

## **Vom Echtzeitbus bis zum Manufacturing Execution System (MES) - systemübergreifende DIAdem-Lösung im industriellen Umfeld**

### **Kurzfassung**

Die Komplexität moderner Erzeugnisse und Fertigungsprozesse erfordert ein effizientes Informationsmanagement sowohl für die Planung und Steuerung der aktuellen und künftigen Produktion als auch zur Auswertung und Rückverfolgung zurückliegender Prozesse und Produkte. Diese Aufgaben übernimmt ein Manufacturing Execution System (MES). Stets zu wissen, welche Materialien woher stammen und in welches Erzeugnis sie eingeflossen sind, wird angesichts strengerer gesetzlicher Vorschriften und wachsender Kundenanforderungen zu einer permanenten Herausforderung. Das detaillierte Wissen darüber, welche Fertigungseinrichtung wie ausgelastet ist, wie viele Erzeugnisse produziert wurden, welche Störungen wie oft aufgetreten sind und wie sich ihre Häufigkeit in den letzten Monaten entwickelt hat, bestimmt entscheidend die Transparenz und Stabilität einer Fertigung.

Die genannten Aufgaben kann das MES nur erfüllen, wenn es aus dem Prozeß die notwendigen Informationen erhält und gleichzeitig in der Lage ist, auf den Prozeß einzuwirken. Für Prüfstandsapplikationen als wichtigen Teil des Fertigungsprozesses bedeutet das, Daten nicht nur zu erfassen, zu skalieren, zu visualisieren und zu speichern, sondern auch für die Weitergabe aufzubereiten und schließlich an das MES zu übertragen. Umgekehrt sind Informationen aus dem MES zu beziehen, mit erfaßten Daten in Beziehung zu setzen und daraus Steuersignale zu generieren.

Der Beitrag beschreibt, welches Spektrum an Informationen die DIAdem-basierende Prüfstandslösung a-uni des Autors an ein Produktionsleitsystem zu liefern vermag und wie im konkreten Falle die Anbindung an OpCon MES von Bosch erfolgt.

### **Abstract**

Complexity of today's products and manufacturing processes requires an efficient information management for both the planning and management of current and future production as well as for analysis and tracking of past processes and products. These tasks are handled by a manufacturing execution system (MES). In the face of more stringent legal regulations and increasing customer demands always to know where materials come from and in which product they were build-in, becomes a permanent challenge. To know in detail how much a manufacturing utilized, how many products were produced or how often errors occur largely determines transparency and stability of production.

The tasks mentioned above can only be performed by the MES if it receives the necessary information from the process and is able to influence the process. For test applications as an important part of the production process this means not only to acquire, scale, visualize and store data, but also to transfer them to the MES. Conversely, data is to be obtained from the MES to generate control signals.

This paper describes the range of information that DIAdem-based test solution a-uni by the author is able to supply a production management system and, in the specific case, how it connects to OpCon MES by Bosch.

## Vom Prozeß zum MES in Echtzeit

Für den Informationsfluß im Unternehmen gilt heute mehr denn je die Forderung, daß Informationen in Echtzeit übertragen werden. Die Ära der stand-alone-Lösungen geht mehr und zu Ende. Besonders im Produktionsbereich entscheidet die Einbindung in den unternehmensweiten Informationsfluß immer stärker über den Erfolg einer Lösung. Dabei unterscheidet sich der Echtzeitbegriff je Anwendungsfall erheblich: bedeutet er für den Informationsaustausch hin zu übergeordneten Fertigungsmanagementsystemen in der Regel lediglich, daß die Information zeitnah vorhanden sein muß, wobei zeitnah im Bereich von Minuten oder auch Stunden liegen kann, liegt die zulässige Zeitabweichung, der sog. Jitter, bei Meß- und Steueranwendungen bei wenigen Milli- oder gar Mikrosekunden.

Auch wenn diese strikten Anforderungen für den Datenaustausch zwischen Prozeß und MES nicht gelten, benötigt letzteres als Produktionsleitsystem mit Echtzeitcharakter seine Informationen in Zeitspannen, die weit unter der Fertigungstaktung liegen. Diese Echtzeitanforderungen werden am besten erfüllt, wenn Informationen vom Prozeß über möglichst wenige Stationen hin zum MES übertragen werden. Um dies zu erreichen, muß die - flache - Zwischenebene über zahlreiche Schnittstellen verfügen, die die direkte Anbindung an Prozeß und MES gleichermaßen ermöglichen.

