

Bild: iba AG

Bild 1: Realisierung des vierphasigen Vorgehensmodells

Warum Prozessoptimierung?

Analyse und Optimierung automatisierter Prozesse – Teil 1/5

In den meisten Produktionsanlagen sind Automatisierungslösungen unterschiedlicher Hersteller und Alters im Einsatz. Komplexe technische Prozesse vor diesem Hintergrund anlagenübergreifend und unverfälscht zu erfassen, zu analysieren und daraufhin zu optimieren ist daher eine Herausforderung. Die fünfteilige Beitragsreihe klärt über die optimale Datenerfassung als Basis für eine durchgängige Prozessanalyse auf. Die Leser erfahren, wie mit nur einem System selbst komplexe Fertigungsprozesse transparent gemacht werden können. Im ersten Artikel geht es darum verständlich zu machen, weshalb es so wichtig ist, das dynamische Prozessverhalten einer Anlage in seiner Gesamtheit und im Zusammenspiel der einzelnen Anlagenteile zu erfassen und zu verstehen, um im Hinblick auf Fehlerbeseitigung und Optimierung sicher und richtig reagieren zu können.

Die immer weiter fortschreitende Automatisierung technischer Prozesse wie z.B. in der Fertigungstechnik, bei Transportsystemen, bei Energieverteilungsanlagen oder in Prüfständen und die damit verbundene, für den menschlichen Betrachter nicht mehr direkt erfassbare, Komplexität erfordert Methoden und Hilfsmittel zur Optimierung dieser Prozesse. Eine bewährte Methode, um Komplexität beherrschbar zu machen, besteht darin, das dynamische Prozessverhalten an charakteristischen Stellen zu erfassen, geeignet aufzuzeichnen und dieses dann basierend auf den aufgezeichneten Daten zu analysieren und zu optimieren. Die Datenerfassungsgeräte müssen dafür in der Lage sein, unterschiedliche Prozesswerte und -signale wie Analog- und Digitalsignale, Bussignale, interne Steuerungsdaten, Produktkennwerte, technologische Werte, Kommunikationsdaten und Vi-

deobilder zu erfassen, gemeinsam zeit-synchronisiert aufzuzeichnen und langzeitverfügbar abzuspeichern.

Konnektivität für heterogene Systeme

Aufgrund der Heterogenität der verwendeten Automatisierungskomponenten hat es sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, das Prozessverhalten mit einem unabhängigen externen System zu erfassen und somit eine globale Sicht von außen auf den automatisierten technischen Prozess zu ermöglichen. Es wird daher ein Analysesystem benötigt, das eine breite Konnektivität zu den in den technischen Prozessen verwendeten unterschiedlichen Automatisierungsplattformen besitzt und verschiedene Erfassungsmethoden ermöglicht. Nur mit einem herstellereutralen System kann das Verhalten komplexer und schneller Prozesse sowie heterogener Automatisie-

rungssysteme, d.h. Systeme, die aus Komponenten mehrerer Hersteller bestehen, zusammenhängend analysiert und optimiert werden. Hierzu wird der Prozess an mehreren Stellen isochron überwacht, um mehrere Prozesskomponenten zueinander in Beziehung zu setzen.

Ziele der Prozessoptimierung

Die Optimierung eines technischen Prozesses und dessen Produkte kann mit ganz unterschiedlichen Zielsetzungen erfolgen. Dabei treten neben Kosten, Qualität und Sicherheitsaspekten auch Umweltgesichtspunkte in den Vordergrund (Bild 3). Der enorme Wettbewerbs-, Zeit- und Kostendruck zwingt Unternehmen, ihre Prozesse hinsichtlich all dieser Kriterien zu perfektionieren. So ist es z.B. nicht möglich, die Qualität eines Produkts isoliert zu verbessern, ohne die durch die Prozessverbesserung verursachten Kosten zu be-

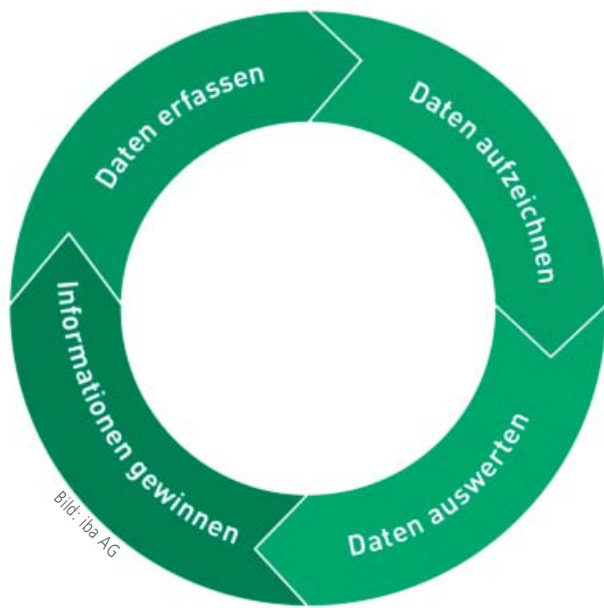


Bild 2: Die vier Phasen der Prozessanalyse

rücksichtigen. Auch ist es selbstverständlich, dass die Sicherheit eines Prozesses für die Prozessbetreiber immer im Vordergrund zu stehen hat. Eine Prozessoptimierung verspricht also nur dann erfolgreich zu sein, wenn alle Kriterien bei der Optimierung berücksichtigt werden.

Komplexität reduzieren

Eine Voraussetzung für die Prozessoptimierung ist es, die technologischen Abläufe im Detail zu verstehen. Nur wenn es gelingt, den Prozess und dessen dynamisches Verhalten mit den Wechselwirkungen zwischen den Prozesskomponenten transparent zu machen, kann dieser auch analysiert und optimiert werden. Da moderne Automatisierungssysteme und die automatisierten Prozesse immer schneller und komplexer werden, sind Hilfsmittel notwendig, um die Komplexität zu reduzieren und diese beherrschbar zu machen. So sind z.B. interne Programmabläufe von außen im Detail nicht beobachtbar, da nur die Auswirkungen nach außen hin sichtbar sind. Außerdem ist es schwierig, vom beobachteten Prozessverhalten auf den Ablauf in der Software zu schließen, da es sich bei Automatisierungssystemen im Allgemeinen um ein sogenanntes 'Verteiltes System' handelt. Es wird demnach mehr als ein Rechner verwendet. Darüber hinaus interagieren mehrere gleichlaufende Software-Programme über verschiedene Kommunikationsmechanismen auf mehreren Steuerungen –

also auf mehreren Computern, Rechnern, CPUs und Prozessoren – miteinander und haben zeitliche sowie funktionale Wechselwirkungen. Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass es in automatisierten technischen Prozessen kaum reproduzierbare Abläufe und damit keinen zeitlichen Determinismus gibt, da Task-Laufzeiten in Steuerungen vom Prozesszustand, der aktuellen Produktion, externen Umwelteinflüssen (Drucke, Temperatur, etc.) oder dem aktuellen Anlagenzustand (Verschleiß, Alterung, etc.) abhängen. Dies führt zu einer Komplexität, die für den Menschen ohne Hilfsmittel nicht mehr beherrschbar ist.

Gefahr bei undurchsichtigen Systemen

Nicht beherrschte Komplexität bei Automatisierungslösungen birgt die Gefahr potenzieller Instabilitäten in allen Phasen des Lebenszyklus einer Anlage. So haben bei der Inbetriebsetzung Instabilitäten im Prozess und nicht beherrschte Komplexität in der Regel eine erhebliche Verzögerung zur Folge, was im Extremfall auch zu einer nicht vollständig funktionierenden Anlage führen kann. Im Produktionsalltag führen Instabilitäten zu Störungen, deren Ursachen nicht sofort lokalisierbar sind und die damit unmittelbare Auswirkungen auf Produktqualität, Anlagensicherheit und -verfügbarkeit haben. Beispiele für Störungstypen sind sogenannte sporadische Fehler, deterministische Fehler im Zeitverhalten, die langsame Verschlechterung der Qualität der Produkte bzw. der Anlagen sowie Störmeldungen ohne erkennbare Ursache. Fast alle sporadischen Fehler (Brüche, Verstopfungen, plötzliche Schwankungen, Kurzschlüsse, Kommunikationsstörungen, etc.) sind in Wahrheit systematische Fehler, die aber aufgrund unvollständiger Systemdurchdringung nicht ausreichend durchschaut werden konnten. Nehmen deterministische Fehler zu oder Qualität und Maßhaltigkeit ab (Ermüdung, Abrieb, Verschmutzung, Korrosion, Alterung, etc.), so sind die Gründe hierfür ebenfalls systematischer Natur. Es handelt sich folglich um sporadische Störungen, die aufgrund der Systemkomplexität hinsichtlich ihrer Kausalität als nicht durchdringbar und damit nicht vorhersehbar oder vermeidbar erscheinen.

Störungen überwachen und vermeiden

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Betreiben automatisierter Prozesse ist die Vermeidung kritischer Prozesssituationen, die Auswirkungen auf die Anlagen-/Arbeitssicherheit oder die Umwelt haben können. Hier muss es nicht nur möglich sein, Störungen frühzeitig zu detektieren und zu melden, sondern Störungen durch eine kontinuierliche Überwachung des Anlagenzustands ganz zu vermeiden und die Ursachen, die zu einer Störung hinführen können, bei deren Auftreten sofort aufzuzeigen (root cause analysis). Störungen, die im Allgemeinen sukzessiv und schleichend eintreten, sind schwer zu erkennen. Dies kann dazu führen, dass diese Störungen mitunter erst beim Abnehmer des Produkts (Endkunden) aufgedeckt werden, was schwerwiegende wirtschaftliche Auswirkungen haben kann. Solche Auswirkungen sind finanziell nicht zu kalkulieren, können sie doch langfristig betrachtet schwerwiegende Auswirkungen auf Geschäftsbeziehungen haben. Auch wenn der Prozesszustand in automatisierten Prozessen mit Hilfe von Sensorik und Messtechnik immer besser erfasst wird und die Messwerte den Prozesszustand gut abbilden, so können aufgrund des dynamischen Zeitverhaltens und der Schnelligkeit der Prozesse Ursache und Wirkung trotzdem nicht einfach bestimmt werden. Abläufe in Steuerungen oder gar in Steuerungsverbindungen sind nicht transparent – bildlich gesprochen: es gibt keinen Tastsinn für Software. Daher müssen Verfahren gefunden werden, die das dynamische Prozessverhalten nach außen hin transparent und analysierbar machen. Dies ist die Grundlage für die Systemoptimierung, d.h. für die Prozess- und Produktoptimierung unter Kosten-, Qualitäts-, Sicherheits- und Umweltgesichtspunkten.

