lebenszyklus im Hinblick auf die Einhaltung sämtlicher sicherheitstechnischer Belange, wie beispielsweise dem Informationsrückfluss aus dem Feld durch das mitgelieferte Gefährdungslogbuch.

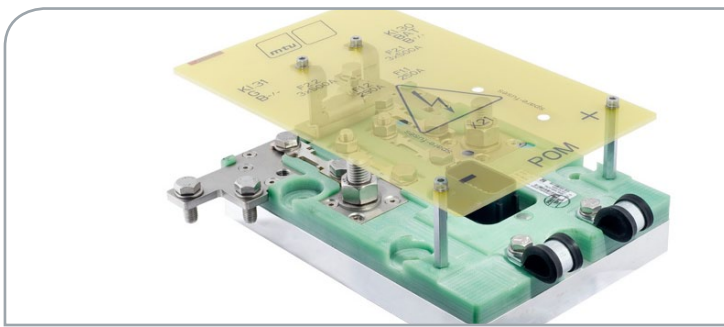
Diese Qualitäts- und Sicherheitsmanagement-Einrichtungen der MTU Friedrichshafen machen deutlich, dass die Produktentwicklung für Anwendungen im Bahnbereich wesentlich höheren Anforderungen genügen muss als in vielen anderen Bereichen.

8. ENTWICKLUNG NACH V-MODELL

MTU entwickelt sämtliche Hard- und Software-Komponenten nach dem bekannten V-Modell (Abb. 8). Diese Vorgehensweise trägt dazu bei, systematische Fehler während des Produktentwicklungsprozesses zu vermeiden. Da der gesamte Entwicklungsprozess von einem TÜV-Gutachter begleitet wird, bietet das V-Modell auditierbare Entwicklungsdokumente für den Nachweis einer prozesskonformen Entwicklung. Diese Dokumente erbringen den Nachweis für die Entwicklung von sicheren Bahnkomponenten

Abb. 8: Detaillierte Darstellung des Produkt-Entwicklungsprozesses bis hin zum Abschluss der Sicherheitserprobung





Das Power Output Module (POM) dient zur Ansteuerung der Anlasser sowie als Klemmbrett für die Anlasserleitungen.

und Baugruppen, die später im Personen- sowie im Gefahrgut-Transport auf der Schiene zum Einsatz kommen.

Dabei stehen folgende typische Anforderungen im Vordergrund: Der Auftraggeber des zu entwickelnden Produkts formuliert computerverwaltet sämtliche Produkthanforderungen. Dieser Vorgang wird Requirement-Engineering genannt. Jede einzelne Produkthanforderung wird mit einer eindeutigen Identifikationsnummer versehen, die in allen Entwicklungsschritten und Dokumenten mitgepflegt wird. Alle Entwicklungsphasen müssen gemäß jeweiligem Entwicklungsplan und entsprechendem Phasenvorgehen erfolgen – inklusive Eingangs-Review, Durchführungs- und Abschluss-Review.

Beim Entwurf einer neuen Software-Funktion wird diese durch einen unabhängigen Verifizierer auf Vollständigkeit der vorgegebenen Anforderungen und auf Einhaltung des Entwicklungsprozesses geprüft. Außerdem kontrolliert ein Validierer während des Systemtests, ob die Funktion im Produkt den Anforderungen entsprechend realisiert wurde. Ein unabhängiger, externer Gutachter analysiert den Entwicklungsprozess und die darin verankerten Sicherheitsfunktionen. Bei Einhaltung der entsprechenden Entwicklungsnormen und Vorgehensmodelle erstellt der Gutachter ein Sicherheitszertifikat für das System.

9. SOFTWARE-VERWALTUNG

Die bereits erwähnte Flexibilität durch Parametrierung bringt einen weiteren wichtigen Aspekt im Produktlebenszyklus mit sich: die Software-Verwaltung. Es muss sichergestellt sein, dass jede Elektronikkomponente die richtige Software und den richtigen Parametersatz für den entsprechenden Feldeinsatz während der Fertigung erhält. Diese Anforderung muss nicht nur für die Serie, sondern auch für eventuelle Ersatzteillieferungen gewährleistet sein. Ein entsprechendes Software-Konfigurationsmanagement stellt die Einhaltung der Normvorgaben EN50128 und EN50129 sicher.