Im Softwareportfolio von National Instruments ist DIAdem ohne Zweifel die Software, die diese Anforderungen von Hause aus am besten abdeckt. Zum einen verfügt die Software über die Schnittstellen zum Prozeß, speziell im Modul DIAdem-DAC und zum anderen - dank der zahlreichen Funktionen zum Datenaustausch im Modul Navigator und der umfangreichen Programmierfunktionalität bis hin zum Zugriff auf Betriebssystemressourcen im Modul Script - über die zur übergeordneten Managementebene.

Allerdings erfordern komplexe Lösungen in der Regel auch komplexe Lösungsansätze, die über die Möglichkeiten einer reinen Standardsoftware hinausgehen. Basierend auf langjährigen Erfahrungen mit Prüfstandsapplikationen setzt der Autor dabei auf ein dreistufiges Konzept. Die Ausgangsbasis bildet die Standardsoftware DIAdem, die eine Bibliothek allgemeingültiger Lösungen aus den Bereichen Technisches Datenmanagement sowie Meß-, Steuer- und Regelungstechnik zur Verfügung stellt. Darauf setzt eine vom Autor entwickelte Rahmenapplikation mit prüfstandstypischen Standardfunktionen, wie z.B. Ablaufsteuerung, auf. Die Anpassung an kunden- und aufgabenspezifische Anforderungen, z.B. die Gestaltung von Benutzeroberflächen oder im konkreten Fall die Anbindung an Bosch OpCon MES, erfolgt dann durch individuelle Programmierung, die aber wiederum ausschließlich in DIAdem stattfindet. Im Ergebnis wird ein weites Funktionsspektrum auf nur einer Programmebene realisiert, was Laufzeiten im Datenfluß auf ein Minimum reduziert.

Kernstück des beschriebenen Konzepts ist die Prüfstandsrahmenapplikation a-uni mit den Funktionen Prüfung (automatisch und halbautomatisch), Handbetrieb, Selbsttest, Parameterverwaltung, statistische Auswertungen und Protokoll- / Reportgenerierung. Ähnlich wie der Hardware Abstraction Layer eines Betriebssystems verfügt a-uni mit einem universellen DAC-Schaltplan über eine zentrale Schnittstelle zur Einbindung höchst unterschiedlicher Hardware.

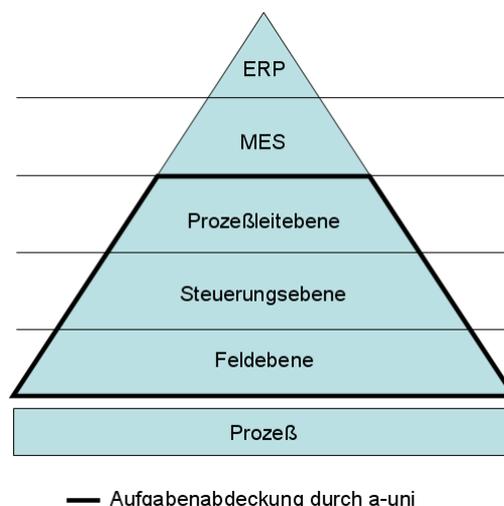


Bild 1: DIAdem in der Automatisierungspyramide

In a-uni nutzt der Autor die Möglichkeiten der Prozeßanbindung in DIAdem-DAC in der vollen Breite aus. Die bedienten Schnittstellen umfassen neben den standardmäßig implementierten, wie DAQmx, solche, die anwendungsspezifisch adaptiert werden, aber auch grundsätzlich neu definierte. Zu den adaptierten gehören z.B. die Busanbindung von Prüflingen und Peripherie über OPC und die zugehö-

rige Hardware von Drittanbietern mit OPC-Server. Unter den neu definierten findet sich u.a. eine Schnittstelle zum Echtzeitcontroller compactRIO, die je nach Ausbauzustand des Geräts über Ethernet oder CAN kommuniziert, in beiden Fällen aber auf der DAC-VBScript-Schnittstelle basiert. Prinzipiell auf gleichem Wege, aber über eine dazwischenliegende spezielle ActiveX-Komponente, erfolgt die Anbindung z.B. von Kommunikationshardware für Ethernet-basierende Protokolle wie SERCOS III oder Profinet.