Prozessanalyse in vier Schritten

Voraussetzung für die Prozess- und Produktoptimierung ist zunächst die Analyse des Prozesses. Idealerweise bietet sich ein vierphasiges Vorgehensmodell an: Datenerfassung, Datenaufzeichnung, Datenauswertung und Informationsgewinnung (Bild 2). Bei der Datenerfassung geht es zunächst um die Erfassung des dynamischen Prozessver-

Zielsetzung	Kosten	Qualität	Sicherheit	Umwelt
Durchsatz- und Produktivitätssteigerung	X	X		
Zuverlässigkeit steigern	X	X	X	X
Verfügbarkeit erhöhen	X			
Störungen effizient beseitigen und Stillstandszeiten minimieren	X	X		
Produktqualität verbessern		X		
Ausschuss verringern	X	X		X
Produktumstellzeiten (Rüstzeiten) verkürzen und Produktumstellungen optimieren	X	X		
Energie einsparen	X			X
Nachhaltigkeit verbessern (z.B. Reduktion von Abwasser und CO ₂)	X			X
Wartbarkeit verbessern, Wartungszeiten reduzieren	X		X	
Kritische Zustände vorhersagen/vermeiden		X	X	
Rohstoffe einsparen	X			X

Bild: iba AG

Bild 3: Zielsetzungen der Prozessoptimierung

haltens durch geeignete Messverfahren und Sensorik an ganz unterschiedlichen Stellen im Prozess. Unter Datenaufzeichnung ist die Aufzeichnung der erfassten Messdaten und deren Speicherung zu verstehen. Im nächsten Schritt werden die Daten aufbereitet, analysiert und durch multimediale und interaktive Analyseinstrumente ausgewertet. Aus diesen drei Phasen resultiert die letzte, die der Informationsgewinnung. Aus den Messdaten und Analyseergebnissen werden Informationen gewonnen und Wissen abgeleitet, um die Qualitätsdaten und Management-Kennzahlen zu berechnen, sog. Key Performance Indicators (KPIs). Auch wenn diese vier Phasen aufeinander aufbauen, so darf hier nicht der Eindruck entstehen, dass die einzelnen Phasen streng sequentiell nacheinander ablaufen. Vielmehr müssen Datenerfassung (Phase 1) und -aufzeichnung (Phase 2) kontinuierlich erfolgen, da Messdaten für die Berechnung von Qualitätsdaten vollständig und lückenlos erfasst werden müssen. Zudem ist im Voraus nicht vollständig erkennbar und vorhersagbar, welche Messdaten für eine Prozessanalyse benötigt werden. Während also in Phase 3 und Phase 4 die Auswertung und Analyse der Daten erfolgt, werden parallel dazu weitere erfasst und aufgezeichnet. Die Optimierung eines Anlagensystems erfordert eine hundertprozentige Datenverfügbarkeit. Nur wenn Messdaten kontinuierlich und von jedem Zeitpunkt vorliegen, ist im Störfall eine umfassende Analyse möglich, und nur dann

können aus den Messdaten kontinuierlich und automatisch Qualitätsdaten und KPIs erzeugt werden.

Auswertung ist iterativer Vorgang

Art und Detail der in der Datenauswertung und Informationsgewinnung durchgeführten Auswertungen sind sicherlich vom Anlagenzustand abhängig. So wird die interaktive Analyse des Prozesses oft nur im Störfall oder bei Betrachtung bestimmter Optimierungsaufgaben durchgeführt. Werden jedoch die Messdaten auch dazu verwendet, automatisch Qualitätsdaten zu erzeugen, die zum Nachweis der Produktqualität sowohl für interne Langzeitauswertungen als auch gegenüber dem Endkunden verwendet werden, so ist offensichtlich, dass die Datenerfassung und -aufzeichnung kontinuierlich zu erfolgen hat und nicht unterbrochen werden darf. Insgesamt ist das Vorgehensmodell als Ganzes ein iterativer Vorgang, da Ergebnisse der Datenauswertung und Informationsgewinnung in der Regel Auswirkungen auf die weitere Datenerfassung haben. Im Allgemeinen ist erst nach einer Auswertung offensichtlich, wie die Abläufe im Prozess tatsächlich sind und welche Signale und Messwerte für weitere Analysen noch fehlen. Erst wenn bekannt ist, wo die Schwachstellen und Fehlermöglichkeiten sind, kann auch gezielt nach diesen gesucht werden. So ist eine Erweiterung der Messpunkte und Nachinstrumentierung für die Prozessoptimie-

rung eine normale Vorgehensweise. Das Zusammenspiel der vier Phasen, sowie deren flexible Ausführung in einer werkzeuggestützten Umgebung ermöglicht es, das dynamische Zeitverhalten eines Prozesses transparent und damit analysierbar zu machen. Basierend auf den aufgenommenen und aufbereiteten Daten (Bild 1) können dann Störungen und deren Ursachen erkannt sowie die nötigen Schritte zur Optimierung des Systems unter Kosten-, Qualitäts-, Sicherheits- und Umweltgesichtspunkten unmittelbar abgeleitet werden. Das vierstufige Vorgehensmodell gibt einerseits einen klaren Weg für die Prozessanalyse als Basis für die Prozessoptimierung vor. Jedoch ist damit auch klar, dass es nur mit einem übergreifenden Datenerfassungs- und Analyse-System möglich ist, die Komplexität einer kompletten Anlage zu beherrschen, um das dynamische Prozessverhalten transparenter zu machen. Im zweiten Teil der Serie erfahren Sie, wie unterschiedliche Prozesswerte und -signale zeitsynchron aufgezeichnet und wie mit Hilfe von Datenerfassung Zusammenhänge in automatisierten Prozessen offengelegt werden. ■

www.iba-ag.com



Autor: Dr.-Ing. Andreas Quick, Leiter Produktmanagement, iba AG

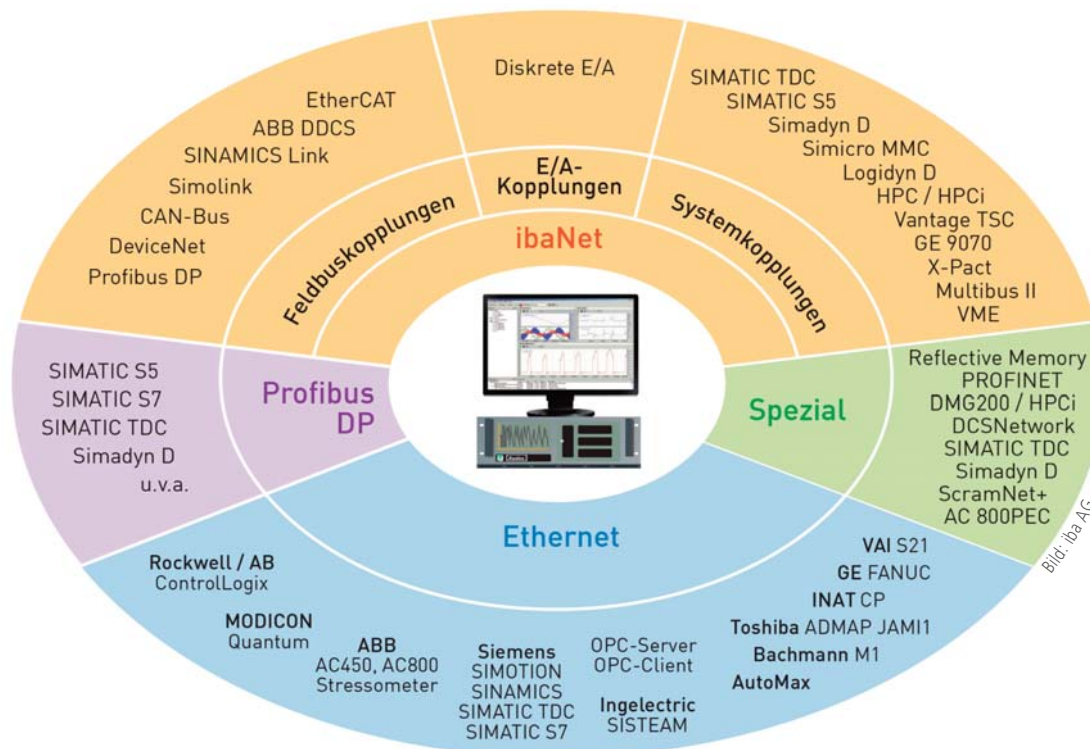


Bild 1: Beispiele für die Konnektivität des iba-Systems zu den Automatisierungssystemen verschiedener Hersteller.

Produktionsweite Konnektivität

Analyse und Optimierung automatisierter Prozesse – Teil 2/5

Unsere Beitragsreihe beschreibt, wie komplexe Prozesse in heterogenen Automatisierungslösungen mit Anlagenkomponenten unterschiedlicher Hersteller und Gerätegenerationen erfasst, analysiert und optimiert werden können. Der zweite Teil erläutert, welche Anforderungen gängige Prozessumgebungen an eine übergreifende Datenerfassung und -aufzeichnung stellen und wie diesen entsprochen werden kann. Der Fokus liegt dabei auf dem Umgang mit der Vielzahl an unterschiedlichen Schnittstellen, die jede schrittweise ausgebaute bzw. modernisierte Automatisierungslösung mit sich bringt.

Eine typisches Einsatzgebiet für Automatisierungstechnik sind komplexe, schnelle und aus mehreren Aggregaten und Modulen bestehende Fertigungsprozesse. Ein Beispiel hierfür ist der Walzprozess zur Erzeugung von Blechen in der metallerzeugenden Industrie. Diese Prozessumgebung birgt bezüglich der Datenerfassung und Datenaufzeichnung Herausforderungen, die auf viele andere automatisierte technische Prozesse – wie z.B. die Fertigung von Teilen für die Automotive-Industrie, die Herstellung von Verpackungsmaterialien in der Verpackungsindustrie oder Fertigungsprozesse in Papieranlagen – übertragbar sind. Die Eigenschaften dieser typischen Prozessumgebung und die damit verbundenen Anforderungen an die Datenerfassung und Datenaufzeichnung resultieren aus heterogenen Automatisierungskomponenten, die einen Anschluss des Messsystems an die

Steuerungen unterschiedlicher Hersteller erfordern. Unterschiedliche Gerätegenerationen ziehen wiederum eine Verbindung unterschiedlicher Betriebssysteme und Firmware nach sich. Erst wenn die Anforderungen, die ein komplexer Automatisierungsprozess an die Datenerfassung und Datenaufzeichnung stellt, klar sind, wird verständlich, warum beim Design eines Messwerterfassungssystems ein besonderes Augenmerk auf Konnektivität, isochrone Aufzeichnung, schnelle Datenerfassung, Modularität und Skalierbarkeit sowie andere wichtige Merkmale gelegt werden muss.

