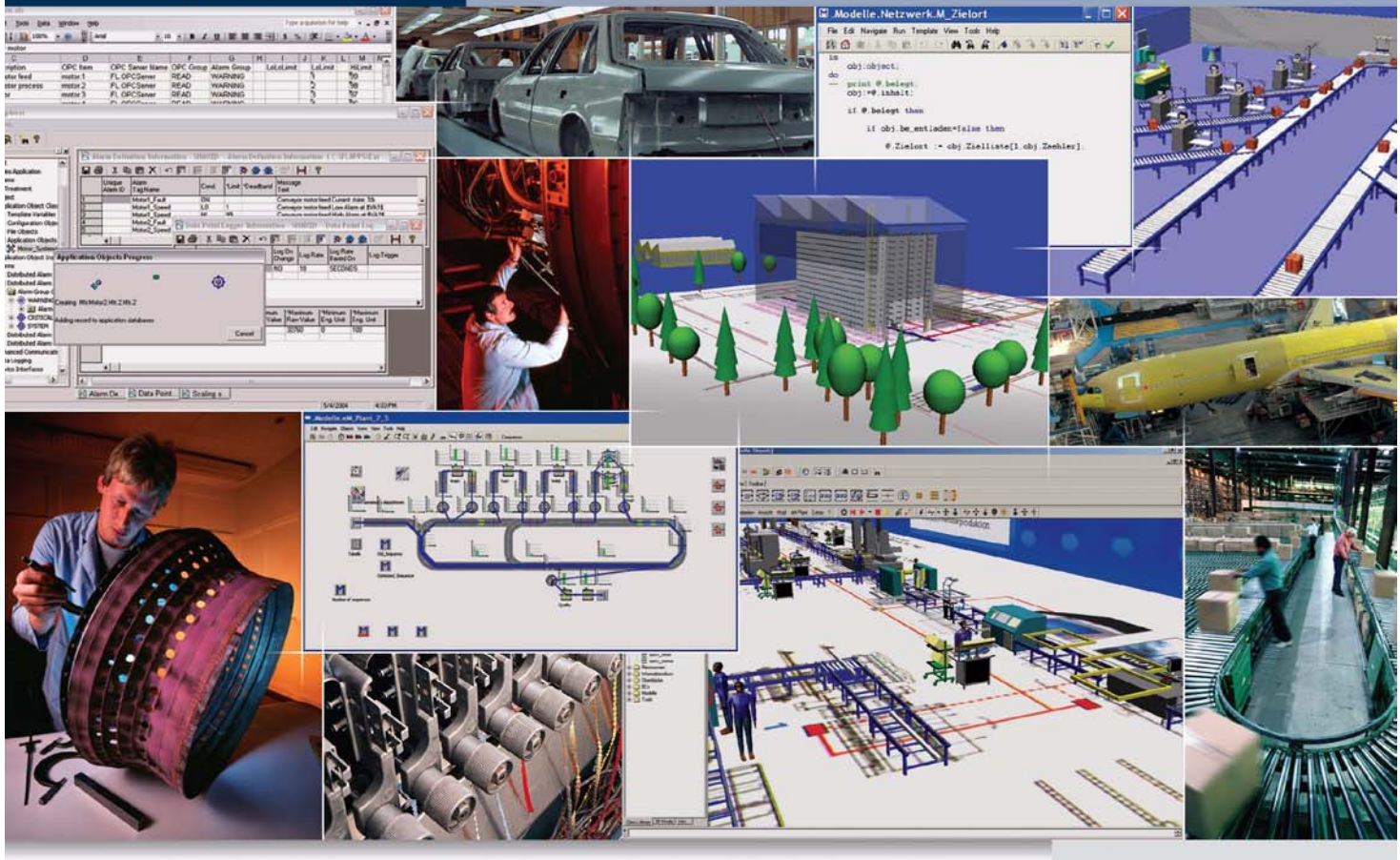
Plant Simulation Shop library

Reference manual

Siemens PLM Software

www.siemens.com/plm



TECNOMATIX

SIEMENS

Hinweise zu Eigentumsrechten

© 2008 Siemens Product Lifecycle Management Software II (DE) GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Diese Dokumentation ist urheberrechtlich von der Siemens Product Lifecycle Management Software II (DE) GmbH geschützt.

