

Xavo Plant Scheduling Whitepaper

Stand
21.07.2011

Autor
Achim Schrepfer

Xavo International AG

Meistersingerstr. 2
95444 Bayreuth
Deutschland

Telefon: +49 (921) 787779 - 0
Telefax: +49 (921) 787779 - 29
E-Mail: info@xavo.com

Inhaltsverzeichnis

1	Zu diesem Dokument	3
2	Positionierung	3
3	Was macht Xavo Plant Scheduling (XPS)?	4
4	Warum sollte der Scheduler real-time-fähig sein?	4
5	Welche Industriesektoren bieten sich für den Einsatz von XPS an?	5
6	Was sind die Voraussetzungen für den Einsatz von XPS?	6
6.1	Informationelle Voraussetzungen	6
6.2	Technische Voraussetzungen	6
6.2.1	Softwarevoraussetzungen	6
6.2.2	Hardwarevoraussetzungen	6
6.2.3	Hinweise zu Rechenzeiten	7
7	Wie funktioniert XPS?	7
8	Welche technischen Komponenten enthält XPS?	7
8.1	Anwendungsebene	8
8.1.1	Planungswerkzeug (mit Gantt-Editor)	8
8.1.2	Monitoring-Modul	9
8.1.3	Automatic Scheduling Modul (basierend auf iFRP®-Algorithmus)	9
8.2	Datenebene	10
8.2.1	Datenmodell (Xavo Scheduling Model, XSM)	10
8.3	Integrationsebene	10
8.3.1	Integrationsschicht	10
8.3.2	Pull-Integration	11
8.3.3	Push-Integration	11
9	Welche Vorteile bringt der Einsatz von XPS?	12
9.1	Vorteile der manuellen Planung mit Real-time Anbindung	12
9.2	Vorteile der automatisierten Planung/Optimierung	12
9.3	Allgemeine Vorteile	12
9.3.1	Simulationsfähigkeit	12
10	Welche Praxisfälle deckt XPS ab?	13
10.1.1	Lieferterminvorhersage	13
10.1.2	Umgang mit Personalausfall	13
10.1.3	Berücksichtigung des aktuellen Maschinenlaufverhaltens	13
10.1.4	Umgang mit Maschinenausfall	13
10.1.5	Umgang mit Materialproblemen	13
11	Welche Nachteile bringt der Einsatz von XPS mit sich?	14
12	Wo liegen die Grenzen von Xavo Plant Scheduling?	14
13	Abbildungsverzeichnis	15

1 Zu diesem Dokument

Dieses Whitepaper soll einen Überblick über das Produkt Xavo Plant Scheduling (<http://www.xavo.com/scheduling>) bieten. Es dokumentiert die Funktionen und Einsatzbereiche des Systems und gibt einen groben technischen Überblick.

Ansprechpartner für dieses Dokument: Achim Schrepfer, achim.schrepfer@xavo.com

Ansprechpartner für das Produkt: Markus Groß, markus.gross@xavo.com

Stand: Juli 2011

© Copyright 2011, Xavo AG Bayreuth, alle Rechte vorbehalten.

2 Positionierung

Die Grundlage einer gut laufenden Produktion sind optimal gestaltete Produktionspläne, welche die Potenziale einer Fabrik bestmöglich nutzen können. Eine gute Wochenplanung wird in vielen Unternehmen durch das ERP System (z.B. SAP APO) erstellt.

Um dieser Wochenplanung mit täglichen Produktionsplänen zu entsprechen, müssen die Ereignisse und Störungen in der Fabrik zeitnah erkannt und darauf adäquat reagiert werden. Genau diese Störungen erfordern neue IT-Lösungen, um die feingranulare Tagesplanung in Echtzeit (Real-time) an die geänderten Bedingungen in der Fabrik anzupassen. Klassische Planungslösungen können eine Neuplanung im Störfall nicht rasch und genau genug gewährleisten. Xavo Plant Scheduling (XPS) ist ein speziell für die Änderungsplanung im Tagesverlauf (Real-time Scheduling) entwickeltes System. Es bietet eine ständige Planungsbereitschaft, um allen Ereignissen und Störungen optimal zu begegnen.

Unsere Erfahrungen zeigen, dass die Durchlaufzeiten mit Einführung des real-time Scheduling um ca. 10-15 % reduziert werden können.

3 Was macht Xavo Plant Scheduling (XPS)?

Xavo Plant Scheduling (XPS) ist ein Softwareprodukt auf dessen Basis Lösungen für die Echtzeit-Synchronisation von Fertigungsprozessen und die fabrikweite, automatisierte Echtzeitplanung entwickelt werden können. Es richtet sich an produzierende Unternehmen mit komplexeren Fertigungsprozess-Hierarchien. Durch einen hohen Integrationsgrad in existierende Unternehmenssysteme (MES – Manufacturing Execution System, ERP – Enterprise Resource Planning, etc.) wird erreicht, dass dem System jederzeit ein aktueller Status der gesamten Fabrik zur Verfügung steht. Alle Informationen werden in einem standardisierten Datenmodell aufbereitet, überwacht und bereitgestellt. Auf diese Weise wird dem Anwender mit Hilfe von XPS die ständige Planungsbereitschaft ermöglicht.

Auf Basis der aktuellen Produktionsdaten erstellen Anwender eine Produktionsfeinplanung mit XPS. Dies kann entweder manuell mit dem integrierten Planungstool geschehen oder aber automatisch mit dem automatischen Scheduler auf Basis des iFRP[®]-Algorithmus¹. Während es das manuelle Planungstool erlaubt, Produktionspläne in einem Gantt-Chart zu erstellen, optimiert der automatische Scheduler den Plan nach definierbaren Zielen – etwa der Einsparung von Maschinen, Schichtbesetzungen oder Energie. Ein wesentliches Merkmal sind die Planprüfungen, welche nach projektspezifisch ergänzbaren Regeln bereits während der Planung im Gantt-Editor durchgeführt werden (vergleichbar mit aktiver Rechtschreibprüfung bei einer Textverarbeitung). Diese Planprüfungen sind auch im Monitoring-Modus aktiv, wobei das System die Ausführung des Plans überwacht. Wird aufgrund von erkannten Abweichungen oder Planänderungen festgestellt, dass der aktuelle Plan nicht ausführbar ist, werden sofort Meldungen ausgegeben, welche dem Benutzer helfen, die Planung entsprechend der aktuellen Sachlage der Fabrik anzupassen.