Heterogene Automatisierungskomponenten

Moderne Fertigungsprozesse sind im Allgemeinen mit Steuerungen unterschiedlicher Hersteller ausgerüstet. Auch wenn bei der Erstellung einer neuen Anlage

bereits bei der Ausschreibung darauf geachtet wird, nur einen Steuerungshersteller zuzulassen, ist dies nur selten möglich und durchzusetzen, da die Hersteller verschiedener Anlagenkomponenten, Sensoren oder Messanlagen im Allgemeinen verschiedene Steuerungssysteme einsetzen. Diese können nicht ausgetauscht werden, da steuerungsspezifische Eigenschaften wie Echtzeitbetriebssystem, Programmierumgebung, I/O-Module etc. genutzt werden. Bei schrittweise modernisierten Fertigungsprozessen ist diese Heterogenität nicht vermeidbar und gängige Praxis. Hier kommt noch eine weitere Erschwernis bei der Datenerfassung hinzu, nämlich die gleichzeitige Verwendung unterschiedlicher Gerätegenerationen. Die Datenerfassung muss also hersteller- und generationsübergreifend möglich sein und darf nicht auf einen Steuerungshersteller begrenzt sein.

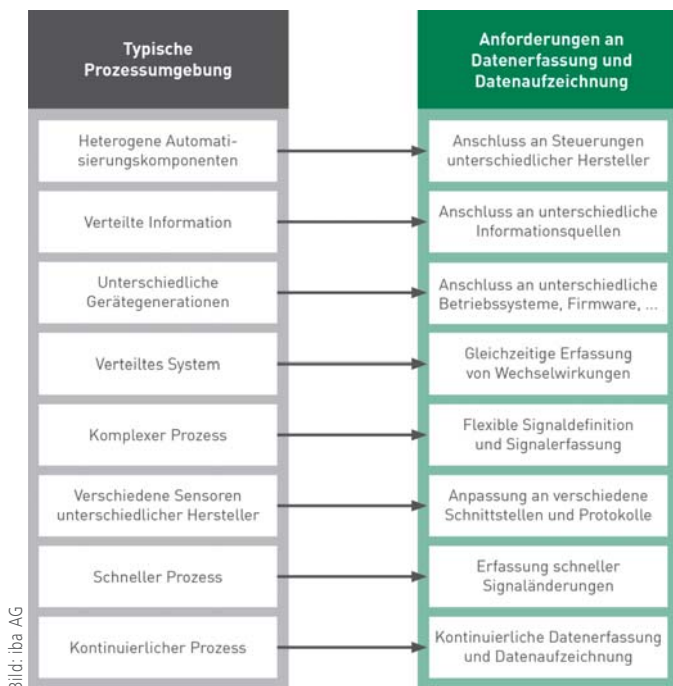


Bild 2: Anforderungen an Datenerfassung und Datenaufzeichnung

Diverse Gerätegenerationen

In Anlagen, die über Generationen hinweg modernisiert und erweitert worden sind, entstehen üblicherweise Automatisierungslösungen mit unterschiedlicher Technologie und Gerätegenerationen. Aus Budget-Gründen ist es im Allgemeinen nicht möglich, die komplette Elektronik und Sensorik eines automatisierten Fertigungsprozesses gleichzeitig zu modernisieren. Es entstehen Insellösungen verschiedener Gerätegenerationen, die miteinander interagieren und kommunizieren. Dadurch entstehen neue Anforderungen an die Datenerfassung, nämlich die internen Daten von Steuerungen und Bussystemen mit verschiedenen Betriebssystemversionen und Firmware-Ständen zu erfassen. Da in Großanlagen bei Modernisierungen meist schrittweise vorgegangen wird und nur Teilsysteme modernisiert werden, kommt es in der Praxis zum generationsübergreifenden Einsatz von Steuerungen. Da die verschiedenen Gerätegenerationen bzgl. Datenerfassung in der Regel nicht kompatibel sind, muss dies bei der Konnektivität berücksichtigt werden.

Erfassungsmethoden und Abtastfrequenzen

Moderne Automatisierungstechnik basiert auf digitalen Verarbeitungsgeräten, Kommunikation zu Feldgeräten über digitale Bussysteme sowie Kommunikationstelegrammen von Leitrechnern. Daher liegen die meisten interessierenden Signale bereits in digitaler Form vor, jedoch befinden sich diese in ganz unterschiedlichen Quellen und müssen unterschiedlich erfasst werden. Für signifikante Signale, bei denen Verfälschungen durch die Verarbeitung in der Automatisierung ausgeschlossen werden sollen, sind darüber hinaus hochwertige analoge Einkopplungen notwendig. Dies betrifft vor allem Vibrations- und Schwingungssignale sowie elektrische Größen, bei denen Qualitätskennwerte im Zeit- und Frequenzbereich beobachtet werden. Die Erfassung der Daten erfolgt hier nach dem Abtastprinzip. Dabei wird das zu messende analoge Signal zeitdiskret abgetastet und der Wert zum Zeit-

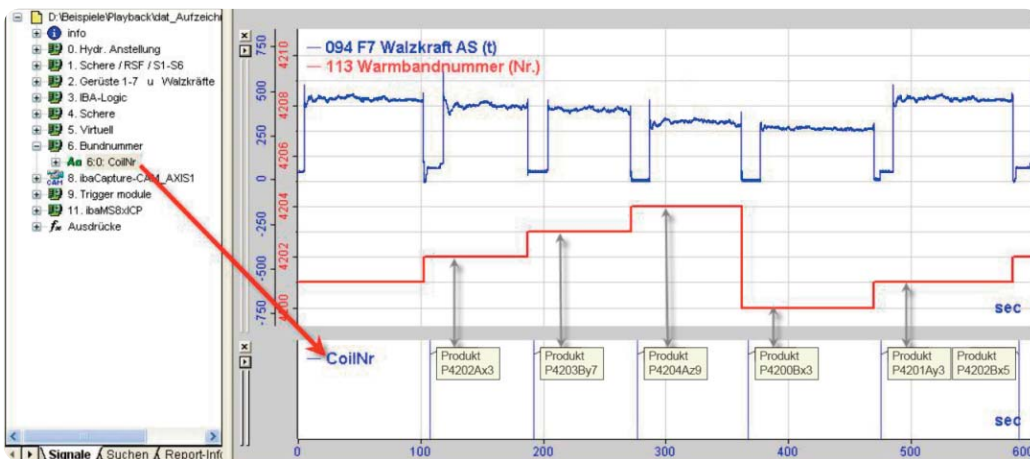


Bild 3: Zuordnung von Messdaten zum Produkt mit Hilfe eines Technostrings

punkt der Abtastung quantisiert, also in ein digitales Signal umgewandelt. Die beiden wesentlichen Größen bei der Digitalisierung von Signalen sind die Abtastfrequenz und die digitale Auflösung: Nach dem Nyquist-Theorem muss die Abtastfrequenz mindestens doppelt so hoch sein wie die maximal im analogen Signal vorkommende Frequenz, um das analoge Signal eindeutig zu beschreiben und rekonstruieren zu können. In der Praxis wählt man meistens mindestens die 2,5- bis 2,7-fache Frequenz. Wird das Nyquist-Theorem verletzt, so treten im abgetasteten Signal Artefakte auf. Es handelt sich hierbei um das Phänomen, das als Aliasing bekannt ist. In der industriellen Automatisierung haben sich Abtastfrequenzen von 1kHz als sinnvoll erwiesen, um auch schnelle Regelvorgänge messen zu können. Für Vibrationsanalysen an Maschinen werden entsprechend den auftretenden Maschinenschwingungen meist 10kHz bis 20kHz benötigt; für Schallmessungen sogar bis 100kHz. Auch bei Transientenrecordern in der elektrischen Energiemesstechnik werden hohe Abtastfrequenzen bis einige 10kHz benötigt. Sollen also die Abläufe in modernen automatisierten Fertigungsprozessen erfasst werden, so müssen verschiedene Erfassungsmethoden zur Verfügung gestellt werden, damit die benötigten Informationen an ganz unterschiedlichen Stellen sowohl innerhalb des Automatisierungssystems als auch im Prozess von z.B. Sensoren, Messgeräten, Steuerungen und Bussystemen erfasst werden können.

Erfassungsmethoden

Das iba-System bietet verschiedene Erfassungsmethoden und Zugriffsmecha-

nismen. Dazu gehören Hardware-Baugruppen, standardisierte Schnittstellen sowie proprietäre Fremdschnittstellen, mit denen die Konnektivität zum Prozess und zu Automatisierungssystemen realisierbar ist. Möglich ist u.a. die Einkopplung analoger und digitaler Signale in verschiedenen Geschwindigkeitsklassen sowie die Erfassung interner Werte direkt aus der Steuerung. Das System ist außerdem in der Lage, Daten von Feldbussen wie z.B. Profibus, Ethercat oder von Antriebsbussen mitzuhören und aufzuzeichnen (Bus-Sniffer). Die Daten können über Speicherkopplung (Reflective Memory) oder über OPC-Schnittstellen erfasst werden. Für langsamere Prozesssignale erlaubt das System die Erfassung der Daten über nicht-deterministische, Ethernet-basierte Busse (z.B. TCP/IP oder UDP). Um Daten direkt ohne Programmieraufwand aus Steuerungen flexibel zu erfassen, wurde die sogenannte Request-Lösung entwickelt. Hierzu werden Agentenbausteine in der Steuerung installiert, die die Daten zum ibaPDA, dem Messwerterfassungssystem, schicken. Dabei kann das Adressbuch (Variablenliste) der Steuerung in das System importiert werden, sodass die aufzuzeichnenden Variablen direkt anhand ihrer symbolischen Namen ausgewählt werden. Die Änderung der zu erfassenden Messwerte, ohne dass in die Steuerung eingegriffen werden muss bzw. dass eine Unterbrechung der Produktion notwendig ist, ist mithilfe der Request-Technik möglich. Die Technik ermöglicht zudem die Verwendung der symbolischen Bezeichner bei der Datenaufzeichnung, die auch in der Steuerung verwendet werden. Durch Export des Adressbuchs können die zu erfassenden Variablen einfach per Drag-and-drop in

die Konfiguration des Messwerterfassungssystems gezogen werden.