Dieses Dokument enthält gesetzlich geschützte Informationen und ist durch das Urheberrecht geschützt. Dieses Dokument darf weder als Ganzes noch in Teilen reproduziert, in Suchmaschinen bereitgestellt, abgeschrieben, veröffentlicht oder übersetzt werden ohne die explizite schriftliche Zustmmung der Siemens Product Lifecycle Management Software II (DE) GmbH.

Siemens und das Siemens Logo sind eingetragene Warenzeichen der Siemens AG.

Tecnomatix und das Tecnomatix Logo sind eingetragene Warenzeichen der Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.

Alle anderen Produktnamen oder Markennamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen im Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

Änderungen der Informationen dieses Dokuments sind ohne Vorankündigung vorbehalten.

TECNOMATIX
Plant Simulation

SIEMENS

Plant Simulation

Shop Bibliothek

Version 9.0

Dezember 2008

Inhaltsverzeichnis

Plant Simulation Shop 1

Simulation, Animation und Auswertung 1

Prinzip der Materialbedarfsplanung 1

Modellierung 2

Folgende Objekte stehen zur Verfügung 2

Beispiel 5

Station 6

Materialbedarfsplanung 6

Produktionsmanager 8

Warehousemanager 10

Warehouse 10

Einkaufsmanager 11

TransportManager 11

Die Objekte von Plant Simulation Shop 13

Die Materialbedarfsplanung 13

Der Produktionsmanager 18

Die Station 19

Der Stationenpool 20

Das Objekt Warehousemanager 20

Das Lagerobjekt Warehouse 21

Der Einkaufsmanager 22

Der Kundenauftragsmanager 22

Der Transportmanager 24

Die Andockstation 24

Das Teil part 24

Das Objekt Analyzer 25

Das Objekt Gantt 27

Die Bestandsauswertung 29

Das Admin-Objekt oder Validator 30

Prüfe auf Vollständigkeit des Modells 30

Prüfe die Stationen 30

Prüfe die Parallelstationen 30

Prüfe die Lager 31

Prüfe die Stammdatentabelle 31

Fülle Transportmatrix aus 31

Die interne Steuerung der Produktion 33

Erzeugen von Produktions- und Einkaufsaufträgen 33

Einlastung von Produktions- und Einkaufsaufträgen 33

Freigabe von Produktionsaufträgen. 33
Die Kanbansteuerung 34
Weiterleitung der Teile 34
Einlagerung von Aufträgen 35
Rüst- und Bearbeitungszeit 35
Fertigungsauftragssteuerung 37
Auftragsdisposition 37
Teiledisposition. 37
Maschinendisposition 38
Synchronsteuerung. 38
Erweiterungen 39
Verbindung der Stationen mit einem Transportsystem 39
Eigene Losgrößenregelung. 39

1

Plant Simulation Shop

Plant Simulation Shop ist ein Softwaresystem zur Modellierung, Simulation, Animation und Auswertung diskreter Produktionssysteme in der Fertigungsindustrie. Plant Simulation Shop ist auf Grundlage von Plant Simulation entwickelt und erfordert eine Plant Simulation Professionallizenz, eine Plant Simulation Standardlizenz oder eine Plant Simulation Applikationslizenz. Für den Gebrauch der Bibliothek werden Kenntnisse in Plant Simulation vorausgesetzt.

Hinweis: Diese Bibliothek soll die jeweilige Modellierungsaufgabe möglichst vollständig abdecken. Aufgrund seiner Flexibilität und Allgemeinheit sind die Objekte und die Beziehung der Objekte untereinander oft komplex. Die Anpassung verlangt ein gutes Verständnis der Funktionalität und ist daher nicht immer einfach. Deshalb ist vor jedem Einsatz zu prüfen, ob die vorliegende Funktionalität die Anforderungen des einzelnen Einsatzfalles abdeckt. Sind Anpassungen zu erwarten, sollte das Nutzen-Aufwand-Verhältnis für den aktuellen Einsatz sorgfältig geprüft werden. Jedenfalls eignet sich diese Bibliothek für die schnelle Erstellung von Prototypen und als Referenz für eigene Bibliotheken.