Neben klassischer Sensorik lassen sich auch Geräte mit eigener Intelligenz in Fertigungsmanagementsysteme einbinden. Der Weg über die nach allen Seiten offene Architektur von a-uni ist angesichts der proprietären Schnittstellen, mit denen diese Komponenten und Systeme häufig ausgestattet sind, in der Regel einfacher als die direkte Anbindung. Zu den so integrierten Geräten gehören neben SPSen verschiedener Hersteller auch hochspezialisierte Meßgeräte mit den typischen Schnittstellen wie RS-232, GPIB oder USB oder Gebäudeleittechnik.

Bestehen bei der Prozeßanbindung besonders hohe Echtzeitanforderungen, so gelten diese natürlich auch für die Anbindung der Hardware an DIAdem. Hier kommt die DLL-Schnittstelle GPI zum Tragen, die die Basis für die jüngste Erweiterung der Plattform a-uni, aber auch für ein aktuelles Produkt der a-solution GmbH, den DIAdem-EtherCAT-Treiber bildet. Damit ist die direkte Anbindung von EtherCAT-Hardware, wie z.B. das National Instruments EtherCAT-Slave-Chassis NI 9144 mit den zugehörigen I/O-Module der C-Serie, möglich. Basierend auf dem EtherCAT-Master von Kithara stellt der Treiber eine Echtzeit-Anbindung von DIAdem an EtherCAT her, die auch den Anforderungen von komplexen Steuer- und Regelfunktionen genügt. Gleichzeitig gestaltet sich die Handhabung außerordentlich komfortabel. So wird die EtherCAT-Topologie automatisch erkannt und im DAC-Schaltplan zur Verfügung gestellt. Da der Kithara-EtherCAT-Master Netzwerkarten, wie sie in jedem PC zu finden sind, unterstützt, ist hierfür keine spezielle PC-Hardware notwendig. Damit kann a-uni bei Prozeßanbindung über EtherCAT mit beliebigen PC-Bauformen (z.B. Notebooks) genutzt werden und vereint dennoch die Vorteile des Echtzeitkerns von DIAdem und des schnellen Industrial-Ethernet-Standard EtherCAT.

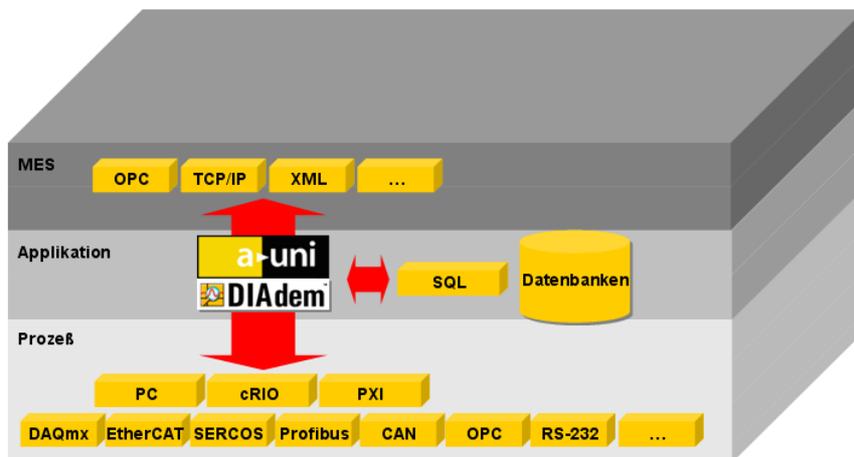


Bild 2: Schnittstellen von a-uni zu Prozeß und MES

Neben Geschwindigkeitsvorteilen ermöglicht der Zugriff auf verschiedene Feldbusse, Schnittstellen und Protokolle auch die direkte Signalerfassung von Sensoren mit entsprechenden Schnittstellen, was die im industriellen Umfeld häufigen elektromagnetischen Störungen eliminiert und eine höhere Genauigkeit bei der Signalerfassung ermöglicht. Speziell bei den Echtzeitbussen kommt der Vorteil einer Erfassung mit exaktem Zeitstempel und einer dadurch möglichen Zeitsynchronisation hinzu, was das Anwendungsspektrum weiter vergrößert.