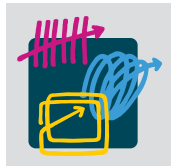
Informationen mit Technostrings aufzeichnen

Mithilfe von 'Technostrings' können weitere Informationen in Form einer ASCII-Zeichenkette übermittelt werden. Unter einem Technostring versteht man eine variable Zeichenkette (string), die in der Regel nur ereignisbasiert zum Messwerterfassungssystem übertragen wird (z.B. am Anfang eines Produkts bei der produktorientierten Aufzeichnung) und weitere Informationen zu den zyklisch aufgezeichneten Messwerten enthält. In dieser Zeichenkette können Technologiewerte übertragen werden, die das Produkt charakterisieren und nicht zyklisch aufgezeichnet werden müssen, wie z.B. Produktnummer, Chargenbestandteile, Kundenbezeichnungen, Sollwerte, Toleranzwerte etc. Die im Technostring enthaltenen Werte oder Texte können im System Variablen zugewiesen werden, um so eine eindeutige Zuordnung zu ermöglichen. Es können mehrere Technostring-Quellen definiert und eine unbegrenzte Anzahl an Strings konfiguriert werden. Je Technostring sind beliebig viele Informationseinheiten definierbar. Die Daten dieser Informationseinheiten können als Zusatzinformationen in der Messdatei gespeichert oder evtl. für den Messdateinamen verwendet werden. Aufgrund des flexiblen, modularen und offenen Konzepts kann die Palette an Hardware-Baugruppen und Software-Schnittstellen jederzeit erweitert und ergänzt werden, sodass es möglich ist auf Technologie-Änderungen und Marktanforderungen sofort zu reagieren. Die drei beschriebenen Arten der Konnektivität – ungleiche Hersteller, unterschiedliche Gerätegenerationen und verschiedene Erfassungsmethoden – ergänzen sich und sind in dieser Vielfalt notwendig und essentiell für die Prozessanalyse. Teil 3 beschäftigt sich mit dem Thema 'Datenaufzeichnung mithilfe von Videosignalen'.

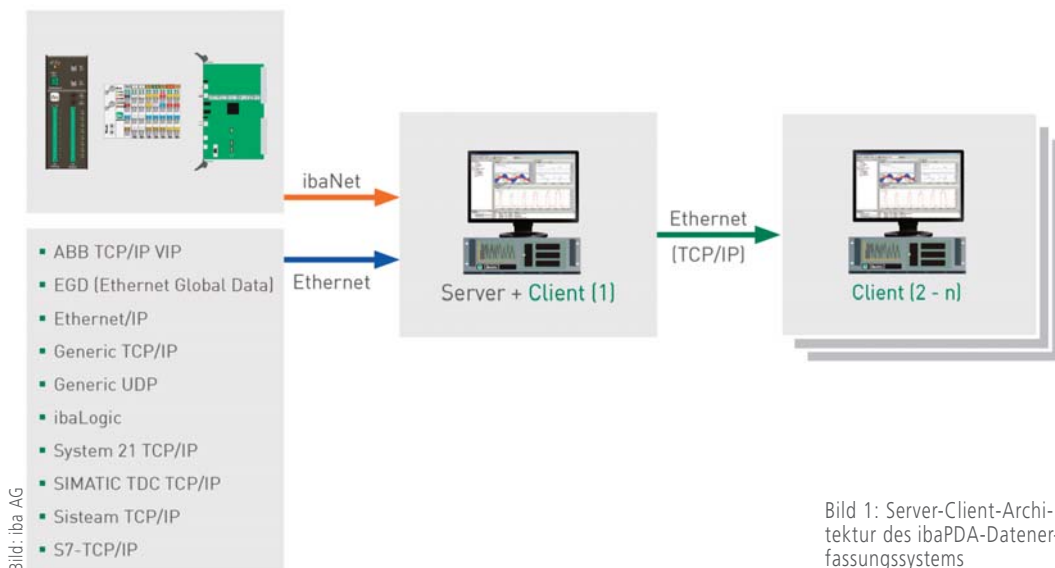
www.iba-ag.com



Autor: Dr.-Ing. Andreas Quick, Leiter Produktmanagement iba AG



Halle 6
Stand 920



Zeitsynchrone Anlagendaten

Analyse und Optimierung automatisierter Prozesse – Teil 3/5

Das dynamische Verhalten großer Anlagen zu verstehen ist ebenso komplex wie die Anforderung, abnormale Prozesszustände zu analysieren. Manche Anlagenzustände können nicht oder nur schwer mithilfe digitaler und analoger Anlagen- und Prozesssignale interpretiert werden. Der dritte Beitrag unserer Serie zeigt, dass komplexe Fertigungsprozesse u.a. mit einer zeitsynchronen Aufzeichnung der Anlagendaten zusammen mit Videosignalen transparent gemacht werden können.

Die Automatisierung großer Anlagen erfordert den Einsatz mehrerer unabhängiger Steuerungen, die in einem Verbund arbeiten und miteinander interagieren. Dabei können die Steuerungen unterschiedliche Hardware-Ausprägungen und verschiedene Betriebssysteme haben sowie unterschiedlichen Gerätegenerationen entstammen. Außerdem kann die Kommunikation zwischen den Steuerungen mit ganz verschiedenen Kommunikationsmechanismen realisiert sein. Ein solches System wird in der Informatik als 'Verteiltes System' bezeichnet. Verteilte Systeme sind im Allgemeinen höchst komplexe Gebilde, deren Entwicklung, Wartung und Optimierung große Herausforderungen offenbaren. Um das dynamische Prozessverhalten eines solchen Systems erfassen zu können, müssen Daten und Signale an mehreren, räumlich verteilten Orten erfasst werden. Damit die Datenerfassung das System nicht stört oder gar verändert, müssen die Daten rückwirkungsfrei erfasst werden. Wegen der sog. Nebenläufigkeit und parallelen Verarbeitung der Programme in den Steuerungen darf das Zeitverhalten durch die Datenerfassung nicht verändert werden, da bereits das geänderte Zeitverhalten nur eines Kommunikationspartners zu

einem veränderten Kommunikationsverhalten und damit zu einem veränderten Prozessverhalten – also zu einem anderen Verhalten als ohne die Datenerfassung – führen kann. Mit dem Datenaufzeichnungssystem ibaPDA werden die Daten isochron, d.h. in einem synchronen Zeitraster aufgezeichnet. Damit werden alle Signale, die in einem Zeitintervall aufgezeichnet werden, kausal vergleichbar. Um Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen Anlagenkomponenten und Sensoren in einem räumlich verteilten System zu erkennen oder um Signale, die an verschiedenen Orten zu einem Zeitpunkt aufgenommen wurden, miteinander vergleichen zu können, müssen die aufgezeichneten Daten zeitlich zueinander in Beziehung gesetzt werden. Die rückwirkungsfreie Aufzeichnung ist mit iba-Bus-Sniffen möglich, die es ermöglichen, Daten z.B. vom Profibus, Ethercat, CAN oder einem Antriebsbus (z.B. DDCS von ABB) abzuhören. Weitere rückwirkungsfreie Aufzeichnungen sind die Erfassung von digitalen und analogen Signalen direkt an der Klemme. Auch hierdurch wird der Programmablauf in der Steuerung nicht beeinflusst, und die Datenerfassung verändert nicht den Ablauf des zu beobachtenden Prozesses.

Prozesse gleichzeitig erfassen

Um Komplexität einer heterogenen Anlage zu verstehen, müssen Prozesszustände zeitlich konsistent erfasst werden. Auf diese Weise können Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten eines Prozesses erkannt werden. Nur so können Ursache und Wirkung bestimmt und damit die Grundlage für die Prozessanalyse und weitere Optimierungen gelegt werden. Eine große Schwierigkeit besteht darin, die richtigen Signale und Daten zu definieren. Auch wenn der Prozess bekannt ist und es aufgrund der physikalisch-technischen Funktion offensichtlich ist, welche Signale erfasst und aufgezeichnet werden müssen, so wird aufgrund der Komplexität des Prozesses mitunter erst bei der Datenauswertung offenbar, welche Prozessinformationen zur Beantwortung bestimmter Fragestellungen noch erforderlich sind. Dadurch wird eine Definition der aufzuzeichnenden Signale und die Hinzunahme der Signale in die Datenaufzeichnung zu einem mehrfach iterativen Vorgang, der eine flexible Signalkonfiguration erfordert. Hierzu steht in der Software des Datenerfassungssystems ein I/O-Manager zur Verfügung, der es erlaubt, alle Signal-

Bild: iba AG

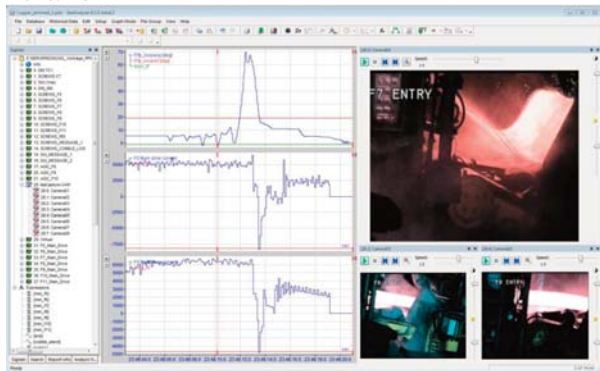


Bild 2: Synchronisierte Erfassung von Messsignalen und Videobildern

und Hardwaremodul-relevanten Einstellungen vorzunehmen. In der Praxis zeigt es sich, dass in komplexen technischen Prozessen oftmals mehrere Tausend Signale erfasst werden. Das System erkennt automatisch die angeschlossenen Geräte und fügt sie in die Konfiguration ein (auto-detect). Eine im I/O-Manager integrierte Diagnosefunktion liefert Informationen über Status und Werte der angeschlossenen Datenquellen. Der Anwender kann somit die Funktion des Systems bereits bei der Konfiguration prüfen und ggf. Fehlerquellen lokalisieren. Beliebige Signale unterschiedlichen physikalischen Ursprungs, die jedoch technologisch oder thematisch zusammengehören, können für eine bessere Übersicht zu Signalgruppen kombiniert werden. Die Signale können dann im Signalbaum entsprechend gruppiert angezeigt werden. Die Signalgruppenzuordnung wird in der Messdatei gespeichert und steht somit auch bei der Auswertung zur Verfügung. Die Anzahl der Gruppen ist nicht begrenzt. Eine breite Palette von Datenschnittstellen, wie ibaFOB (Anschaltung für lichtwellenleiterbasierte iba-Erfassungsbaugruppen), Profibus, verschiedene Ethernet-Protokolle, OPC und Reflective Memory steht für die Erfassung der zu messenden Signale zur Verfügung. Jeder dieser Datenschnittstellen kann eine beliebige Anzahl von Modulen oder Geräten zugeordnet werden, die jeweils eine individuelle Anzahl von Signalen enthalten können. Zudem können Daten mittels OPC erfasst werden. Mittels Browser-Funktion können OPC-Tags ausgewählt und gemessen werden. Weiterhin können mithilfe mathematischer Funktionen und logischer Verknüpfungen in einem Formeleditor 'Virtuelle Signale' gebildet, und wie andere Messsignale aufgezeichnet und zur Konfiguration komplexer Triggerbedingungen verwendet werden. Sollen Daten von Sensoren und Messgeräten mit herstellereigenen Protokollen erfasst und aufgezeichnet werden, müssen neben den Klemmsignalen (analog/digital) und den bereits digitalisierten Signalen in der Steuerung und den Bussystemen auch die Werte von Sensoren und Messgeräten mit erfasst und aufgezeichnet werden. Hier besteht die Herausforderung darin, dass die Sensoren und Messgeräte zwar Standard-Schnittstellen haben, die Messdaten aber in der Regel über proprietäre Protokolle übertragen werden und/ oder interaktive Polling-Mechanismen zur Messdatenanforderung erfordern.