Die ECU-Software sowie die auftragsspezifischen Parametersätze jedes einzelnen Motors, zum Beispiel motorspezifische Leistungskennfelder und auftragsspezifische Anlagenparameter, werden in einer zentralen Datenbank der MTU abgelegt. Die Identifikation erfolgt dabei über eine weltweit eindeutige Motornummer. Die Software-Verwaltung von PAU Engine und PAU Traction erfolgt ebenfalls über eine MTU-weite zentrale

Datenbank. Dort werden für jeden Auftrag die auftragsspezifischen Parametersätze sowie die jeweilige PAU-Software gespeichert. Dies ermöglicht jederzeit eine eindeutige Zuordnung der Software und Parametersätze zu den einzelnen Geräten, die weltweit in Lokomotiven im Einsatz sind.

10. ERSATZTEILLIEFERUNG

Während der langen Lebensdauer einer Lokomotive von etwa 30 Jahren muss natürlich auch die Ersatzteillieferung sichergestellt sein. MTU garantiert dem Bahnbetreiber 30 Jahre lang die Lieferung von Ersatzteilen. Um die zuverlässige Umsetzung gewährleisten zu können, werden sämtliche Elektronikkomponenten im Hause MTU entwickelt, gegebenenfalls weiterentwickelt, getestet und gefertigt. Natürlich kann es vorkommen, dass während der Ersatzteilverantwortungsphase Hersteller von kleineren Elektronikkomponenten, wie Kondensatoren oder ICs, ihre Lieferungen einstellen. In einem solchen Fall werden alle betroffenen Elektronikgeräte durch die MTU-interne Entwicklungsabteilung weiterentwickelt und an die neuen, am Markt verfügbaren Komponenten angepasst.

Um zeitnah auf solche Veränderungen reagieren zu können, überwacht das MTU-Qualitätsmanagement ständig die Verfügbarkeit aller verwendeten Bauteile. Wird die Lieferung größerer Elektronikkomponenten vom Hersteller angekündigt, so erfolgt ein komplettes Re-Design der betroffenen Baugruppe und – falls notwendig – auch eine entsprechende Anpassung der Software. Die Schnittstellen zur Umgebung der Lokomotive, zum Beispiel das Gehäuse und die Stecker, bleiben dabei nach außen hin erhalten.

11. DIE ELEKTRONIKFERTIGUNG DER MTU

Die Elektronikkomponenten der MTU werden hausintern gefertigt und auf volle Funktionsfähigkeit geprüft. Zur Sicherstellung einer langen Lebensdauer und hohen Qualität der Komponenten sind alle Fertigungsprozesse streng an ISO9000 sowie an IRIS (International Railway Industry Standard) gekoppelt und werden in regelmäßigen Abständen durch externe Zertifizierungsgesellschaften überprüft. Die Überprüfung der gefertigten Elektronikkomponenten erfolgt durch automatisierte Tests mit Hilfe von Prüfautomaten, die eine immer gleich bleibende und reproduzierbare Testqualität sicherstellen. Sämtliche Testergebnisse jeder einzelnen Komponente werden als Prüfbericht abgelegt und sind jederzeit abrufbar. Die Zuordnung der entsprechen-

den Prüfberichte erfolgt durch die eindeutige Sach- und Seriennummer der entsprechenden Elektronikkomponente. Dadurch ist zu jedem Zeitpunkt eine unverwechselbare Zuordnung und Nachvollziehbarkeit gewährleistet.

12. BERATUNG, PROJEKTIERUNG UND INBETRIEBNAHME

Besonders bei der Planung, Auslegung und Abstimmung der einzelnen Komponenten sind spezielles Wissen und Erfahrung gefragt. Um ein optimales Antriebskonzept mit der bestmöglichen Abstimmung der einzelnen Komponenten zu erreichen, bietet MTU ihren Kunden umfassende Unterstützung.

Dies beginnt bereits in der Angebotsphase mit der Beratung über alle notwendigen Standardfunktionen, der Auswahl der geeigneten Standardkomponenten, aber auch mit wichtigen Informationen über die Sicherheitsfunktionen des MTU-Systems. Selbstverständlich werden bei diesen Beratungen auch kundenspezifische Lösungen berücksichtigt.

In der Projektierungsphase folgt als nächster Schritt eine detaillierte Beratung in Bezug auf die funktionale Integration der MTU-Elektronikkomponenten in die Loksteuerung. Außerdem werden die unterschiedlichen technischen Lösungsvarianten verglichen und bewertet, um die bestmögliche Systemlösung ermitteln zu können.