Xavo Plant Scheduling (XPS) sorgt dafür, dass auf jede Abweichung nahezu optimal reagiert werden kann. Dies wird möglich, indem das System stets den aktuellen Fabrikzustand bereit stellt, die Planausführung überwacht und mit den passenden Werkzeugen eine ständige Planungsbereitschaft ermöglicht.

4 Warum sollte der Scheduler real-time-fähig sein?

In den meisten Fabriken werden die täglichen Produktionspläne am Morgen mit großer Sorgfalt erstellt. Tagsüber treten dann jedoch zahlreiche Ereignisse ein, die Änderungen an diesem Plan notwendig machen. Heute fehlt den beteiligten Personen dazu der Überblick über den aktuellen Fabrikzustand. Somit werden Änderungen am ursprünglichen Plan zu sub-optimalen Kompromissen. Das bedeutet, dass oft schon nach wenigen Stunden von dem am Morgen sorgfältig erstellten Ausgangsplan signifikant abgewichen wird. An diesem Punkt wird die Real-time-Anbindung wichtig: sie stellt einen Baustein für optimale Entscheidungen dar, indem sie jederzeit den aktuellen Fabrikzustand bereithält. Auf dieser Basis setzen dann die Planungswerkzeuge (manuell und automatisch) von XPS auf. Das System ermöglicht eine erneute Produktionsplanung, die den aktuellen Fabrikzustand berücksichtigt.

Die Real-time-Fähigkeit definiert sich über folgende zwei Eigenschaften:

1. Die aktuellen Informationen über den Fabrikzustand müssen dem System zu Verfügung stehen. Oft genügt es, wenn vom MES minutenaktuelle Daten bereitgestellt werden.
2. Beim Auftreten von Problemen muss möglichst schnell eine optimale Lösung erzielt werden können. Hierfür kann XPS Produktionspläne automatisch neu berechnen. Diese optimierte automatische Neuplanung ermöglicht Reaktionszeiten im Minutenbereich.

Ein Beispiel: Über die Anbindung des MES-Systems wird der Ausfall einer Maschine innerhalb einer Minute gemeldet. Mit Hilfe des automatischen Schedulers wird innerhalb weniger Minuten ein neuer Produktionsplan für den betroffenen Teilbereich berechnet, vom Produktionsleiter freigegeben und an das MES-System zurück gespielt.

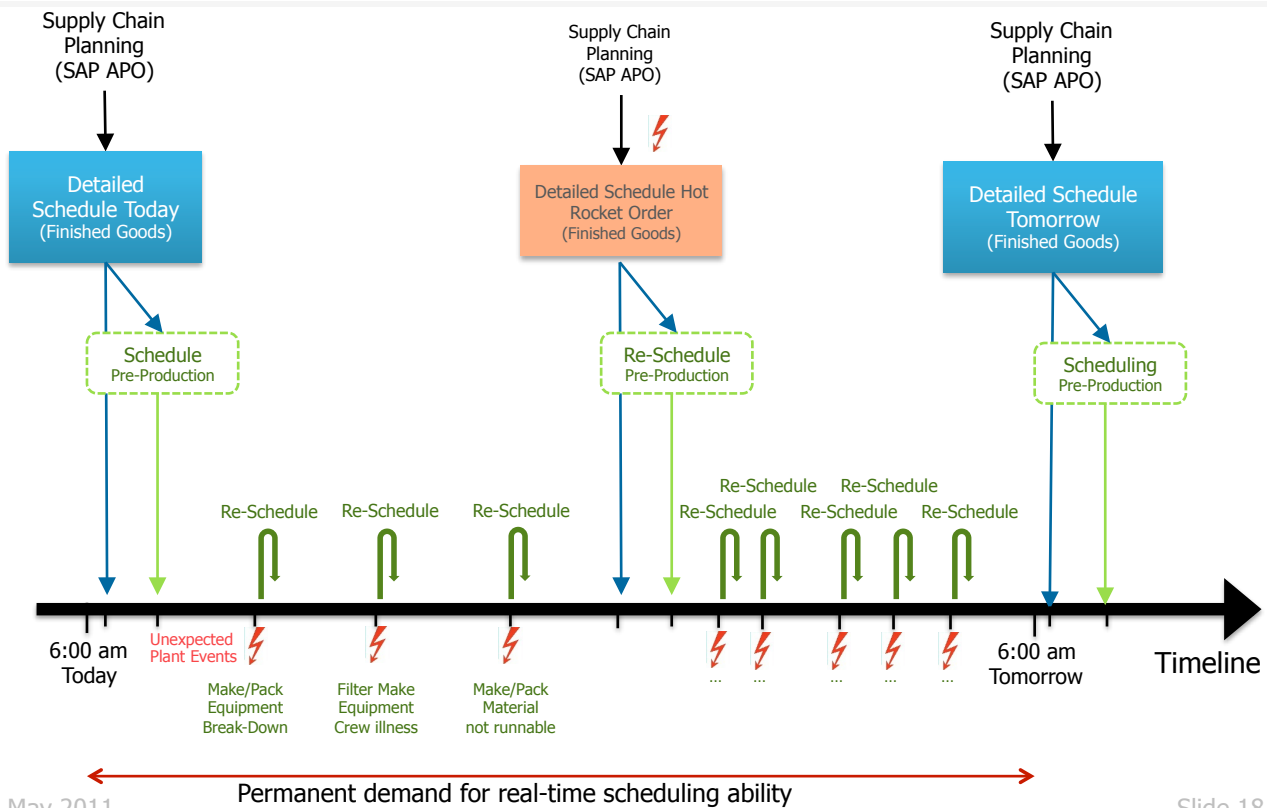
Mit Hilfe von Xavo Plant Scheduling (XPS) können die Verantwortlichen beim Auftreten von Planabweichungen Entscheidungen schneller und präziser treffen. Sie werden dabei bestmöglich von IT-Systemen unterstützt, welche die aktuelle Produktionssituation berücksichtigen.

¹ iFRP[®] ist ein eingetragenes Warenzeichen der iFactory Inc. - Oregon, USA

² Die wenigsten Systeme bereiten Probleme z.B. durch verschlüsselte Datenbanken oder sehr komplexe

24 hours in the plant.