Schnelle und kontinuierliche Prozesse

Um Rückschlüsse auf das Prozessverhalten ziehen zu können, muss die Aufzeichnung mit einer geeigneten Abtastrate erfolgen. Die Datenerfassung muss so schnell sein wie die Abläufe in dem Prozess, der analysiert werden soll. Dabei ist es bei langsamen Prozessen wie z.B. bei der Temperaturaufzeichnung in der Prozessindustrie ausreichend, diese nur jede bzw. alle 10s zu erfassen. Werden in einem Prozess aber schnelle Schaltvorgänge im msec-Bereich ausgeführt, so müssen die Signale auch mit einer Abtastrate im msec-Bereich aufgezeichnet werden. Im Bereich der Schwingungsanalyse sind sogar Abtastraten im 100kHz-Bereich notwendig. Generell gilt nach dem Abtasttheorem, dass die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie die maximal zu erfassende Frequenz sein muss. Mit dem ibaPDA können Signale in einem Zeitraster von 1ms erfasst und aufgezeichnet werden. Für die normale Messdatenerfassung stehen Zeitbasen von 1 bis 1.000ms zur Auswahl. Für höhere Signaländerungsgeschwindigkeiten können auch kürzere Erfassungszeiten bis zu 10µs realisiert werden. Für jedes Modul kann ein individueller Erfassungstakt definiert werden. Soll die Datenauswertung nicht nur zeitbezogen, sondern auch produktionsbezogen erfolgen, so kann dies durch eine getriggerte Aufzeichnung erleichtert werden, bei der Produktdaten bereits produktbezogen abgespeichert werden. Dazu muss es die Datenaufzeichnung ermöglichen, mehrere Aufzeichnungen parallel zu speichern. Dies kann genutzt werden, um verschiedene Sichten auf die Messwerte und damit auf den Prozess zu erhalten. Beispielsweise können Anlagendaten parallel kontinuierlich als Flugschreiberfunktion aufgezeichnet und gleichzeitig mittels getriggelter Aufzeichnung produktbezogen abgespeichert werden.

Leistungsfähige und performante Aufzeichnung

Bei automatisierten Fertigungsprozessen handelt es sich im Allgemeinen um kontinuierliche Prozesse, die nicht angehalten werden können. Wird der Prozess zu Wartungszwecken (z.B. einmal pro Jahr) gestoppt, so ist dies üblicherweise mit einem sehr zeit- und energieaufwändigen Wiederanlauf verbunden, der zudem häufig noch einen Anfahrprozess mit qualitativ minderwertiger Produktion mit sich bringt. Um Prozesse dieser Art zu überwachen, muss die Datenerfassung auch kontinuierlich erfolgen. Bei der anfallenden Datenmenge ist ein hoch performanter Speicheralgorithmus mit einer verlustfreien Komprimierung der Daten von größter Wichtigkeit. Es müssen also Mechanismen gefunden werden, große Datenmengen zuverlässig zu erfassen, zu speichern und parallel dazu auf einen Dateiserver zur Langzeitarchivierung abzulegen. ibaPDA ist als Client-Server-Architektur realisiert. Dabei sind die Konfiguration, Datenerfassung, Datenaufzeichnung und Online-Anzeige auf verschiedene Komponenten aufgeteilt. Der

Server bildet die Schnittstelle zum Prozess, erfasst und speichert die Messdaten, während der Client-Dienst die Messdaten visualisiert und den Server konfigurieren kann. Die Client-Software kann lokal, auf demselben Rechner wie der Server laufen, aber auch auf einem anderen Rechner im Netzwerk. Es können mehrere Clients auf einen Server zugreifen. Somit können die Messdaten eines Servers gleichzeitig auf verschiedenen Client-Rechnern angezeigt werden, auch mit völlig unterschiedlichen Darstellungen der Messwerte. Umgekehrt kann ein Server von jedem Client aus konfiguriert werden, der eine Netzwerkverbindung zum Server hat. Somit lassen sich auch mehrere Server nacheinander von einem zentralen Arbeitsplatz aus konfigurieren.

Synchronisierte Erfassung von Video-/Prozesssignalen

Beim Betrieb einer komplexen Anlage treten immer wieder Situationen auf, die mithilfe der digitalen und analogen Anlagen- und Prozesssignale nicht oder nur schwer zu interpretieren sind. Dies ist nicht nur bei der Störungssuche der Fall, sondern auch beim Auftreten von technologischen Problemen oder Qualitätsbeanstandungen des Endkunden. Hierfür hat sich die zeitsynchrone Aufzeichnung der Anlagendaten zusammen mit Videosignalen als effizientes Hilfsmittel erwiesen. Mit dem Komplettsystem iba-Capture-CAM können Livebilder von Videokameras synchron zu den Messwerten erfasst und aufgezeichnet werden. Die exakte gleichzeitige Erfassung von Messdaten und visueller Information bie-

tet eine völlig neue Qualität der Prozessanalyse, da die sichtbaren Prozessereignisse zusammen mit den dazu passenden Messdaten an einem Bildschirm messsignalgenau betrachtet werden können. Prozesssituationen, die mit heutiger Sensorik nicht zu erfassen sind, werden mit dem Kamerasystem zeitsynchron zu den Messsignalen aufgezeichnet. Mit einem Marker kann der Zeitpunkt direkt im Signalschrieb ausgewählt werden, ab dem Messsignale und Videosignal betrachtet werden soll. So können Kausalitäten analysiert und eine genaue Ursachenanalyse durchgeführt werden. Die Videoaufzeichnung kann sowohl kontinuierlich als auch ereignisgesteuert erfolgen. Somit lassen sich bestimmte Vorgänge im Prozess exakt von Anfang bis Ende mitschneiden, unabhängig davon, ob es sich um bekannte Abläufe oder unerwartete Ereignisse handelt. Selbst sporadisch auftretende Störungen können so punktgenau mit Trigger-Vorlauf und Trigger-Nachlauf festgehalten werden. Bei der kontinuierlichen Aufzeichnung wird der Festplattenspeicher zyklisch nach Art eines Ringpuffers überschrieben. Für bestimmte Vorgänge oder Sequenzen können sogenannte Videotrigger konfiguriert werden, die eine Aufzeichnung starten und stoppen. Gleichzeitig werden die Speicherbereiche mit getriggerten Videoaufzeichnungen auf der Festplatte geschützt, sodass sie von der kontinuierlichen Aufzeichnung nicht überschrieben werden. Wichtige Vorgänge in einem Prozess sind somit für längere Zeit konserviert und stehen für spätere Analysen zur Verfügung. Die Steuerung sowohl der kontinuierlichen als auch der getrig-

gerten Aufzeichnung sowie die Visualisierung der Live-Bilder übernimmt das Datenaufzeichnungssystem, das mit dem Videosever in ständiger Verbindung über das Netzwerk steht. Die Betrachtung und Auswertung von Messdaten und aufgezeichneten Videosequenzen erfolgt in einem Auswerteprogramm mithilfe der Messdatei. Die Videoaufzeichnung jedes Kameramoduls kann in einem Andockfenster neben der üblichen signalorientierten Darstellung der Messsignale angezeigt werden. Die Markerposition in den Messkurven und das Videobild werden zeitrichtig synchronisiert: Aufgaben wie Störungs- und Prozessanalyse, Inbetriebnahme, Schulung und Dokumentation von Betriebsabläufen lassen sich damit unterstützen. Eine lückenlose Prozessanalyse – mithilfe von zusätzlichen Daten wie Videodaten oder auch ganz puristisch auf Basis der Maschinen- und Anlagendaten – hilft dabei, Prozesse in der Automatisierung effizienter zu gestalten. Störfaktoren, aber auch Möglichkeiten zu Einsparungen oder Effizienzsteigerungen können sich dem Anlagenbetreiber auf diese Weise eröffnen. ■

Teil 4: Anforderungen an die Datenanalyse, Datenaggregation sowie die Berechnung von Kennwerten

www.iba-ag.com



Autor: Dr.-Ing. Andreas Quick, Leiter Produktmanagement, iba AG

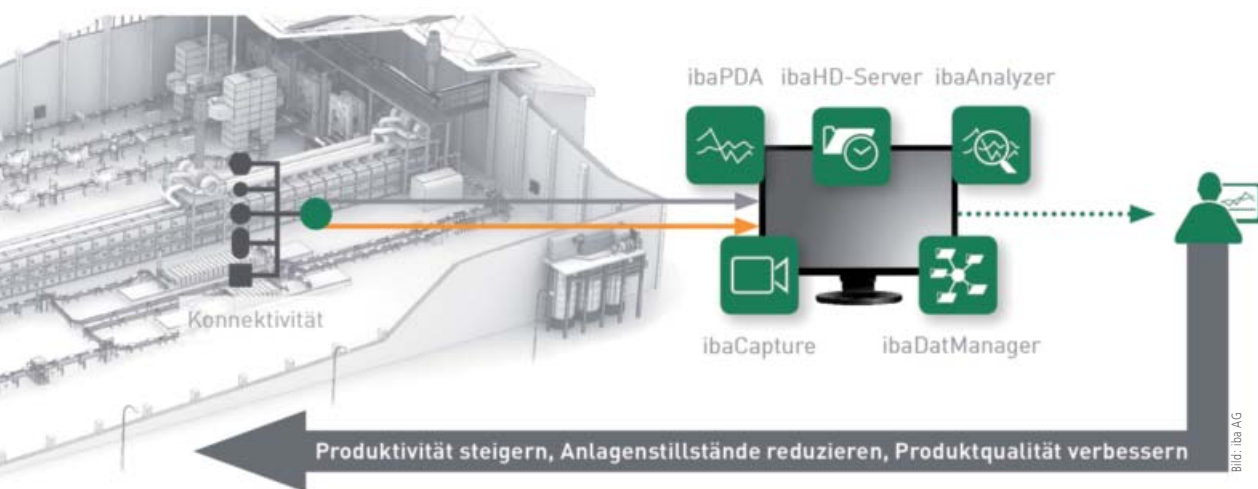


Bild 1: Das Zusammenspiel der iba-Komponenten für die Prozessanalyse

Gezielte Fehlersuche

Analyse und Optimierung automatisierter Prozesse – Teil 4/5

Der vierte Beitrag der Serie erläutert die speziellen Anforderungen an die Datenanalyse, Datenaggregation sowie an die Berechnung von Kennwerten und zeigt anhand von Beispielen den Vorteil einer anlagenübergreifenden Prozessanalyse auf. Es wird ein unabhängiges System vorgestellt, das die Heterogenität der verwendeten Automatisierungskomponenten überwindet, unterschiedliche Prozesswerte und -signale aufzeichnet, in spezifische Kennwerte transformiert und analysiert.