Sind die über die vielfältigen Schnittstellen gewonnenen Informationen erst einmal in DIAdem verfügbar, können Sie dank des Echtzeitkerns des Moduls DAC auch tatsächlich in Echtzeit verarbeitet und weitergeleitet werden - sei es, als Steuersignale, die an die Hardware ausgegeben werden, sei es als aufbereitete Informationen, die übergeordneten Ebenen zur Verfügung stehen. Diese Weitergabe erfolgt zum einen direkt in DIAdem-DAC unter Nutzung der Scriptfunktionalität. a-uni nutzt diese Option z.B. zur direkten Datenablage in Datenbanken. Für Anwendungsfälle, die eine komplexere Vorverarbeitung zu übertragender Informationen verlangen, führt der Weg in der Regel über das universelle Datenformat TDM. Dabei werden die Prozeßdaten im Modul DAC strukturiert und mit ergänzenden Informationen versehen gespeichert, anschließend mittels der mathematischen und Scriptfunktionen der Module Analysis und Script verarbeitet und an höhere Instanzen weitergeleitet.

## **Datenaustausch über Standardschnittstellen**

Marktgängige MES-Lösungen verfügen über eine Vielzahl von höchst unterschiedlichen Schnittstellen, angefangen von universellen, wie OPC oder RS-232, bis hin zu hochspezialisierten für Maschinensteuerungen oder industrielle Bussysteme. Bosch OpCon MES, für das der Autor eine Anbindung in a-uni realisiert hat, bietet unter anderen eine TCP/IP-Schnittstelle, an die Prozeßdaten in einer anwendungsspezifisch definierten und für universelle Anforderungen ausgelegten XML-Struktur übertragen werden.

Auch hier ermöglicht der Funktionsumfang von DIAdem die Implementierung auf der Basis von Standardfunktionen. Dank der Schnittstelle UDI (Universal Device Interface), die standardmäßig neben RS-232 oder GPIB auch das Protokoll TCP/IP anbietet, reduziert sich die Implementierung des Datenaustauschs auf Erzeugung und Verarbeitung von XML-basierten Datenstrukturen, während die Handhabung der Ethernet-Schnittstelle von DIAdem selbst übernommen wird.

Welche Informationen liefert a-uni damit an das MES? Dazu gehören die Prüfergebnisse der einzelnen Prüfschritte einer Prüfung in Form von Soll- und Istwert eines Parameters, Grenzen seiner Gültigkeit und einer Bewertung, ob diese Grenzen eingehalten wurden. D.h., für jeden Parameter wird in seiner Struktur bereits die Information hinterlegt, ob die jeweilige Teilprüfung erfolgreich war. Dabei wird jeder Parameter anhand eines eindeutigen Namens identifiziert, d.h. um Doppelungen beim Auftreten gleichnamiger Größen innerhalb mehrerer Prüfschritte einer Prüfung zu vermeiden, gehört der Prüfschrittkontext zum Namen eines jeden Parameters dazu. Darüber hinaus werden zeitliche Verläufe von Signalen übergeben, um graphische Auswertungen zu ermöglichen. Schließlich wird ein Gesamtergebnis der Prüfung übertragen, ggf. ergänzt um beschreibende Informationen, welcher Fehler unter welchen Bedingungen zu einem negativen Prüfergebnis führte.

Oft liegen die Verfügbarkeitsanforderungen des Prüfstands - mehrschichtiger Betrieb ohne technologische Unterbrechungen - über denen des Netzwerks, über das die Kommunikation mit dem MES erfolgt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Daten zu puffern. Bei jeder Übertragung an das MES wird dessen Verfügbarkeit geprüft. Ist es nicht erreichbar, werden die auflaufenden Informationen in einer TDM-Datei zwischengespeichert und bei Wiederherstellung der Verbindung, zusammen mit den dann aktuellen übertragen.