Während der Inbetriebnahme der Lokomotive bietet MTU umfangreiche Unterstützung in den Bereichen Motorstart, statistische und dynamische Motorlasttests, Generatorprüfung sowie Prüfung der Kühlanlage. Vor dem Motorstart wird zunächst die korrekte und vollständige Installation der MTU-Elektronikkomponenten überprüft. Anschließend wird das Signalinterface der Anlage getestet, bevor dann der eigentliche Motorstart erfolgt. Beim Motorstart werden außerdem die lokseitigen Hilfsbetriebe wie Kompressor, Batterieladung oder Kühlerlüftung einer Prüfung unterzogen.

Während der statischen Lasttests sind bestimmte Leistungspunkte des Motors bei den entsprechenden Motordrehzahlen zu überprüfen. Um eine bestmögliche Abstimmung des Antriebsmoduls der Lokomotive zu erzielen, werden anschließend die Parameterwerte der MTU-Elektronikkomponenten optimiert. Bei den dynamischen Lasttests werden diese Parameter



PAU Engine stellt bei dieselhydraulischen oder dieselelektrischen AC/AC-Loks das zentrale Bindeglied zwischen der Loksteuerung und der MTU-Dieselmotorsteuerung dar. Bei dieselelektrischen AC/DC-Loks stellt PAU Traction als zusätzliche Komponente das Bindeglied zwischen dem Traktionsgenerator und der Loksteuerung dar. Anders als bei PAU Engine konzentriert sich das Einsatzgebiet von PAU Traction normalerweise auf Remotorisierungs-Loks und Sonderfahrzeuge.

unter dem Gesichtspunkt „Fahrverhalten der Lok“ entsprechend angepasst.

MTU ermöglicht eine schnelle Integration des Antriebsmoduls in die Lokomotive.

Kommen die MTU-Traktionskomponenten PAU Traction und Leistungsendstufe zum Einsatz, so erhält der Kunde auch Unterstützung bei der Konfektionierung von Motor und Generator sowie bei der Anflanschung und Lokintegration von Motor und Generator. MTU begleitet auch die Generatorprüfung im Prüffeld des Generatorherstellers, bei der beispielsweise Vibrationsmessungen, Dreh-schwingungsmessungen sowie Untersuchungen zur Eigenerwärmung des Generators erfolgen.

Bei Bedarf bietet MTU auch Unterstützung bei der Kühlanlagenprüfung. Bei diesem Prüfverfahren werden die Parameter der Lüftungssteuerung so angepasst, dass nicht nur eine stabile Temperaturregelung für den Dieselmotor gewährleistet ist, sondern auch eine lange Lebensdauer des Kühlers. Die gesamte Kühlanlage wird so eingestellt, dass für den Dieselmotor bestmögliche Betriebsbedingungen vorherrschen.

13. WELTWEITER SERVICE

Nach Abschluss aller Tests und Inbetriebnahme der Lokomotive kann sich der Kunde auf ein weltweites MTU-ServiceNetz verlassen. Dieses bietet sowohl eine schnelle, kompetente Unterstützung als auch eine sehr schnelle Ersatzteilversorgung und Logistik.

14. VORTEILE DES LOKHERSTELLERS

Für den Lokhersteller sind die Vorteile von Powerline vielfältig: Er erhält eine zertifizierte Automationselektronik, die nach den aktuell geltenden Bahnnormen entwickelt wurde und über ein TÜV-Sicherheitszertifikat verfügt. Die bereits vordefinierten und erprobten Software-Funktionen des Baukastensystems von Powerline bieten dem Lokhersteller größtmögliche Sicherheit und eine hohe Verfügbarkeit der Lokomotive. Die projektbegleitende Unterstützung von

15. VORTEILE DES BAHNBETREIBERS

Während des Betriebs der Lokomotive beziehungsweise der Lokflotte kann sich der Bahnbetreiber auf die Unterstützung durch das Qualitätssicherungs- und das Sicherheitsmanagementsystem von MTU verlassen. Diese Unterstützung umfasst den gesamten Lebenszyklus der Lok – angefangen von der Erstinbetriebnahme bis hin zur Außerbetriebsetzung. Durch die Garantie einer 30-jährigen Ersatzteillieferung ist eine ständige Einsatzbereitschaft der Lokflotte über den gesamten Lebenszyklus gewährleistet.