Bei einer Prozessanalyse wird versucht, sich ein möglichst klares Bild der ablaufenden Vorgänge zu machen und diesen Ist-Zustand auf Schwachstellen und Einsparpotentiale hin zu überprüfen. Um Praxisdaten zum Abgleich mit den Prozessmodellen zu erlangen, ist ein Prozessdatenerfassungssystem mit umfangreichen Analysemöglichkeiten gefragt. Schnelle Fehleranalyse und Kostenersparnis durch gezielte Fehlersuche sind die Vorteile des iba-Systems, das den Prozess an mehreren Stellen isochron überwacht, um die relevanten Prozesskomponenten zueinander in Beziehung zu setzen. Mithilfe der zur Verfügung gestellten Applikationen kann das dynamische Prozessverhalten sowohl interaktiv als auch automatisch ausgewertet werden. Basierend auf Standard-Analysen können in weiterführenden Schritten aus den Messdaten sowohl Qualitätsdaten als auch weitere Informationen interaktiv und automatisch gewonnen werden. Daraus lässt sich systematisch Wissen ableiten, mit dessen Hilfe der automatisierte techni-

sche Prozess und, im Falle eines Fertigungsprozesses, auch das hergestellte Produkt bewertet und optimiert werden können. Aufgezeichnete Messdaten müssen nach unterschiedlichen Kriterien und unter ganz unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewertet werden. Dabei bestimmt neben der Zielsetzung der Prozessanalyse im Allgemeinen auch die Branche, wie die Messdaten ausgewertet werden müssen. Denn jede Branche hat in der Regel zum einen spezifische Kennwerte, zum anderen auch spezielle Anforderungen an die Datenanalyse, Datenaggregation sowie an die Berechnung der Kennwerte. Daher muss die Datenauswertung nach unterschiedlichen Kriterien möglich sein, wie z. B.:

- Offline-Auswertung der in einem bestimmten Zeitraum, in einer bestimmten Prozessphase aufgezeichneten oder der zu einem Produkt bzw. einer Charge gehörenden Daten
- Interaktive Auswertung
- Signalorientierte Auswertung
- Statistische Auswertung
- Online-Auswertung während der Datenerfassung

Um diesen verschiedenen Anforderungen gerecht werden zu können, müssen Auswertewerkzeuge flexibel, modular und offen konfigurierbar sein, so dass Erweiterungen jederzeit möglich sind. Eine weitere Anforderung ist, dass die Auswertungen effizient und schnell durchgeführt werden. Da Daten kontinuierlich über einen langen Zeitraum erfasst werden, müssen alle verwendeten Auswertewerkzeuge in der Lage sein, mit sehr großen Datenmengen (Big Data) zurechtzukommen. Im Folgenden soll die Realisierung einiger der in der Praxis relevanten Auswertemethoden näher erläutert und am Ende anhand von Beispielen konkretisiert werden.

Interaktive Offline-Auswertung

Für die interaktive Datenauswertung ist ein flexibles und einfach zu bedienendes Auswertewerkzeug notwendig. Nach Möglichkeit sollte dasselbe Werkzeug sowohl für die interaktive, die signalorientierte als auch die statistische Auswertung angewendet

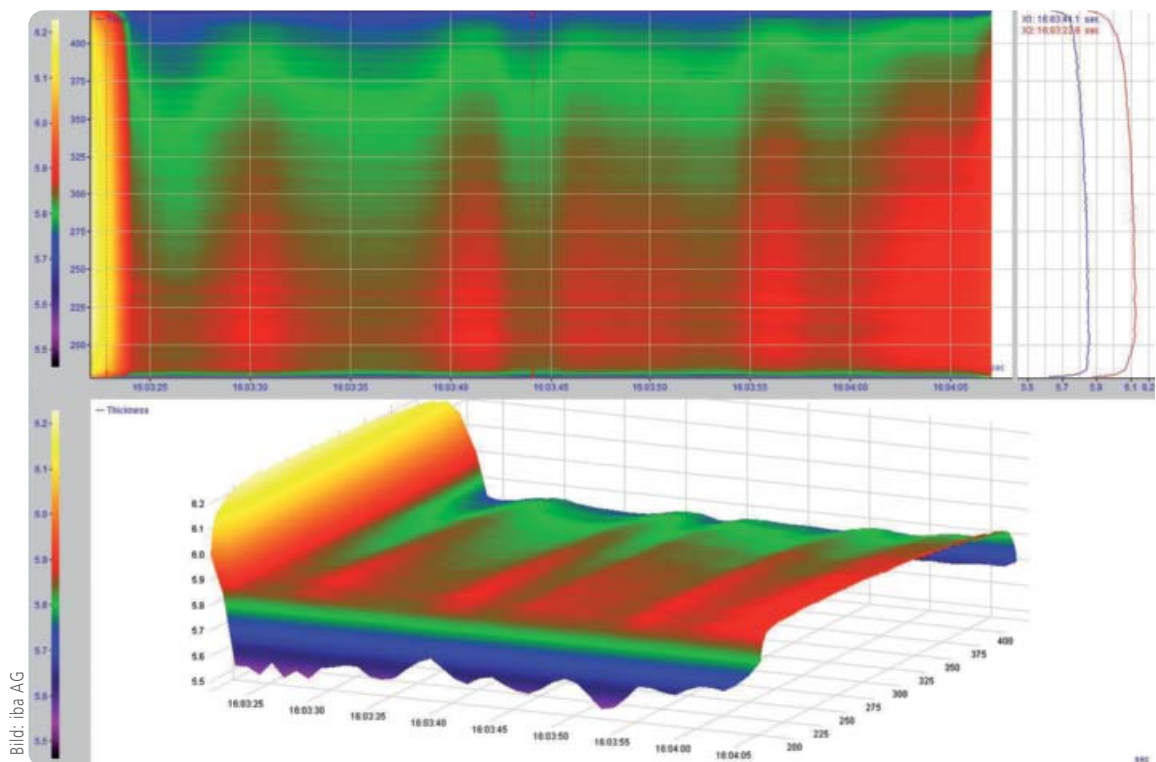


Bild 2: Darstellung der Banddicke in 2D- und 3D-Ansicht

werden, um dem Anwender die Einarbeitung in verschiedene Programme mit unterschiedlichen Bedienphilosophien zu ersparen. Da der Anwenderkreis sehr groß sein kann und demgemäß Messdaten von verschiedensten Arbeitsplätzen an unterschiedlichen Standorten genutzt werden, sollte ein zeitgemäßes Analysesystem auf jedem beliebigen PC installiert und ohne eine Verbindung zum Datenerfassungsgerät gestartet werden können. Damit ist eine Auswertung aufgezeichneter Messdateien auch außerhalb des Aufzeichnungsnetzwerks möglich. Messdateien können einfach kopiert oder per E-Mail verschickt und offline an einem anderen Ort analysiert werden. Um den Aufwand zur Erstellung einer fundierten handgestellten Analyse zu amortisieren, sollte ein Analysewerkzeug auch für die automatische, nicht-interaktive Auswertung von Messdaten zur Informationsgewinnung eingesetzt werden (post-processing). Einmal durchgeführte Analysen und Auswertungen können in Dateien (Analysevorschriften) gespeichert werden, um sie später in identischer Weise auf andere Messdaten - entweder interaktiv oder automatisch - anwenden zu können.

Signalorientierte Auswertung

Eine typische Arbeitsweise bei der Analyse von aufgetretenen Fehlern ist die sogenannte signalorientierte Auswertung. Dabei werden die einzelnen Messdaten mittels einer grafischen Oberfläche verwaltet, Signale können aus dem Signalbaum per Doppelklick oder drag&drop ausgewählt werden. Um Signale miteinander in Beziehung zu setzen, können diese mit einer oder mehreren Skalen in einer Grafik oder in mehreren Grafiken dargestellt sowie digitale und analoge Signale in einer Grafik miteinander kombiniert werden. Eine wichtige Funktion bei der signalorientierten, interaktiven Auswertung ist das Vermessen von Signalen in Ordinaten und Abszissenrichtung. Mithilfe von Signalmarkern können Zeit- und Längenabschnitte genau vermessen werden, um Abstände und Zeitdauern zwischen Ereignissen zu bestimmen. Hilfreich ist auch, wenn die Marker zusätzlich für die Berechnung statistischer Kennwerte (Minimum, Maximum und Standardabweichung) für markierte Signalabschnitte genutzt werden können. Die gleichzeitige Verschiebung beider Marker ermöglicht den statisti-

schen Vergleich verschiedener Zeit- oder Längenbereiche eines Produktionsablaufs. Zur detaillierteren Analyse ist es erforderlich aus den gemessenen Signalen mit Hilfe eines mathematischen Formeleditors und logischer Verknüpfungen neue, virtuelle Signale zu erstellen. Dazu bieten Analysewerkzeuge neben den üblichen arithmetischen und logischen Operationen auch Funktionen wie Integral, Differential, trigonometrische Berechnungen, Frequenzfilter, Fourier-Transformation und statistische Funktionen wie Minimum, Maximum, Mittelwert, Perzentile, Standardabweichung und Korrelation. Außerdem gibt es anwendungsspezifische, technologische Funktionen. Im iba-System werden Daten isochron zeitäquidistant aufgezeichnet. Untersucht man die Qualität länglicher Produkte, wie z.B. von Stahlcoils oder Papierrollen, interessiert man sich jedoch meist für die Messgrößen in Bezug auf die Länge des Produktes. Steht als Messsignal die Maschinengeschwindigkeit oder ein Längensignal des Produktes zur Verfügung, so können die zeitbasiert aufgezeichneten Daten mit Hilfe von Umrechnungsfunktionen auch längenbasiert dargestellt werden. Dies ist

die Grundlage zur Berechnung von längenbasierten Qualitätsdaten wie Toleranzüberschreitungen oder der Berechnung von Anfangs- und Endlängenabschnitten (Kopf-/Fuß-Länge). Werden Vektordaten aufgenommen, so können diese Daten in einer 2D-Draufsicht oder 3D-Falschfarbendarstellung (siehe Bild 2) dargestellt werden.