Neben der permanenten Lieferung von Daten des aktuellen Prozesses bewährt sich a-uni auch als universelle Dateischnittstelle zum MES. So werden Dateien, die Lieferanten zu Komponenten des Produkts mitliefern und die Informationen über vorangegangener Fertigungs- und Prüfprozesse beinhalten, zusammen mit den Prozeßdaten an das MES übertragen. Dank der DataPlugIn-Schnittstelle von DIAdem ist eine solcher Datenimport in a-uni wesentlich einfacher zu realisieren als die alternative Implementierung direkt im MES.

Basierend auf diesen Informationen erfolgt die Datenauswertung mittels der Standardfunktionen des MES. Diese umfaßt u.a. statistische Auswertungen und die zeitliche Analyse von Signalverläufen. Ergänzende Informationen beinhalten vor allem den zeitlichen Verlauf der Prüfung jeweils mit Beginn und Ende einzelner Prüfschritte, so daß auf dieser Grundlage die Optimierung der Prüfprozesse vor allem im Hinblick auf die Zeitsynchronisation mit dem Produktionsprozeß möglich ist. Ebenso lassen sich Schwankungen in der Prüfdauer und ihre Ursachen analysieren. Darüber hinaus können Fehlerhäufungen innerhalb des Prüfprozesses identifiziert und daraus Maßnahmen zur Verbesserung des Produkts oder auch der Prüfalgorithmen abgeleitet werden. Diese Informationen sind für alle Anwender verfügbar, die über die entsprechenden Zugriffsrechte auf das MES verfügen.

Oft ist es jedoch so, daß bestimmte Informationen zeitnah am Prüfstand benötigt werden, sei es das Protokoll der gesamten Prüfung, um Ausfallursachen zu finden, seien es Einzelinformationen, wie die Dauer eines Prüfschritts, um beobachtete Abläufe unmittelbar zu beurteilen. Für diese Anwendungsfälle hat der Autor in a-uni auf Basis der DIAdem-Funktionalität in den Modulen Navigator, Analysis, Report und natürlich Script Funktionen geschaffen, die die Einzelauswertung von Prüfungen wie auch vergleichende Auswertungen hinsichtlich der Wiederholgenauigkeit bei Mehrfachprüfungen eines Geräts, aber auch über eine Anzahl von Geräten, ermöglicht. Ein Zugriff auf das MES ist dabei nicht notwendig.

Anbindung an ein MES bedeutet natürlich nicht nur die Lieferung von Daten für die Analyse. Das "E" in MES steht für Execution, die Durchsetzung definierter Abläufe. Dazu gehört vor allem die Sicherung der technologischen Abfolge im Produktionsprozeß. Dabei werden die für die Informationslieferung vom Prozeß zum MES genutzten Schnittstellen in gleicher Weise für die Rückwirkung auf den Prozeß genutzt. Damit läßt sich beispielsweise sicherstellen, daß nur Prüflinge, die alle Fertigungsschritte komplett und erfolgreich durchlaufen werden, überhaupt zur Endprüfung zugelassen werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß dem MES Informationen zu diesen Fertigungsschritten vorliegen und ein eindeutiger Bezug zum aktuellen Prüfling, z.B. in Form einer eindeutigen Seriennummer, die bei jeder Bearbeitung erfaßt wird, hergestellt werden kann. Lassen sich die Stationen einer Fertigungslinie an das MES anbinden, so können diese Informationen direkt eingespeist werden. Ist dies nicht

oder nur mit unvertretbar hohem Aufwand möglich, kann a-uni diese Aufgaben für die gesamte Fertigungslinie übernehmen - ein an den a-uni-PC per Ethernet angebundener Scanner zur Prüflingsidentifikation an jeder Station genügt.

### **Zusammenfassung**

Dank des Funktionsumfangs von DIAdem und des dreistufigen Applikationskonzepts des Autors mit der zentralen Rahmenapplikation a-uni können sämtliche Aufgaben unterhalb des MES in einer Applikation umgesetzt werden können. Dabei ist die Applikation in der Lage, sämtliche benötigten Informationen von den Prozeßschnittstellen bis in die Datenstrukturen des MES zu übertragen und gleichzeitig die Rückwirkungen des MES auf den Prozeß zu verarbeiten. Die Realisierung eines breiten Funktionsspektrums auf nur einer Programmebene beschleunigt den Datenaustausch und vereinfacht die Handhabung von Schnittstellen.