XAVO



May 2011

Slide 18

Abbildung 1: Zahlreiche unvorhergesehene Ereignisse bestimmten den Alltag in einer Fabrik

Die normale tägliche Planung orientiert sich am Sollzustand der Fabrik. Mit XPS werden Ereignisse behandelt, welche diesen initial erstellten Plan ungültig machen können. Alle im Produktionsalltag auftretenden Probleme erfordern eine vollständige, optimierte Neuplanung der Fabrik („Re-Schedule“) anhand der aktuellen Fabriksituation. XPS erstellt in diesen Situationen innerhalb weniger Minuten neu optimierte Pläne in derselben Qualität der Initialplanung.

5 Welche Industriesektoren bieten sich für den Einsatz von XPS an?

Xavo Plant Scheduling wurde im Umfeld der Nahrungs- und Genussmittelindustrie entwickelt. In diesem Bereich gibt es die meisten produktiven Installationen. Das System ist aber auch in anderen Industrien anwendbar. Beispielsweise ist der Einsatz bei diskreten Prozessen ebenfalls bereits erprobt. Grundsätzlich ist das System nicht auf bestimmte Branchen beschränkt. Es richtet sich eher nach gängigen Standards (z.B. ISA S95 für MES-Systeme). Hat ein Produktionsbetrieb ein MES, das sich weitgehend an diesem Standard orientiert, bietet sich XPS in der Regel zur Optimierung der Abläufe an.

Folgende Kennzeichen qualifizieren einen Produktionsbetrieb für den Einsatz einer XPS-Lösung:

- Produktvielfalt
- Komplexität des Fertigungsprozesses
- Planungskomplexität
- Mehrmals tägliche Produktionsplanung
- Terminflexibilität
- Häufige Auftragsänderungen
- Häufige Maschinenausfälle
- Personalengpässe
- Unvorhersehbares Maschinenlaufverhalten

6 Was sind die Voraussetzungen für den Einsatz von XPS?

6.1 Informationelle Voraussetzungen

Das XPS-System ist ein Datenverarbeitungs- und Veredelungssystem. Das heißt, bis auf wenige Ausnahmen werden von XPS keine eigenen Daten gehalten oder erzeugt. In den meisten Fällen setzt XPS deshalb direkt auf einem vorhandenen MES in der Fabrik auf. Andere Systeme wie ERP und ggf. sogar Steuerungssysteme werden bei Bedarf ebenfalls eingebunden. Technisch werden dabei die Schnittstellen benutzt, die heutige modernen Systeme mitbringen, um XPS mit den nötigen Daten zu versorgen.

Um eine realitätsnahe, optimale real-time Planung zu gewährleisten, müssen viele Informationen über die aktuelle Fabrik-situation berücksichtigt werden. Dazu gehören:

- Equipmentdaten (Maschinen, Lager, Kapazitäten, Setupzeiten, Routings)
- Materialdaten (Klassen, Typen, Inventar)
- Personaldaten (Qualifikationsmatrix)
- Schichtkalender
- Auftragsdaten (BOM, Menge, Start/Ende, Auftragsdauer auf den möglichen Maschinen, Zuordnung zu möglichen Maschinen, ...)

Weitere Informationen können nötig sein, um die Fabrik hinreichend genau zu modellieren. Dabei müssen beispielsweise bestimmte Einschränkungen (z.B. zwei Herstellmaschinen sind an eine Packmaschine angeschlossen und müssen daher das gleiche Produkt zur selben Zeit produzieren, ...) mit abgebildet werden.

Bestimmte Daten können gegebenenfalls auch während des Betriebs von XPS erlernt werden: Fehlende Informationen, beispielsweise über Rüstzeiten, können in XPS mit Standardwerten angegeben werden. Das System sammelt die tatsächliche Daten über die Setup-Zeiten und berücksichtigt die historischen Daten bei weiteren Berechnungen.

Vor dem Start eines XPS-Projektes muss geklärt werden, ob alle für das real-time Scheduling notwendigen Informationen tatsächlich beschafft werden können. Fehlende Informationen, z.B. eine Qualifikationsmatrix der Mitarbeiter, können auch manuell im XPS-System eingepflegt werden.

6.2 Technische Voraussetzungen

6.2.1 Softwarevoraussetzungen

- Microsoft Windows Betriebssystem, mindestens Windows XP SP2, Windows Server 2008 empfohlen
- Microsoft SQL Server 2005 oder höher
- Microsoft .Net Framework Version 4.0 oder höher

6.2.2 Hardwarevoraussetzungen

Mindestanforderung:

- Single-Core-Prozessor mit mind. 2GHz Taktfrequenz
- mind. 2GB Arbeitsspeicher (RAM)
- mind. 10GB freier Festplattenspeicher für die Datenbank und die gespeicherten Berechnungsdaten

Empfohlen/Unterstützt:

- Quad-Core Prozessor mit 2.8GHz Taktfrequenz
- 8 GB Arbeitsspeicher
- 100 GB freier Festplattenspeicher

Der automatische Scheduler unterstützt Mehrkernprozessoren wodurch sich die Berechnungszeiten drastisch verkürzen. Auch individuelle Clusterlösungen werden unterstützt.

6.2.3 Hinweise zu Rechenzeiten

Die Berechnungsdauer des automatischen Scheduling richtet sich nach der verwendeten Hardware. Auf einem Dual-Core-Prozessor mit 2GHz Taktfrequenz und 4GB Speicher werden 500 Aufträge in zwei Produktionsstufen in weniger als 2 Minuten berechnet. Produktiv betriebene Lösungen berechnen ganze Produktionsbereiche auf einem kleinen Cluster innerhalb von 45 Sekunden.

7 Wie funktioniert XPS?

In diesem Abschnitt wird an einem Beispiel dargestellt, wie die grundsätzliche Funktionsweise von Xavo Plant Scheduling im Produktionsalltag eingesetzt werden können.