Online-Visualisierung

Die Onlinevisualisierung während der Datenerfassung und -aufzeichnung ist ein erster Schritt der Datenauswertung, denn die Visualisierung stellt nur einen – vom Designer der Visualisierung ausgewählten – Ausschnitt der erfassten und aufgezeichneten Datenmenge dar. Auch führt die Visualisierung durch die implizite grafische Aufbereitung der Daten bereits eine Ordnung der Daten (Darstellung in einem Koordinatensystem) bzw. eine Datenaggregation (d.h. eine Verdichtung der Daten) durch. Diese Methoden helfen dem Anwender schneller, die Auffälligkeiten und Schwachpunkte des Prozesses zu erkennen. Überdies kann bereits mit Hilfe einer Online-Visualisierung die Qualität des Produkts direkt während der Entstehung beobachtet und im Falle von Qualitätsabweichungen entsprechend reagiert werden.

Transientenrecorder für Energieübertragungsanlagen

Die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) ist die Lösung für die Übertragung großer Leistungen über lange Strecken, z.B. zur Versorgung Europas mit Solarstrom aus der Sahara oder für die Übertragung von Offshore-Windenergie via Seekabel-Verbindungen. Die Investitionen in HGÜ sind höher als für herkömmliche Wechselstrom-Hochspannungsleitungen. Durch die erforderliche leistungselektronische Wandlung von Wechselstrom zu Gleichstrom und wieder zurück zu Wechselstrom sind solche Übertragungssysteme aber technisch sehr komplex. Unregelmäßigkeiten im Hochspannungsnetz müssen schnell behoben werden, damit eine gleichmäßige und leistungsfähige Energieabdeckung gewährleistet ist. Wichtig ist dabei, den Charakter vereinzelt auftretender transienter Störungen zu analysieren, um die Gesamtperfor-

mance zu steigern. iba lieferte für eine Reihe von Anlagen zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung in Asien, Europa und Australien/Neuseeland mehrere TFR-Systeme, sogenannte Transient Fault Recorder oder Störschreiber. Das TFR-System zeichnet im Falle einer Störung alle wesentlichen Signale hochauflösend (10 bis 20KSamples/s) auf. Mittels Definition von Trigger-Werten und Szenarien kann die Aufzeichnung punktgenau gestartet werden. Jede Aufzeichnung hat ihre eigene Aufzeichnungssteuerung (Trigger), Signalauswahl und Speicherprofil-Zuordnung. Realisiert wurde die Störschreiber-Funktion mit speziellen Wandlern für die Energieübertragungstechnik, bestückt mit Modulen für Strom- und Spannungsmessung, Erfassungsmodule für Alarm- und Statusmeldungen sowie Schnittstellenbaugruppen für die Systemkopplung zum Leitsystem. Erwähnenswert sind dabei die speziell für die Anforderungen der Energietechnik entwickelten Stromwandlermodule mit einem Überlastfaktor von 1/100 bei voller Auflösung.

Transparenz im Rohrherstellungswerk

Das iba-System wurde in einem Rohrherstellungswerk dazu eingesetzt, die komplexen Prozessabläufe transparent zu machen. Zielsetzung war es, die Inbetriebsetzungsdauer zu verkürzen und die Produktqualität zu steigern. Hierzu ist es notwendig, die Zustände der einzelnen Komponenten, Module und Aggregate sowie deren Wechselwirkungen messtechnisch zu erfassen. Auf diese Weise konnte sofort ein klares Bild der ablaufenden Prozesse gemacht werden und der Ist-Zustand auf Schwachstellen und Einsparpotentiale hin überprüft werden. Nach ersten Tests an einer Stauchpresse wurden alle Kern-Maschinen des Großrohrwerkes angebunden. Über die Konnektivität können Verbindungen zu Automatisierungswelten unterschiedlicher Hersteller geschaffen werden: Messdaten werden aus den Steue-

rungen von Siemens und Bosch-Rexroth mitgelesen, alle wichtigen Signale lückenlos in Messdateien abgelegt und mit dem kostenlosen Auswerteprogramm iba-Analyzer ausgewertet. Durch einen Vergleich von Ist- und Sollwerten wurde das Potential der Optimierung schnell sichtbar. Durch die eingeleiteten technischen Optimierungsmaßnahmen konnte auch die Zufriedenheit der Endkunden gesteigert werden, da Ausfallzeiten minimiert wurden und Maschinenschäden rechtzeitig vorgebeugt werden konnte.

Teil 5: Direkter Zugriff auf Rohdaten erleichtert die Datenintegration und Qualitätsdokumentation ■

www.iba-ag.com



*Autor: Dr.-Ing. Andreas Quick,
Leiter Produktmanagement
iba AG*

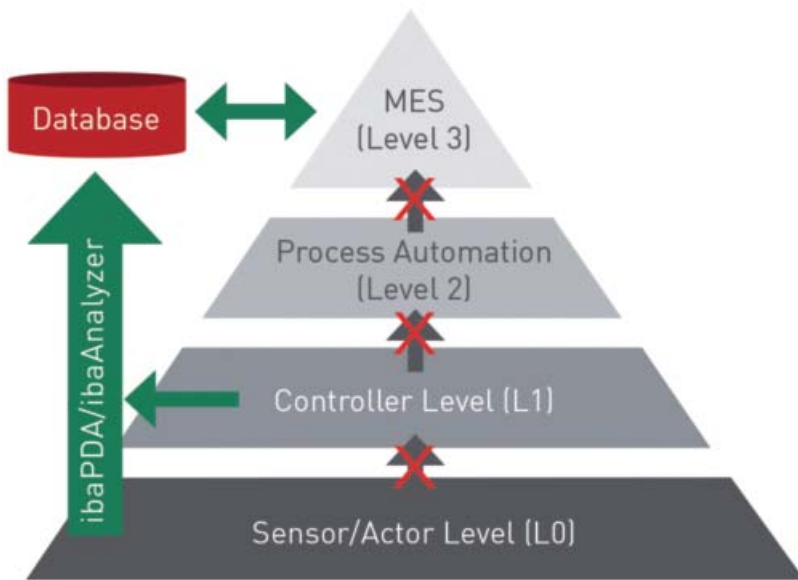


Bild: iba AG

Bild 1: Direkter Datenexport in eine MES-Datenbank mit dem iba-System

Zugriff auf Rohdaten

Analyse und Optimierung automatisierter Prozesse – Teil 5/5

Nur wenn alle qualitätsrelevanten Größen in einem technischen Prozess gemessen und aufgezeichnet werden, ist es möglich, Fragen zur Produktqualität stringent zu beantworten. Dabei ist die vertikale und horizontale Datenintegration von Bedeutung. Die Berechnung von Qualitätsdaten basierend auf Rohdaten schließt 'Verfälschungen' durch unterschiedliche Aggregationen aus. Wenn aus Qualitätsdaten exakte Rückschlüsse für Verbesserungen gezogen werden sollen, ist es wichtig, auch auf Management- bzw. MES-Ebene auf Rohdaten zugreifen zu können, um die Ursachen für statistische Auffälligkeiten zu bestimmen.

Moderne Messdatenerfassungssysteme müssen in der Lage sein, Messdaten in automatisierten technischen Prozessen effizient zu erfassen, aufzuzeichnen und den verschiedenen Anwendergruppen umfassende Informationen zur Prozessoptimierung zu geben. Dabei spielt die vertikale und horizontale Datenintegration eine wichtige Rolle, um die Rückverfolgbarkeit der Datenerfassung, Datenaggregation und Berechnung von Qualitätsdaten und KPIs zum einen und die Rückverfolgbarkeit der Produktion zum anderen zu ermöglichen. Nur so ist die von der DIN EN ISO9001 geforderte Nachvollziehbarkeit gewährleistet. Nur ein konsistentes und transparentes Verfahren zur Ermittlung von Kennwerten aus hoch aufgelösten Messdaten führt zu aussagekräftigen und hilfreichen Informationen für alle möglichen Ziele der Prozessoptimierung. Unter horizontaler Datenintegration versteht man dabei die Einbeziehung verschiedener Anlagenteile und Pro-

duktionsabschnitte längs des Fertigungsflusses. Sind zeitliche Bezüge zwischen diesen Teilabschnitten relevant, so ist eine isochrone Aufzeichnung erforderlich. Sind die Fertigungsabschnitte zeitlich entkoppelt, so ist wichtig, dass die in den einzelnen Abschnitten produzierten Messdaten über einen gemeinsamen Schlüssel dem jeweiligen Produkt zugeordnet werden können. Als vertikale Datenintegration bezeichnet man die stufenweise Verdichtung von hochaufgelösten Daten zu Kennwerten mit unterschiedlicher Granularität entlang den verschiedenen Schichten der Automatisierungsarchitektur.

Schichtenmodell der Kommunikation

In automatisierten Fertigungsprozessen folgt die prozessinterne Kommunikation einem Schichtenmodell mit vier Ebenen: In Level 0 werden die Messdaten von Sensoren und Messgeräten aufgenommen und an die

nächsthöhere Schicht weitergeleitet. In Level 1 sind die Controller, die die Sensoren, Messgeräte und Aktoren in Level 0 steuern, und die Daten der Sensoren aus Level 0 an die Steuerungssysteme in Level 2 weitergeben. Übergeordnet in Level 2 ist die Steuerung der Prozessautomatisierung. Aus dieser Ebene werden die Produktionsdaten an Level 1 vorgegeben und die Messergebnisse der Controller aus Level 1 gesammelt. In Level 3 befindet sich das MES (Manufacturing Execution System), das die komplette Fertigungsanlage überwacht und Vorgaben an die Level-2-Systeme gibt. Ein Nachteil dieses Schichtenmodells ist, dass die Daten immer von einer Ebene zur nächsten weitergeleitet werden müssen. Dies ist mit erheblichem Aufwand und Verfälschungen der Daten durch unterschiedliche zeitliche und längenbezogene Aggregationen verbunden: So sind zunächst einmal die Schnittstellen zwischen beispielsweise den Sensoren und Messgeräten und den Level-2-Systeme-