Simulation, Animation und Auswertung

Die Produktionsstruktur wird mit den Objekten von Plant Simulation Shop grafisch und interaktiv aufgebaut. Die Auftragsplanung erfolgt über die Materialbedarfsrechnung in der Prognose. Zur Abbildung der Steuerung des Material- und Auftragsflusses stehen Auftragsprioritäten und gängige Regeln für die Einlastung und Weiterbearbeitung von Aufträgen zur Verfügung. Weitere Regeln kann der Benutzer in einfacher Weise selbst erstellen. Mit Hilfe der Simulation und Animation kann das Layout, die Dimensionierung und die Steuerung des Produktionssystems überprüft und optimiert werden. Auf dieser Basis, den Stücklisten und Arbeitsplänen werden Produktionsaufträge simuliert. Die Ergebnisse der Simulation wie etwa Ressourcenauslastung, Kosten, Maschinenbelegungen u.a. werden in Dialogboxen, Tabellen und die Produktionspläne als Gantt-Diagramme dargestellt.

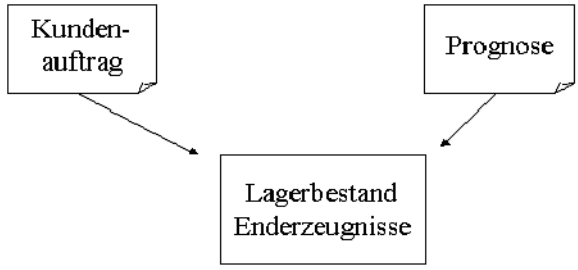
Plant Simulation Shop unterstützt also einerseits den Ingenieur bei der Planung von Produktionssystemen und andererseits den Disponenten und Arbeitsvorbereiter bei der Optimierung des Produktionsplanes im operativen Tagesbetrieb.

Daher eignet sich Plant Simulation Shop auch als Ergänzung zu vorhandenen PPS-Systemen für folgende Zwecke:

- Optimierung der PPS-Systemparameter,
- Prüfung der Machbarkeit von Produktionsplänen unter realistischen Bedingungen und Bewertung unterschiedlicher Szenarien,
- Feinplanung vorgegebener Auftragsprofile auf der Basis aktueller Betriebsdaten.

Prinzip der Materialbedarfsplanung

Die Materialbedarfplanung ist für den prognostizierten Absatz geplant. Mit dieser Vorausplanung wird dann ein Produktionsplan erstellt. Die zum Teil später erfolgenden Kundenaufträge werden mit den Planaufträge aus der Prognose verrechnet, wenn der Bedarf über den prognostizierten hinausgeht werden Eilaufträge gestartet.



Prinzip der Materialbedarfsplanung

Durch die Prognose werden dann die Planaufträge erstellt. Durch Erstellen der Produktionsaufträge unter beachtung der Losgrößenregeln für die einzelnen Produkte, anschliessender Stücklistenauflösung und entsprechender Behandlung der Komponenten erhält man folgende Planungsreihenfolge:

1. Einfügen der Plandaten für die Hauptprodukte (*PlanOrder*)
2. Erstellen der Produktionsaufträge für die Hauptprodukte (*ProdOrder*)
3. Erstellen der abgeleiteten Planaufträge für die Komponenten (*DerivedOrder*)
4. Erstellen der Produktionsaufträge für die Komponenten (*ProdOrder*)
5. Wiederholen der Schritte 3 und 4 bis alle Produkte behandelt sind.

Dabei wird immer ein unbelastetes System betrachtet, d.h. es findet keine Kapazitätsberechnung statt. Hier muß der Planer von Hand eingreifen indem er entsprechende Sicherheitszeiten einplant.

Modellierung

Die zu produzierenden Teile werden in einer Prognose definiert. Im Objekt *MRP* (Material Resource Planning) im Ordner *logistic* sind die Tabellen *MasterData*, *Forecast* und *ProductMix* angesiedelt. In den letzteren beiden wird die Auftragsplanung eingegeben, in der ersteren sind alle simulationsrelevanten Teile beschrieben. Gemäß des Arbeitsplans der Teile werden diese zu Maschinen und Arbeitsplätzen befördert. Zu diesem Zweck stehen die Objekte des Produktionsmanager *ProductionManager* und der *Station* sowie der *Stationpool* im Ordner *production* zur Verfügung. Die Stationen können durch ein Materialflußsystem verbunden werden. Auf diese Weise können unterschiedlichste Produktionsstätten abgebildet werden. Da die einzelnen Stationen in der Regel unterschiedliche Bearbeitungskapazitäten und -geschwindigkeiten aufweisen, entstehen zwischen den Maschinen zwangsläufig Taktzeitunterschiede, die z. B. durch Zwischenpuffer kompensiert werden müssen. Der *ProductionManager* ermöglicht es, die Teile aus diesem Zwischenpuffer entsprechend der vom Anwender über Dialoge gewählten Regeln an die nächste Station weiterzuleiten. Eine weitere Eigenschaft der meisten Produktionsstätten ist die Möglichkeit, einen Bearbeitungsschritt von mehreren Stationen durchführen zu lassen. Der *ProductionManager* wählt anhand unterschiedlicher Regeln eine verfügbare Station aus.