Tabelle 1: Beispielhafter Alltagseinsatz von XPS

Zeit	Ereignis
7:00 Uhr	Die Tagesplanung wird mit Hilfe des automatischen Schedulers erstellt, begutachtet und über das manuelle Planungstool ergänzt. Der fertige Plan wird per Knopfdruck für das MES freigegeben.
8:45 Uhr	Eine Maschine in der Vorproduktion fällt aus. Die Materialverfügbarkeit kann nicht sichergestellt werden. Einige sehr wichtige Aufträge sind gefährdet.
8:47 Uhr	Ein Techniker kümmert sich bereits um das Problem. Er geht davon aus, dass die Maschine in zwei Stunden wieder einsatzbereit ist.
8:49 Uhr	Das Monitoring von XPS erkennt den Ausfall und stellt automatisch die Anfrage, bis wann der Ausfall wahrscheinlich behoben sein wird.
8:50 Uhr	Der Techniker gibt über den Maschinenrechner die voraussichtliche Ausfalldauer von zwei Stunden an.
8:55 Uhr	Der Produktionsleiter lässt den Produktionsplan auf Basis der aktuellen Daten und der Vorhersage des Technikers automatisch neu berechnen. Er muss hierfür nichts tun, außer den Knopf für die automatische Neuplanung zu drücken. Die Daten sind bereits im System.
9:02 Uhr	Der neue Plan, der die Erfüllung aller aktuellen Aufträge sicherstellt, wird an das MES heruntergeladen.
10:05 Uhr	Die Maschine ist bereits früher wieder einsatzfähig.
10:07 Uhr	Der Produktionsleiter prüft mit dem manuellen Planungstool, ob in der aktuellen Planung ein früherer Start der Maschine zu Problemen führt. Die Planprüfung ergibt keine Probleme und die Maschine kann wieder produzieren.
...	

Hervorgehobene Zeilen: aktiver Einsatz des XPS-Systems

8 Welche technischen Komponenten enthält XPS?

Xavo Plant Scheduling gliedert sich in drei Ebenen: Integrationsebene, Datenebene und Anwendungsebene. Auf Anwendungsebene existieren derzeit drei Module: Monitoring, Manuelle Planung und Automatische Planung. Die Module sind nicht beliebig einsetzbar. Derzeit ist nur das Modul Automatische Planung optional erhältlich.

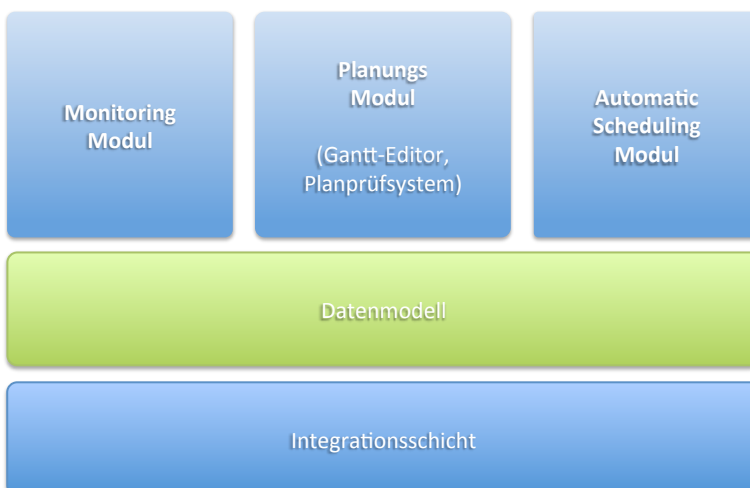


Abbildung 2: Grundarchitektur des XPS-Systems

Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden näher beschrieben.

8.1 Anwendungsebene

8.1.1 Planungswerkzeug (mit Gantt-Editor)

Im Planungswerkzeug steht ein Gantt-Editor zur Verfügung, wie man ihn aus vielen Planungsprogrammen (z.B. auch Microsoft Project) kennt. Das Planungswerkzeug erlaubt es, Produktionsaufträge in Raum und Zeit zu verteilen. Das heißt, der Planer legt fest, wann und auf welchen Maschinen Aufträge laufen. Die Laufzeit auf dem Zielequipment und eventuell nötige Rüstzeiten werden von XPS automatisch berechnet und dargestellt. Bei allen Operationen prüft das Programm ständig die Gültigkeit des Planes anhand von definierten und projektspezifisch erweiterbaren Planprüfungs-Regeln (wie beispielsweise Materialverfügbarkeit oder Kapazitätsüberschreitungen). So stehen bei der Einplanung beispielsweise nur Maschinen zur Auswahl, auf denen das Material tatsächlich produziert werden kann. In der Planung finden alle Definitionen, die über das Datenmodell abgebildet sind, Anwendung. Dazu gehören Equipmentstruktur, Personalqualifikation, Verfügbarkeit von Material und Ressourcen zum Zielzeitpunkt des Auftrags und natürlich Informationen über aktuelle Störungen.

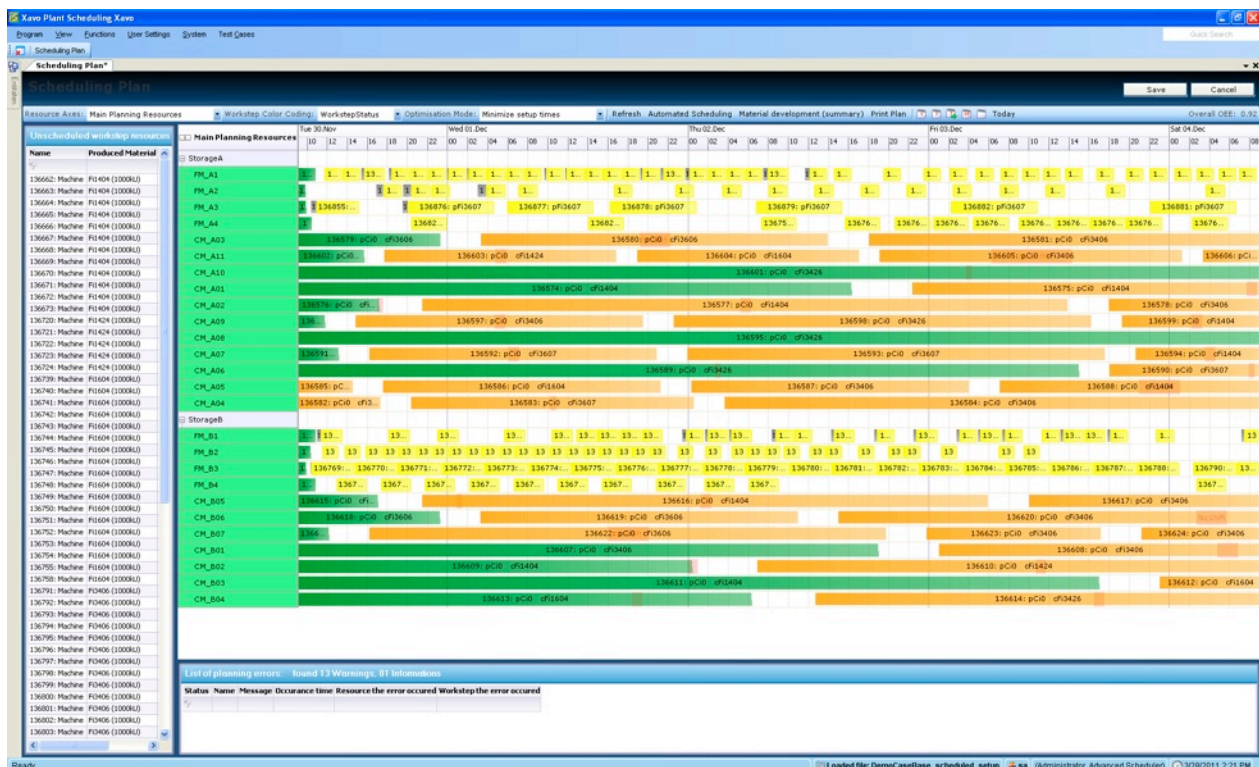


Abbildung 3: Der Gantt-Editor des manuellen Planungswerkzeugs

Die Anwendung ist dabei in drei Teile aufgeteilt:

- Auf der linken Programmseite findet sich eine Liste mit ungeplanten Aufträgen. Diese können per Drag&Drop in das Gantt-Chart gezogen werden, um so die Fertigungs-Prozessschritte auf die Ressourcen zu einer bestimmten Zeit einzuplanen. XPS erlaubt dabei nur Zuordnungen auf Ressourcen, auf welchen der gewählte Prozessschritt durchgeführt werden kann.
- Im zentralen Bereich des Programms befindet sich das Gantt-Chart. Horizontal wird die Produktionszeit dargestellt, vertikal die verfügbaren Maschinen. Die Fertigungsaufträge sind als farbige Balken dargestellt, welche Start/Ende des Auftrages und die Ressourcen-Zuordnung darstellen.
- Im unteren Programmbereich findet sich eine filterbare Liste mit allen durch die Planprüfungen erkannten Fehlern in der aktuellen Planung. Nur erfahrene Planer können einen fehlerbehafteten Plan ins MES freigeben. Weniger berechtigte Planer müssen erst alle Fehler beseitigen, bevor der Plan freigegeben werden kann.

Folgende Planprüfungen werden von Xavo Plant Scheduling bei allen Änderungen an der Planung (egal, ob durch manuellen Eingriff oder automatisches Scheduling) implizit durchgeführt:

- Aufträge geplant
- Auftragsstart vor frühestem Start
- Auftragsende vor frühestem Auftragsende
- Auftragsende nach Liefertermin
- Verletzung von Auftragsabhängigkeiten (gemäß ISA-95-Standard)
- Überschneidung von Aufträgen oder Rüstzeiten unter Berücksichtigung von Multi-Batch-Fähigkeiten der Ressourcen
- Prüfen der Ressourcen-Zuordnung der Aufträge gemäß den definierten möglichen Ressourcen eines Auftrages
- Prüfen der Auftragsdauer auf den jeweiligen Ressourcen unter Berücksichtigung von Pausen
- Prüfung der Verfügbarkeit von Rohmaterial
- Prüfung der Verfügbarkeit von Zwischenprodukten gemäß der Planung zu jedem Produktionszeitpunkt
- Lagerdauer überschritten
- Aushärtezeiten unterschritten
- Lagerkapazität überschritten

Wird von den Planprüfungen ein Fehler erkannt, werden diese im unteren Bereich des Programmfensters in einer Fehlerliste angezeigt. Diese Fehler werden sofort aktualisiert, wenn neue Abweichungen erkannt werden. Die Prüfungen sind dabei jeweils einzeln an/abschaltbar und es können viele Konfigurationseinstellungen bezüglich Prüfgenauigkeit und Fehlergrenzen vorgenommen werden.

In Verbindung mit Mobillösungen (wie auch in Xavo Plant Book enthalten) ist es möglich, bei erkannten Planabweichungen Rückfragen an definierte Benutzergruppen über Scheduling-relevante Informationen zu generieren. So wird beispielsweise bei einem erkannten Maschinenausfall die Dauer des Stillstandes abgefragt und die Information anschließend für das Scheduling verwendet. Diese Information kann aber auch direkt im Gantt-Chart der Planungskomponente erfasst werden.

8.1.2 Monitoring-Modul

Der Monitoring-Modus vergleicht ständig die aktuellen Produktionsdaten mit dem freigegebenen Produktionsplan. Dabei wird beispielsweise das Maschinenlaufverhalten überwacht und die Auswirkungen auf den Plan bei zu schnell oder zu langsam laufenden Maschinen geprüft.

Bei Überwachung des derzeitigen Produktionsstatus mit der Monitoring-Komponente werden zusätzliche Prüfungen durchgeführt. Spezielle Prüfungen der Monitoring-Komponente sind:

- Prüfung auf zu späten Auftragsstart gemäß Planung
- Prüfung auf zu spätes Auftragsende gemäß Planung
- Prüfung auf zu schnelles/langsames Laufverhalten der Maschinen und entsprechende Folgefehler der Planung

Die Abweichungen, die hier erkannt werden, werden genauso behandelt, wie erkannte Fehler in den Planprüfungen des Gantt-Editors.

8.1.3 Automatic Scheduling Modul (basierend auf iFRP®-Algorithmus)

Dieses Modul ermöglicht die automatisierte Feinplanung und Optimierung eines Produktionsplanes. Es basiert auf dem Xavo Scheduling Model (XSM) und transformiert die darin enthaltenen Informationen so, dass der iFRP®-Scheduler sie verarbeiten kann. Der patentierte iFRP-Algorithmus wird von der Firma iFactory Inc. entwickelt. Wichtigstes Merkmal für die Wahl dieses Scheduling-Algorithmus ist die Geschwindigkeit, mit der die Optimierung durchgeführt wird. Über die kurzen Rechenzeiten und die hohe Qualität der Ergebnisse wird die Real-time-Fähigkeit von Xavo Plant Scheduling erreicht.

Die wesentlichen Vorteile des verwendeten Scheduling-Algorithmus sind:

- Hohe Geschwindigkeit

- Analytische Lösung: keine fest kodierten Regeln, sondern mathematische Lösungsfindung
- Flexibilität bei Änderungen am Fabriklayout
- Simulationsfähigkeit

Aufgrund der analytischen Lösung ist keine Neuprogrammierung fest kodierter Regelwerke erforderlich, wenn sich Änderungen am Fabriklayout ergeben. Die Änderung von Kapazitäten, Maschinenanzahl oder -definitionen sind ebenso wie veränderte Lieferwege oder Lagermöglichkeiten ohne Änderungen in der Programmierung abbildbar. Lediglich bei größeren Änderungen im Fabriklayout oder neuen Prozessabläufen in der Produktion ist eine Anpassung der XPS Modelle erforderlich.