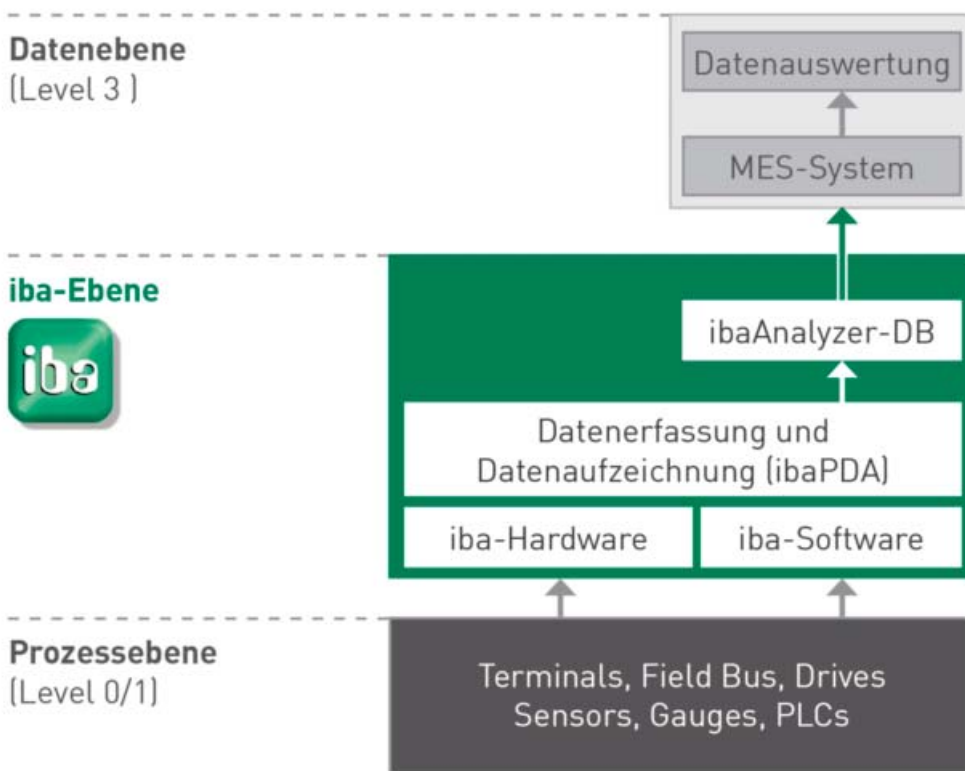


Bild 2: iba-Ebene zwischen Prozessebene (Level 0/1) und Datenebene (Level 3)

men zu spezifizieren und diese dann auch zu implementieren und zu testen. Gerade weil die Konnektivitäten zu den Level-0- und Level-1-Geräten so vielfältig sind, müssen hier viele verschiedene Schnittstellen implementiert, getestet und in Betrieb gesetzt werden. Auch Änderungen der Datenübertragung aufgrund geänderter Anforderungen führen bei diesem Kommunikationsmodell immer wieder zu einem enormen Aufwand, weil viele Gewerke in den verschiedenen Ebenen an einer Änderung beteiligt sind und diese auch noch synchronisiert werden müssen.

Horizontale und vertikale Datenintegration

Um die Probleme bei der Konnektivität zwischen Level 0/1 und den Level-2-Systemen zu vermeiden, ermöglicht das iba-System, dass zwischen der Prozessebene (Level 0/1) und der Datenebene (Level 3) eine weitere Ebene etabliert wird, die sogenannte 'iba-Ebene'. Das System ermöglicht zum einen eine vielfältige Konnektivität und kann damit Daten flexibel erfassen, zum anderen bietet es offene

Ausgabeschnittstellen über digitale Ausgänge und Ethernet TCP/IP, die es ermöglichen, Daten direkt zu einer anderen Level-1-Komponente zu schicken. Darüber hinaus bietet die offene Datenbankschnittstelle des Systems die Möglichkeit, aggregierte und vorverarbeitete Daten direkt in eine Datenbank (z.B. in ein MES-System) zu laden. Mit der Einführung der iba-Ebene ist die vertikale Datenintegration einfach zu realisieren und führt zu konsistenten und nachvollziehbaren Daten in der MES-Datenbank in Level 3. Der Drill-down von Qualitätsdaten zu den Rohdaten ist ohne Umwege möglich und erlaubt weiterführende Datenanalysen auf der Prozessebene oder der Instandhalter-Ebene basierend auf den aus den verdichteten Daten gewonnenen Informationen und Erkenntnissen auf Management-Ebene. Dies ist ein wichtiges Kriterium, da sich in der Praxis gezeigt hat, dass Daten eines Management-Dashboards nur dann zielführend sind, wenn auch Antworten auf die Fragen nach den Ursachen gegeben werden können. Diese Antworten sind aber nur dann möglich, wenn aus den verdichteten Qualitätsdaten

wieder unmittelbar auf die Rohdaten geschlossen werden kann. Da heutzutage das Thema Nachvollziehbarkeit überall gefordert wird und Prozesse lückenlos rückverfolgbar sein müssen, gilt es, zu allen Fragen der Produktion und der Endkunden die passenden Antworten in Form von Datennachweisen zu haben. Nur wenn Prozesse gemessen und aufgezeichnet werden, können Fragen zur Qualität (besonders bei Fragen des Endkunden zu Qualitätsmängeln) beantwortet werden.

Qualitätsbeurteilung aus Prozessdaten

Für das Qualitätsmanagement und den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) müssen aus den Messdaten einer Anlage Qualitätsdaten sowie Informationen automatisch generiert werden: zur Qualitätsbewertung, Prozessoptimierung und zu Entscheidungen über die Produktqualität. Während Prozessdaten schnelle Veränderungen innerhalb des Prozesses darstellen und daher zeitlich möglichst hochauflösend erfasst werden, handelt es sich bei Qualitätsdaten um Kennwerte (z.B. Mittelwerte, Standardabweichungen, Verteilungen und andere statistische Größen), die aus den Prozessdaten abgeleitet werden. Sie erlauben allgemeine Aussagen über die Produkt- und Prozessqualität, die insbesondere im Hinblick auf Produktfreigaben und eine langfristige Entwicklung der Qualität wichtig sind. Die automatische Auswertung und die Möglichkeit, weitere Informationen aus den Messdaten zu gewinnen, ist aufgrund der Menge der Messdaten in automatisierten technischen Prozessen eine unbedingt notwendige Funktion und sollte in jeder Auswertumgebung zur Verfügung stehen.

Qualitätsdaten berechnen und in eine Datenbank laden

Wenn Messdaten automatisch ausgewertet und weiterverarbeitet werden sollen, sind gewisse Anforderungen zu erfüllen, damit aus den Prozessdaten Daten zur Überprüfung der Produktqualität werden. Am Beispiel der Überprüfung einer Produktion eines Warmwalzwerks wird klar, welche Kriterien erfüllt sein sollten, wenn die produktbezogenen aufgezeichneten und

in Messdateien gespeicherten Messdaten wiederum produktbezogen in eine Datenbank des Stahlherstellers geladen werden. Beispielsweise sollen die Messwerte, die in die Datenbank geladen werden, frei konfigurierbar sein. Die Messwerte sollen nicht als 1ms-Messwerte (wie in der Messdatei aufgezeichnet), sondern verdichtet in die Datenbank geladen werden. Einige der Messwerte werden längenbezogen als 1m-Segment, andere pro Minute gemittelt. Es werden u.a. auch Qualitätskennwerte generiert, bei denen für eine qualitätskennzeichnende Größe Mittelwert, Minimum, Maximum sowie Standardabweichung über ein Längensegment bzw. einen Zeitraum zu bilden sind. Diese Anforderungen können in der Analysesoftware ibaAnalyzer konfiguriert und in einer Analysevorschrift gespeichert werden. Sobald eine neue Messdatei erzeugt wird, d.h. es wurde ein neues Produkt fertiggestellt, wird die Extraktionsaufgabe mit dieser Analysevorschrift und der neuen Messdatei initiiert. Auf diese Weise werden die Qualitätsdaten produktorientiert automatisch in die Datenbank des QM-Systems geladen. Die weiterführende Analyse der Produktion ist basierend auf diesen Daten leicht durchführbar. Da auch hier nicht von Anfang an klar spezifiziert war, welche Daten für die Produktanalyse in der Datenbank benötigt werden, haben sich einfache Konfigurierungs- und Erweiterungsmöglichkeiten sowie die frei konfigurierbare Datenbank-Schnittstelle als wichtige Eigenschaften für den Anwender erwiesen. Durch die offene Datenbankschnittstelle können weitere Datenanalysen basierend auf den in der Datenbank extrahierten Daten durchgeführt werden, um Informationen aus Messdaten zu gewinnen. Weiterhin sind Verfahren wie maschinelles Lernen zur Online-Prozessüberwachung und Datenkorrelationsanalyse zur Root Cause Analyse möglich. So werden bei der Online-Prozessüberwachung (Prozessdiagnose) Messdaten kontinuierlich mit gelernten Gut-Zuständen verglichen. Dabei wird der aktuelle Anlagenzustand mit Messdaten erfasst und während der Produktion online und kontinuierlich mit den bereits früher gelernten Daten korreliert, um Fehlerzustände im Prozess und in der Anlage automatisch zu di-

agnostizieren. Auf diese Weise können dem Instandhalter wertvolle Hinweise zur Wartung der Anlage gegeben und schleichenden Qualitätsverlusten entgegen gewirkt werden.

Vorausschauender Anlagenbetrieb

Da ein störungsfreier und kontinuierlich ablaufender Anlagenbetrieb direkten, positiven Einfluss auf die Qualität der ausgelieferten Produkte nimmt, ist es wichtig, die Prozessüberwachung durchgängig sicherzustellen und den Prozess ständig zu verbessern. Letztlich garantiert die Prozesssicherheit die Produktqualität und damit die Zufriedenheit der Kunden. Condition Monitoring Systeme (CMS) erfassen den Verschleißzustand von Maschinen permanent durch die Messung und Analyse physikalischer Größen. Durch die Beobachtung von Trends der Schadenspegel lassen sich beginnende Schäden frühzeitig erkennen und Instandhaltungsmaßnahmen besser planen. Real Time Systeme ermöglichen darüber hinaus wichtige Sicherheitsabschaltungen bei Grenzwertüberschreitungen. Die Ursachen für die Schädigung von Maschinenteilen bzw. den Ausfall mechanischer Komponenten lassen sich ohne eine in das Condition Monitoring integrierte Prozessüberwachung jedoch nicht ermitteln. Das CM-System ibaInSpectra ermöglicht nicht nur die Überwachung der für das Condition Monitoring relevanten Signale (im Wesentlichen Vibrations-, Temperatur- und Geschwindigkeitssignale), sondern es bietet gleichzeitig durch die Integration in das Prozessdatenerfassungssystem ibaPDA die Möglichkeit alle Maschinen-, Prozess-, Material- und Qualitätsdaten in Bezug zu auftretenden Beanspruchungen der Maschinenelemente zu setzen. Grenzwerte, die sporadisch überschritten werden, können langfristig die Maschine schädigen und beeinflussen die Produktqualität negativ. Für den Anlagenbetreiber ist

es deshalb unerlässlich, die Ursachen für solche Grenzwertüberschreitungen schnell und zielsicher identifizieren zu können. Nur wenn Informationen zur Überwachung der Maschinen mit Prozessdaten kombiniert werden können, lassen sich die Ursachen für Fehler und Störungen langfristig ermitteln und vermeiden. ■

www.iba-ag.com



Autor: Dr.-Ing. Andreas Quick, Leiter Produktmanagement iba AG