Folgende Objekte stehen zur Verfügung

MRP

- Stammdaten aller vorkommenden Teile (Beschaffungsart, Arbeitspläne mit Operationen, Bearbeitungs- und Rüstzeiten, Stücklisten, Eigenfertigungszeiten, Lieferzeiten)
- Prognose
- Produktmix

- Produktionsplan

Produktionsmanager

- Produktionsaufträge (zu bearbeitende Lose)
- Verwaltung der Bearbeitungsstationen und deren Operationen
- Regeln zur Steuerung und Bearbeitung von Teilen und Aufträgen:
  - Auftragseinlastung (Entry Queueing)
  - Weiterbearbeitung (Process Sequencing)
  - Stationsauswahl (Resource Selection)

Warehousemanager

- Management der verschieden Lager
- Verfügbarkeitsprüfungen
- Management von Fehlbeständen und Freigabe von wartenden Aufträgen

Warehouse

- Lageradministration (Einlagerungen, Bestand)
- Verfügbarkeitsprüfungen von eingelagerten Material

Einkaufsmanager

- Management von Bestellungen (Anbieter, Stückkosten, Lieferzeiten)
- Einkaufsaufträge
- Kundenaufträge
- Management von Kundenbestellungen (Bestellnummer, Produkt, Anzahl, Bestell- und geplanter Liefertermin, im Zuge der Simulation die reale Lieferzeit und Verspätung)
- Übernahme der Prognose, Verändern der Prognose

Station, Stationpool

- Name
- (bei Stationpool) Anzahl der Stationen
- ausführbare Operationen und Fertigungskosten
- Bearbeitungs- und Rüstzeiten, Störungszeiten
- Auswertungen, Kostenstellen
- Störsimulation
- zusätzlich kann ein Puffer vorgeschaltet werden

Auswertungen

- Liste verspäteter Aufträge
- Kosten mit Kostenstelle und Kostengruppe unterteilt nach: Auftrags-, Rüst- und Bearbeitungskosten
- Stationsstatistik: Auslastung, Rüst-/Bearbeitungszeiten
- Durchlaufzeiten

Bestandsauswertung

- Umlauf- oder Gesamtbestand betrachten
- Gesamt oder Intervallbezogen
- Nur bestimmte Produkte

Gantt

- Startdatum
- Graphische und Listendarstellungen
- Start- und Endzeit der Operationen
- Belegungen der Ressourcen

Bevor die Objekte genauer beschrieben werden, wollen wir ein erstes Beispiel betrachten. Das Demonstrationsmodells liegt im Ordner *.models* und hat dem Name *demo*.

2

Beispiel

Ein metallverarbeitender Betrieb stellt ein Getriebe mit Wellen und Zahnrädern her. Die Produkte haben unterschiedliche Arbeitspläne und Rüst- bzw. Bearbeitungszeiten. Als Ressourcen stehen zwei Drehmaschinen, eine Fräs- und eine Bohrmaschine sowie eine Versandabteilung zur Verfügung. Die Prognose soll über drei Monate laufen.

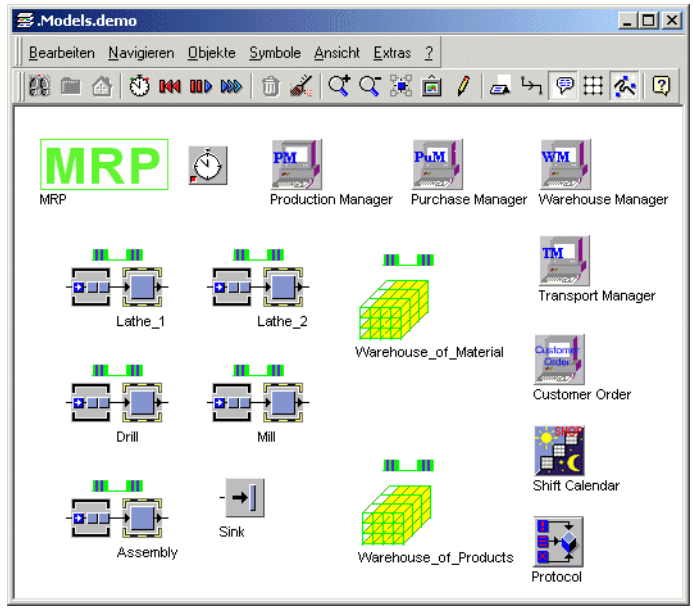
Für dieses Produktionssystem soll die optimale Fertigungsstrategie durch Simulation experimentell ermittelt werden. Folgende Fragen sollen untersucht werden:

- Welche Auftragsreihenfolgen ergeben sich bei unterschiedlichen Regeln zur Fertigungsauftragssteuerung und Maschinendisposition?
- Welche Auslastung ergibt sich für die einzelnen Maschinen?
- Welche Kosten sind für die jeweiligen Maschinen und Maschinengruppen angefallen?
- Wie sind die Rüst-, Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten an den Maschinen?
- Gibt es verspätete Aufträge?

Um die Fertigung zu modellieren, wird in ein neu erzeugtes *Netzwerk* das Objekt *MRP*, ein Objekt *ProductionManager* und 5 Objekte *Station* mit je einem Grundobjekt *Puffer* und einer *DockingStation,* ein *WarehouseManager* mit zwei Lagern *Warehouse,* ein *PurchaseManager* und ein *TransportManager* eingesetzt.

Steht das Gantt-Programm Plant Simulation Gantt zur Verfügung, können Maschinenbelegungspläne graphisch dargestellt werden. In diesem Falle wird das Anwenderobjekt *Gantt* eingesetzt. Zur Kostenauswertung wird der Anwenderobjekt *Analyzer* sowie das Objekt *Stockevaluation* benötigt.

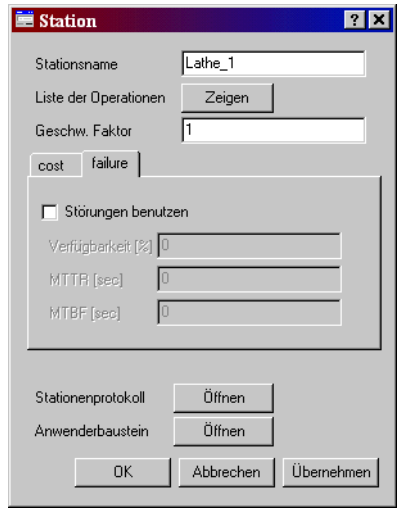
Informationen über Transportzeiten können Sie durch das Objekt *TransportManager* und die Objekte *DockingStation* an jeder Bearbeitungsstation *Station* erhalten. Die Abbildung unten zeigt ein mögliches Layout des Modells.



Das Modell der Produktion

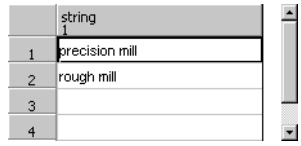
Station

Die Bearbeitungsstation wird durch das Objekt *Production.Station* abgebildet. Ein Doppelklick auf das Objekt öffnet diesen Dialog.



Dialogbox der *Station*

Der Name der *Station* muß eingegeben werden. Um die Operationen der *Station* einzugeben, drücken Sie die Schaltfläche *Zeigen* in der Dialogbox.



Die Liste der Operationen der *Station*

Für Kostenauswertungen muß im Dialog die Kostenerfassung aktiviert werden sowie der *Station* die Kostenstelle eingegeben werden. Die Anzahl der Plätze des Eingangspuffer kann direkt im zugeordneten Grundobjekt *Puffer* festgelegt werden.

Wenn Störsimulation gewünscht wird, müssen Sie im Dialog das Kontrollkästchen Störungen nutzen auswählen. Anschließend kann dann über Verfügbarkeit und MTBF oder MTTR die Störungen eingestellt werden.

Materialbedarfsplanung

Die Erstellung der Aufträge für das Produktionssystems erfolgt im Objekt *MRP*. Die Stammdaten und die Prognosedaten müssen über den Dialog eingeben werden. Der Dialog öffnet sich durch einen Doppelklick auf das eingesetzten Objekt.