Diese Eigenschaften ermöglichen auch die Simulationsfähigkeit von Xavo Plant Scheduling (siehe Abschnitt „Simulationsfähigkeit“).

8.2 Datenebene

8.2.1 Datenmodell (Xavo Scheduling Model, XSM)

Ein wesentlicher Bestandteil des Systems ist das Datenmodell. Das XPS Standardmodell ermöglicht das Abbilden komplexer Strukturen in der Fabrik (Equipmentstrukturen, Personalstrukturen, Materialbesonderheiten, Schichtkalender etc.). Das Xavo Scheduling Model bildet die Fabrik so detailliert ab, dass auch sehr komplexe Schedulingaufgaben modelliert und optimal berechnet werden können.

Folgende Modellierungsmöglichkeiten bietet das XPS Standardmodell:

- Modellierung von Ressourcen (Maschinen, Lager, Puffer/Tanks, Werkzeugen, Personen, Material, Inventar)
- Modellierung von Charakteristika und Fähigkeiten
- Modellierung von Ressourcen-Kompatibilitäten
- Modellierung spezieller Abhängigkeiten zwischen Ressourcen
- Abbilden des Werkskalenders als allgemeine Ressourcen-Verfügbarkeit
- Berücksichtigung von Lieferwegen mit speziellen Lieferzeiten
- Berücksichtigung von minimalen und maximalen Lagerzeiten Material- und Lager-abhängig
- Berücksichtigung von minimalen und maximalen Lagerbeständen Material- und Lager-abhängig
- Aufträge (mit frühestem Auftragsstart/Ende, Liefertermine, Fortschritt, .)
- Spezielle Auftrags-Flags zur automatisierten Behandlung bei erkannten Planungsabweichungen
- Abbilden von Auftragsabhängigkeiten
- Modellierung von Auftragshierarchien
- Berücksichtigung des aktuellen Auftragsfortschrittes und bereits produzierten/verbrauchten Materials
- Definition beliebig vieler Ressourcen pro Auftrag (BOM, Produktionsressourcen)
- Definition von möglichen Ressourcen für jede nötige Auftragsressource
- Definition von Auftragsdauer für jede mögliche Produktionsressource
- Definition von Ressourcen anhand spezieller Charakteristika oder Fähigkeiten (z.B. 2 Personen mit der Fähigkeit Einrichter)
- Benutzer-definierbare Zeitprofile für die Produktion und den Verbrauch von Ressourcen

8.3 Integrationsebene

8.3.1 Integrationsschicht

Die Integrationsschicht stellt Funktionen und Schnittstellen bereit, mit deren Hilfe hochintegrierte Lösungen geschaffen werden können. Über die Integrationsschicht werden alle Scheduling-relevanten Informationen mit der Fabrik ausgetauscht. Es werden die aktuellen Produktionsdaten aus dem System geholt und die erstellten und geprüften Pläne durch den Scheduler freigegeben. Bei der Freigabe wird der Plan nochmals überprüft, ob sich während der Planung unvorhergesehene Änderungen ergeben haben (z.B. anderer Produktionsauftrag bereits gestartet). Bei erkannten Änderungen wird die Freigabe verhindert und die aktuellen Produktionsdaten erneut eingelesen. Ist der Plan realisierbar, wird dieser ins System zurückgeschrieben und kann abgearbeitet werden.

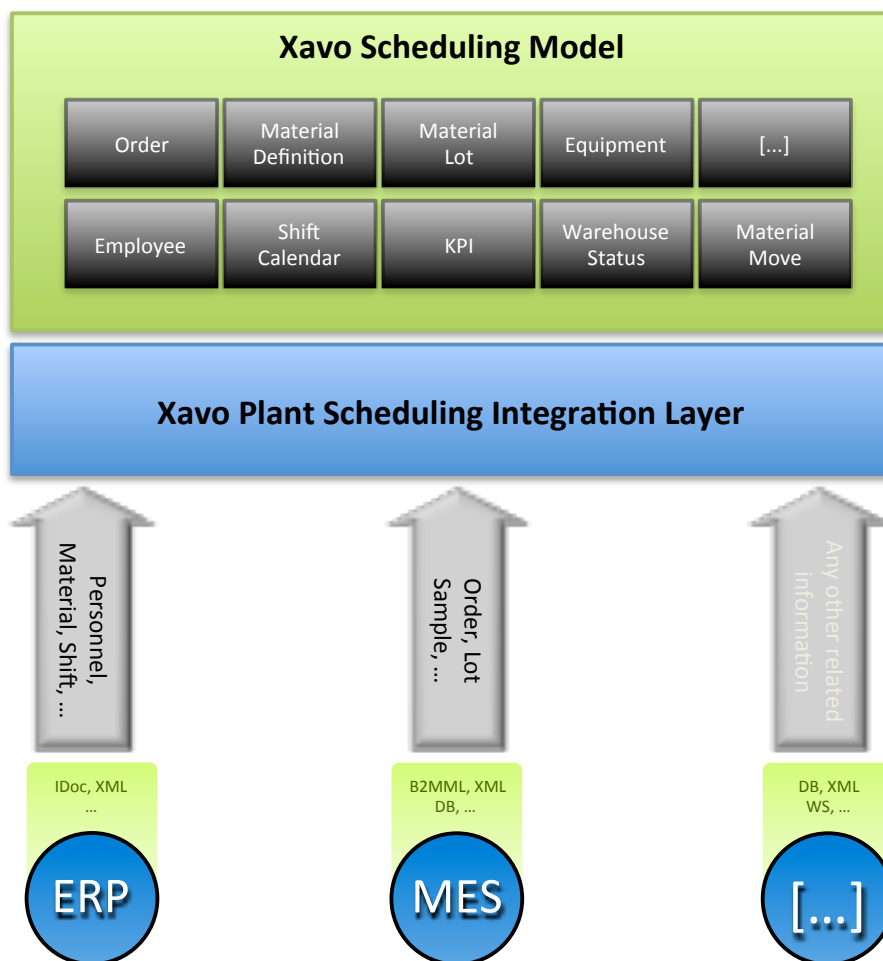


Abbildung 4: Integrationsprinzip von Xavo Plant Scheduling

Master der Daten bleiben in jedem Fall die untergelagerten Produktionssysteme. Xavo Plant Scheduling erhält seine Daten entweder durch regelmäßiges Abfragen (Pull) oder ereignisgesteuert durch die Produktionssysteme (Push).