16. POWERLINE AUTOMATION SUITE UND WEBSERVER

Mit dem bereits zum Serienstart von Powerline eingeführten Tool „Powerline Automation Suite“ können der Kunde, der Lokhersteller, sowie das Service-Personal einfache Diagnose auf der Powerline-Anlage durchführen. Hierzu genügt ein Laptop mit Ethernet-Anschluss, um sich mit dem PAU Engine online zu verbinden. Die hierzu erforderliche und kostenlos bereitgestellte „Powerline Automation Suite“ kann direkt vor Ort auf den Laptop geladen und ausgeführt werden. Mit diesem Tool können das Monitoring von Betriebs- und Grenzwerten, wie auch die Anzeige von Status- und Fehlermeldungen einfach durchgeführt werden. Bei nicht laufendem Dieselmotor ist zusätzlich die Stimulation – also das aktive Schalten – von ausgewählten Ausgabekanälen der PAU Engine über das Tool möglich. Dadurch kann eine einfache Fehlersuche, bzw. ein einfacher Verkabelungsscheck bei der Inbetriebnahme erfolgen. Eine Möglichkeit zur Auswertung und Analyse der bei PAU Engine und PAU Traction angeschlossenen CAN-Bussysteme in der Diesellokomotive (vorwiegend CANopen oder J1939) runden das

Einsatzgebiet des neuen Tools ab. Außerdem stellt PAU Engine, wie auch PAU Traction, einen integrierten Webserver zur Verfügung, mit welchem ebenfalls über einen Standard-Laptop auf interne Daten und Fehlerspeicher zugegriffen werden kann.

17. POWERLINE PRODUKTKONFIGURATOR

Um die Projektierung von Powerline einfacher und effektiver zu gestalten, befindet sich das neue Tool „Powerline Produktkonfigurator“ in der Entwicklung. Damit soll zukünftig eine automatische Datensatzgenerierung für die Anlage, eine automatische Lok-Verkabelungsplanstellung, sowie die automatische Erzeugung eines auftragsspezifischen Lok-Inbetriebnahmeprotokolls erfolgen.

18. ZUKÜNFTIGE TRENDS BEI DER AUTOMATISIERUNG VON LOKOMOTIVEN

Um Lokherstellern und Bahnbetreibern auch in Zukunft neueste Innovationen, Funktionen und Technologien bieten zu können, wird die MTU-Automationselektronik zukünftig weitere Aufgaben übernehmen. Dazu gehören unter anderem Emissionszertifizierungen sowie die Remote- und Onboard-Diagnose des Dieselantriebsmoduls.

Bei der Emissionszertifizierung müssen die innermotorische Emissionskontrolle mittels Abgasrückführung (AGR), die außermotorische Emissionskontrolle mittels Dieselpartikelfilter (DPF) sowie die Anpassung der Lüftersteuerung zur Unterstützung der Emissionsstrategie des Dieselmotors berücksichtigt werden. Doch auch die Onboard- und Remote-Diagnosefunktionen werden in Zukunft weiter ausgebaut. Dabei ist vorgesehen, neue Überwachungsfunktionen im Dieselmotor und der Motorperipherie zu integrieren. Darüber hinaus werden auch die Fernübertragung über GSM/UMTS sowie der lokale Anschluss über Ethernet weiter ausgebaut, um den weltweiten Zugriff auf einzelne Lokomotiven zu gewährleisten.

MTU Friedrichshafen GmbH

A Rolls-Royce Power Systems Company

www.mtu-online.com

MTU ist eine Marke der Rolls-Royce Power Systems AG. Schnelllaufende MTU-Motoren und Antriebssysteme sind in Schiffen, Schienenfahrzeugen, Landwirtschafts-, Industrie- und Bergbaufahrzeugen, militärischen Fahrzeugen, in Energiesystemen und in der Öl- und Gasindustrie im Einsatz. Das Portfolio umfasst Dieselmotoren mit einer Leistung bis 10.000 Kilowatt (kW), Gasmotoren bis 2.150 kW und Gasturbinen bis 35.320 kW. Für die Steuerung und Überwachung der Motoren und Antriebsanlagen entwickelt und produziert das Unternehmen maßgeschneiderte Elektroniksysteme.



Power. Passion. Partnership.