Prognosedaten

Durch Drücken der Schaltfläche Editiere Prognose wird die Liste der Prognosedaten geöffnet, die folgendermaßen aussehen kann:

	string 0	integer 1	integer 2	integer 3	integ 4
string	productGroup	1.8.2002	1.9.2002	1.10.2002	
1	Produkte	30	35	28	
2	Ersatzteile	10	12	9	
3					

Prognosedaten in der Materialbedarfsplanung

Es werden die Anzahl der Produkte in den einzelnen Produktgruppen in den einzelnen Intervallen eingegeben.

Produktmix Tabelle

Drücken der entsprechenden Schaltfläche Editiere Produktmix öffnet die Tabelle in der die Produktgruppen in die einzelnen Produkte aufgeschlüsselt sind, korrespondierend mit obiger Tablle:

	string 1	table 2
string	ProductGroup	products
1	Produkte	products
2	Ersatzteile	products
3		

	string 1	real 2
string	productId	percentage
1	1300-100	60.00
2	1300-200	40.00
3		
4		

Die allgemeine Tabelle und eine Subtabelle des Produktmixes

Es werden die Anzahl der Produkte in den einzelnen Produktgruppen in den einzelnen Intervallen eingegeben.

Stammdaten des MRP

Durch Drücken der Schaltfläche Editiere Stammdaten wird die Liste der Stammdaten aller Teile geöffnet. Die Beschaffungsart der Teile ist in der zweiten Spalte enthalten. Der String "I" bedeutet Eigenfertigungsteil (inhouse production part). Ein Einkaufsteil ist durch den String "E" (Extern) gekennzeichnet. Die Stammdaten können folgendermaßen aussehen:

	string 0	string 1	string 2	table 3	table 4	integer 5	integer 6	integer 7	table 8	time 9	table 10
string	productId	product	PT	BOM	OperationPlan	inhouseProdTime	calcProdTime	calcSetupTime	LotSizeData	deliveryTime	warehouse
1	1300-100	transmission, 1	I	bom	op	6000	6000	9600	lot		warehouse
2	1300-200	transmission, 2	I	bom	op	6000	6000	9600	lot		warehouse
3	2100-100	shaft, 100 mm	I	bom	op	3300	3300	27600	lot		warehouse
4	2100-200	shaft, 200 mm	I	bom	op	5220	5220	23400	lot		warehouse
5	7100-000	transmission housing	E			0			lot	8:00:00:00.000	warehouse
6	7300-060	round bar, 60 mm	E			0			lot	8:00:00:00.000	warehouse
7	7400-050	gearwheel, 50 tooths	E			0			lot	8:00:00:00.000	warehouse
8											

Stammdaten aller Teile

Arbeitspläne in den Stammdaten

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *OperationPlan* öffnet den Arbeitsplan des entsprechenden Teils:

	integer 1	string 2	time 3	time 4	time 5	real 6
string	operationNo	operation	setupTime	processingTime	personalTime	base
1	10	rough turn	2:00:00.0000	12:00.0000	0.0000	1.00
2	20	precision turn	2:00:00.0000	16:00.0000	0.0000	1.00
3	30	rough mill	2:40:00.0000	12:00.0000	0.0000	1.00
4	40	drill	1:00:00.0000	15:00.0000	0.0000	1.00
5						

Arbeitsplan des Teils *shaft, 100 mm*

Ein Einkaufsteil braucht keinen Arbeitsplan. In diesen Tabellen ist die Reihenfolge der Operationen mit entsprechenden Bearbeitungs- und Rüstzeiten der Eigenfertigungsteil enthalten.