8.3.2 Pull-Integration

Innerhalb der XPS Integrationsschicht läuft ein zyklischer Prozess, der in regelmäßigen Abständen Daten aus den Produktionssystemen abfragt. Dies geschieht durch Datenbankabfragen über gängige Schnittstellen, durch Webservice-Aufrufe, Auslesen von Dateien von FTP-Servern und viele andere Wege. Pull-Integration ist heutzutage mit nahezu allen Systemen² möglich. Nachteilig kann die Notwendigkeit der zyklischen Abfrage sein. Das verursacht Netzwerk- und Systemlast und ist nur so genau, wie der kleinste Abfragezyklus.

8.3.3 Push-Integration

Einige moderne MES- und ERP-Systeme bieten die Möglichkeit, ereignisgesteuert Aktionen auszuführen. So kann beispielsweise bei Statuswechseln eines MES-Auftrags ein Webservice³ aufgerufen werden, dem diese Änderungen mitgeteilt werden. Der Vorteil liegt auf der Hand: die Informationen in der Produktion werden schnellstmöglich an alle Systeme aktiv verteilt und diese können bestimmungsgemäß reagieren. Der Nachteil dieser Methode ist der Aufwand, der betrieben werden muss, denn die Webservice-Aufrufe müssen häufig noch kundenspezifisch programmiert werden.

² Die wenigsten Systeme bereiten Probleme z.B. durch verschlüsselte Datenbanken oder sehr komplexe Datenstrukturen. Die meisten Systeme bieten sogar aktive Schnittstellen für eine Integration an.

³ Die Integrationsschicht von Xavo Plant Scheduling bietet Webservices als Dateneingang an.

9 Welche Vorteile bringt der Einsatz von XPS?

9.1 Vorteile der manuellen Planung mit Real-time Anbindung

Das XPS Real-time Modell ist so ausgelegt, dass der aktuelle Zustand der Fabrik (Auftragsstatus, Störungsmeldungen, Abweichungen, ...) sofort in einem Planungswerkzeug zur Verfügung steht. Das heißt, eine Umplanung erfolgt nicht nur auf Basis einer gerade erkannten Abweichung, sondern auf Basis aller vorhandenen Abweichungen bzw. Ist-Zustände. Dazu überwacht das Programm die Einhaltung der vorgegebenen Planungsregeln bereits beim Bearbeiten des Produktionsplans.

Dies führt dazu, dass eine manuelle Umplanung immer möglichst adäquat und wenig invasiv durchgeführt werden kann.

- **Übersicht:** Darstellung der gesamten Fabriksituation in einem Tool → Erkennen von plangefährdenden Ereignissen auf einen Blick
- **Direktheit:** sofortige Interaktion mit aktuellem Produktionsstand
- **Einfachheit:** möglichst adäquate und wenig invasive Umplanung
- **Korrektheit:** bei Bearbeitung Echtzeitüberwachung durch Planprüfungen

9.2 Vorteile der automatisierten Planung/Optimierung

Im Abschnitt „Vorteile der manuellen Planung mit Real-time Anbindung“ wurde die aktive Kopplung von Produktionsdaten mit einem Planungswerkzeug erklärt. In bestimmten Situationen kann das dazu führen, dass der Planungsbedarf im Verlauf eines Tages das Personal überfordert. Oftmals werden dann schlechte Kompromisse eingegangen.

Hier setzt die automatisierte Feinplanung/Optimierung an. Das System ist dafür ausgelegt, den kompletten Produktionsplan oder Teile davon unter Berücksichtigung der aktuellen „Lage“ optimal zu synchronisieren. Im Regelfall sind hierfür nur wenige Minuten Rechenzeit erforderlich. Im Abschnitt „Wie funktioniert XPS?“ ist ein Beispiel beschrieben, das den Vorteil dieser ständigen Planungsbereitschaft eindrucksvoll dokumentiert.

- **Einfachheit:** bei Problemen wie Maschinenausfall, die über das System gemeldet werden, muss nur noch der Knopf für die Neuberechnung gedrückt werden
- **Schnelligkeit:** die automatische Planung auf Knopfdruck ermöglicht eine Reaktion auf plangefährdende Ereignisse innerhalb von Minuten
- **Zeiteinsparung:** der Planer spart durch das automatisierte Scheduling zumeist viel Zeit
- **Flexibilität:** im Bedarfsfall kann ein berechneter Plan noch manuell angepasst werden
- **Vollständigkeit:** die Planung wird unter Berücksichtigung aller aktuellen Daten aus der Fabrik optimiert

9.3 Allgemeine Vorteile

9.3.1 Simulationsfähigkeit

XPS arbeitet immer mit Kopien der Originaldatensätze aus den Produktionssystemen. Dadurch ist es möglich innerhalb des Systems so genannte Simulationsläufe zu fahren. Der Zustand der Fabrik kann im Planungswerkzeug verändert werden (z.B. Maschine ausfallen lassen, Personal einsparen, Lagerkapazitäten halbieren, ...). Auf dieser Basis kann man mit dem Automatic Scheduling Modul neue Pläne errechnen lassen und die gefundenen Lösungen gegeneinander abwägen.

Beim Zurückspielen des Planes in die Produktionssysteme prüft das System, ob die Rahmenbedingungen mit denen der Fabrik übereinstimmen. So wird sichergestellt, dass nicht mehr Kapazitäten verplant wurden, als in der Fabrik vorhanden sind, oder das Fabriklayout übereinstimmt.

- **Simulationsfähigkeit:** Striktes Arbeiten mit Kopien der Produktionsdaten ermöglicht Simulationen von Szenarien
- **Plausibilitätsprüfung:** Soll ein simulierter Plan in die Produktion übernommen werden, wird dieser auf „Machbarkeit“ und Plausibilität überprüft

10 Welche Praxisfälle deckt XPS ab?

Dieses Kapitel enthält die am häufigsten vorkommenden Praxisfälle, in denen XPS einen wesentlichen Beitrag zur Beibehaltung eines optimalen Produktionsablaufs beiträgt.