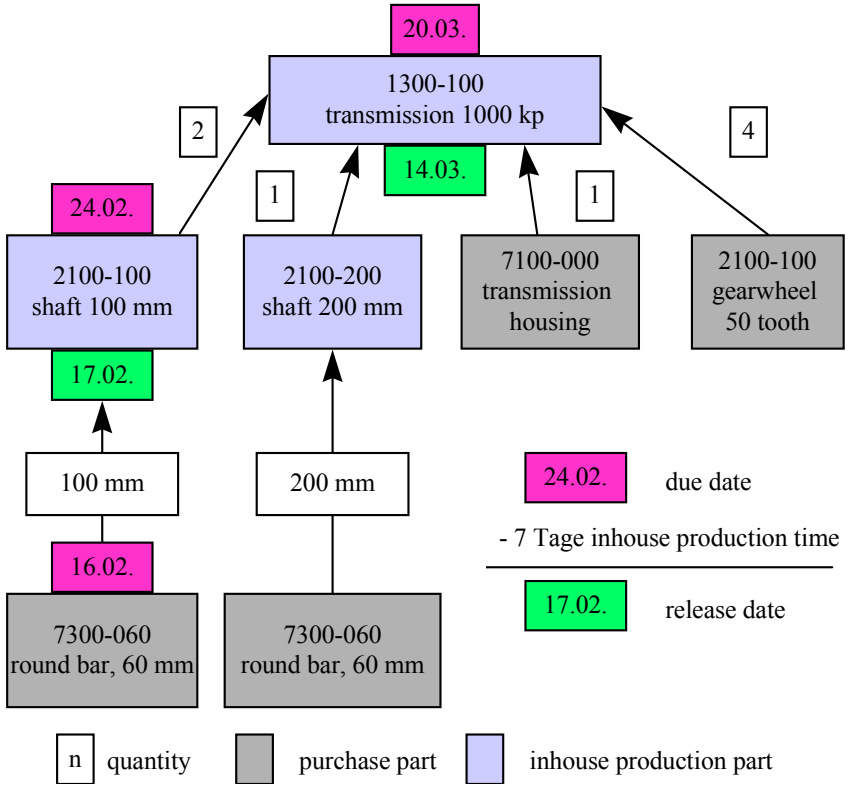
Stücklisten in den Stammdaten

Ein Eigenfertigungsteil kann sich aus mehreren Teilen zusammensetzen. Deshalb kann für diese Teile eine Stückliste definiert werden, die in der Spalte *BillOfMaterial* enthalten ist.

	integer 1	string 2	integer 3	string 4
string	positionNo	partId	factor	unit
1	10	2100-100	4	PC
2	20	2100-200	2	PC
3	30	7100-000	1	PC
4	40	7400-050	8	PC
5				

Ausschnitt der Stückliste masterDataL[3,2] des Teils 1300-200

Die folgende Abbildung zeigt den Stücklistenbaum des Teils 1300-100 zusammen mit der Terminierung eines Kundenauftrages mit der Fälligkeit 20. März.



Terminierung eines Produktionsauftrags zum Teil 1300-200

Produktionsmanager

Die Steuerung des gesamten Produktionsprozesses erfolgt durch das Objekt *ProductionManager*.

Dialogbox des Produktionsmanagers

Produktionsaufträge im Produktionsmanager

Durch Drücken der Schaltfläche Aufträge wird die Liste der Produktionsaufträge geöffnet, die folgendermaßen aussehen kann:

	string 0	string 1	string 2	table 3	table 4	integer 5	datetime 6	datetime 7
string	orderNo	EntityType	EntityName	OperationPlanL	billOfMaterial	Priority	releaseDate	dueDate
1	PO-2007	2100-100	shaft, 100 mm	table31	table41	1	31.07.2002 13:40:00.0000	31.07.2002 21:20:00.0000
2	PO-2008	2100-100	shaft, 100 mm	table32	table42	1	31.07.2002 13:40:00.0000	31.07.2002 21:20:00.0000
3	PO-2016	2100-200	shaft, 200 mm	table33	table43	1	31.07.2002 14:50:00.0000	31.07.2002 21:20:00.0000
4	PO-2017	2100-200	shaft, 200 mm	table34	table44	1	31.07.2002 14:50:00.0000	31.07.2002 21:20:00.0000
5	PO-2009	2100-100	shaft, 100 mm	table35	table45	1	31.07.2002 16:20:00.0000	01.08.2002 00:00:00.0000
6	PO-2018	2100-200	shaft, 200 mm	table36	table46	1	31.07.2002 17:30:00.0000	01.08.2002 00:00:00.0000
7	PO-2001	1300-100	transmission, 1	table37	table47	1	31.07.2002 21:20:00.0000	01.08.2002 00:00:00.0000
8	PO-2004	1300-200	transmission, 2	table38	table48	1	31.07.2002 21:20:00.0000	01.08.2002 00:00:00.0000

Ein Ausschnitt der Liste der Produktionsaufträge des Produktionsmanagers

Die Liste der Operationen im Produktionsmanager

Die Schaltfläche Zeige im Dialog des *ProductionsManager* öffnet die Liste aller Operationen der verschiedenen Stationen.

	string 0	list 1	list 2
string	Operation	StationL	PartL
1	rough turn	list11	list21
2	precision turn	list12	list22
3	rough mill	list13	list23
4	precision mill	list14	list24
5	drill	list15	list25
6	assembly	list16	list26
7			

Liste aller Operationen

Für jede Operation wird eine Tabelle aller Stationen angelegt, die diese Operation ausführen und eine Tabelle aller auf diese Operation wartenden Teile.