10.1.1 Lieferterminvorhersage

In vielen Industrien muss heute mit „Hot-rocket-Aufträgen“ umgegangen werden. Dazu kommt, dass für solche kurzfristigen Aufträge meist eine genaue Lieferterminzusage gegeben werden muss. Mit Hilfe der Simulationsfunktion (siehe Abschnitt „Simulationsfähigkeit“) kann der Planer einen Auftrag in XPS erstellen und einfügen. Mit dem Automatic Scheduling Modul errechnet das System innerhalb kürzester Zeit einen neuen Plan und dem Kunden kann eine genaue Auskunft über den voraussichtlichen Liefertermin gegeben werden. Da diese Planung auf Basis des aktuellen Fabrikzustandes geschieht, hat der Planer jederzeit die Sicherheit, dass der neue, geänderte Plan in der Fabrik machbar ist.

10.1.2 Umgang mit Personalausfall

Der Faktor Mensch ist nur begrenzt kalkulierbar. So besteht immer ein Risiko eines unerwarteten Personalausfalls z.B. durch Unfälle oder Krankmeldungen. Das automatische Scheduling reagiert auf Personalausfälle mit folgenden Lösungsmöglichkeiten:

- Umschichtung von Personal basierend auf Min./Max.-Besetzung, Qualifikation etc.
- Umplanung von Pausen [falls gewünscht]
- Einplanung von Mehrarbeit [falls gewünscht]
- Wenn unvermeidbar: Auftragsverschiebung
- Möglichkeit der Integration einer „Vorhersage“ der Personalverfügbarkeit durch einen Benutzer

10.1.3 Berücksichtigung des aktuellen Maschinenlaufverhaltens

Läuft eine Maschine schneller oder langsamer als geplant, ergibt sich relativ schnell ein Handlungsbedarf für die Produktionsleitung. Je kleiner Pufferzonen und Zwischenlager gehalten sind, desto schneller kommt hier der Produktionsfluss wegen fehlendem oder zu viel Material aus dem Tritt. XPS erkennt diese Abweichungen und mittels des automatischen Scheduling kann der Planer per Knopfdruck auf solche Veränderungen reagieren um z.B. von einem schnelleren Lauf tatsächlich in allen nachgelagerten Produktionsschritten zu profitieren. Folgende Lösungsmöglichkeiten zieht XPS in Betracht:

- Umplanen der Aufträge
- Verschiebung von Aufträgen
- Abbrechen des Auftrags bei zu langsamer Produktion [falls erlaubt]
- Gegebenenfalls Einplanung weiterer verfügbarer Schichten, um Aufträge zu erfüllen [falls gewünscht]

10.1.4 Umgang mit Maschinenausfall

Technische Störungen an Maschinen sind unvermeidbar. Optimal ist es, wenn möglichst genaue Informationen über die voraussichtliche Dauer der Störung vorliegen (diese werden bei Bedarf von XPS auch mittels mobiler Systeme eingefordert). So kann der Scheduler möglichst wenig invasiv reagieren und muss die Planung gegebenenfalls nur leicht anpassen. Folgende Lösungsmöglichkeiten nutzt Xavo Plant Scheduling:

- Neuverteilung der Aufträge
- Verschiebung von Aufträgen
- eventuell vorhandene Leistungsreserven von gleichartigen Maschinen nutzen
- Möglichkeit der Integration einer „Vorhersage“ der Maschinenverfügbarkeit durch einen Benutzer

10.1.5 Umgang mit Materialproblemen

Zu den größten Problemen mit Rohmaterial gehört, dass es nicht zum vorgesehenen Zeitpunkt verfügbar ist. Oft kann Material auch nicht verfahren werden, weil im Prozess ein Qualitätsproblem festgestellt wurde und Chargen gesperrt sind. Der automatische Scheduler kann darauf optimal reagieren

- Auftragsreihenfolge neu optimieren (unter Berücksichtigung der neuen Materialverfügbarkeit)
- Materialfluss umplanen
- Möglichkeit der Integration einer „Vorhersage“ der Materialverfügbarkeit durch einen Benutzer

11 Welche Nachteile bringt der Einsatz von XPS mit sich?

Ein fertig in Betrieb genommenes XPS-System hat für den täglichen Produktionsbetrieb keine Nachteile. Prinzipiell kann ein XPS-System immer „neben“ den existierenden Systemen aufgestellt werden. Je nach Lösungskonfiguration können jedoch Abhängigkeiten entstehen, die z.B. eine Hochverfügbarkeitslösung erforderlich machen. Dies wäre zum Beispiel bei einer vollautomatischen Scheduling-Lösung (System erkennt Problem und führt selbständig eine Neuplanung durch) der Fall.

Im Zuge der Projektierung eines XPS-Systems wird es manchmal als Nachteil gesehen, dass es einen relativ hohen Konzeptions- und Integrationsaufwand⁴ gibt. Die XPS-Lösungen sind aber immer ROI-orientiert, so dass sich dieser Aufwand egalisiert.

12 Wo liegen die Grenzen von Xavo Plant Scheduling?

Natürlich unterliegt Xavo Plant Scheduling gewissen Grenzen. Folgende Situationen können auch mittels XPS nicht vermieden werden:

- Ereignisse können nicht verhindert werden: XPS kann das Auftreten von Störfällen nicht verhindern. Es bietet aber eine wesentliche Entscheidungshilfe für die optimale Reaktion auf diese Ereignisse.
- Unvollständige oder inkorrekte Daten führen zu ungenauen Plänen: Wenn wichtige Daten im zu Grunde liegenden MES- oder ERP-System fehlen oder inkorrekt sind, kann der errechnete Plan entsprechende Ungenauigkeiten aufweisen. Beispielsweise können nicht gepflegte Setup-Zeiten bei der Berechnung von Plänen nicht berücksichtigt werden.
- Keine gültigen Pläne bei schwerwiegenden Störungen: Unter Umständen kann beim Auftreten von Störfällen kein gültiger Plan zu finden sein. In diesem Fall liefert XPS den bestmöglichen Plan mit entsprechenden Hinweisen auf die verbleibenden Fehler.
- Das System stellt eine Informationsplattform und Toolbox bereit um mit den täglichen Problemen in der Produktion fertig zu werden. Er kann jedoch keinesfalls die Intuition und Erfahrung der Menschen in der Produktion ersetzen.

⁴ Der Integrationsaufwand hängt wesentlich von den vorhandenen Systemen ab.

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zahlreiche unvorhergesehene Ereignisse bestimmten den Tag in einer Fabrik.....	5
Abbildung 2: Grundarchitektur des XPS-Systems.....	7
Abbildung 3: Der Gantt-Editor des manuellen Planungswerkzeugs.....	8
Abbildung 4: Integrationsprinzip von Xavo Plant Scheduling	11