Diese Liste wird während des Resets automatisch angelegt.

Liste der Stationen im Produktionsmanager

Diese Liste ist mit demselben Inhalt ausgestattet wie die Operationenliste, allerdings ist die Liste nach Stationen sortiert, nicht nach Operationen.

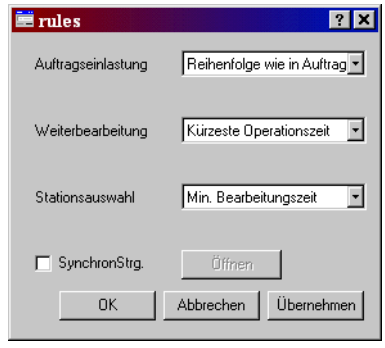
	object 0	string 1	string 2	string 3
string	work station	operation	operation	
1	.Models.demo.Lathe_1	rough turn		
2	.Models.demo.Lathe_2	precision turn		
3	.Models.demo.Mill	rough mill	precision mill	
4	.Models.demo.Drill	drill		
5	.Models.demo.Assembly	assembly		
6				
7				

Liste aller Stationen

Ein Ändern der Operationen in dieser Liste wird dann in die Stationen zurückgeschrieben.

Regelauswahl im Produktionsmanager

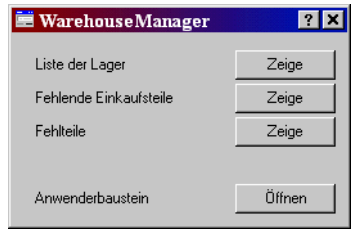
Die Schaltfläche Auswahl in der Dialogbox des *ProductionManager* öffnet einen weiteren Dialog, in welchem die Regeln für die Auftrags- und Maschinendisposition ausgewählt werden können.



Auswahl der Dispositionsregeln

Warehousemanager

Ein Doppelklick auf das Objekt *WarehouseManager* öffnet den Dialog. Die Liste aller eingesetzten Lager kann angezeigt werden. Vor dem Start eines Produktionsauftrages wird geprüft, ob die Bestandteile der Stückliste in der geforderten Menge in den Lagern vorhanden ist. Während der Simulation können Sie sich den aktuellen Fehlteilebestand anzeigen lassen.



Der Lagermanager

Warehouse

Ein Doppelklick auf das Objekt *Warehouse* oder ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Liste der Lager öffnet den folgenden Dialog.

Dialogbox des Lagers

Anfangslagerbestand

Die Schaltfläche Edit öffnet eine Tabelle zur Eingabe des Bestandes zu Beginn der Simulation. (Abbildung 14).

Aktueller Lagerbestand

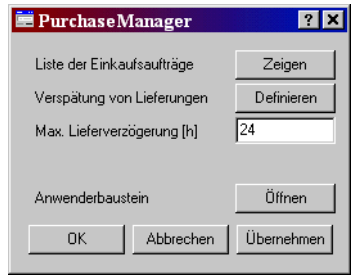
Die entsprechende Schaltfläche zeigt den aktuellen Lagerbestand bzw. am Ende der Simulation.

Weitere Informationen zum Lager warehouse

Falls Kostenauswertungen durchgeführt werden sollen, muß die Kostenerfassung aktiviert werden, sowie der Kostenfaktor und die Kostenstelle in der Dialogbox eingetragen werden. Die Anzahl der Plätze des Eingangs- und Ausgangspuffers können über die Schaltflächen Eingang oder Ausgang verändert werden.

Einkaufsmanager

Ein Doppelklick auf das Objekt *purchaseManager* öffnet deren Dialogbox. Die Schaltfläche Zeigen öffnet die Tabelle der Einkaufsaufträge.



Dialog des Einkaufsmanager

Es kann auch definiert werden, wie groß der Anteil der verspäteten Lieferungen ist, und wie groß die maximale Verspätung ist.

TransportManager

Ein Doppelklick auf das Objekt *TransportManager* öffnet deren Dialogbox.

Dialogbox des Transportmanagers

Es kann die Anzahl der Fahrzeuge, welche die Transportaufträge ausführen, eingegeben werden. Die Schaltfläche Edit öffnet die Matrix der Transportzeiten. Beim Reset und beim manuellen Starten des Validators, werden der Spalten- und Zeilenindex automatisch ausgefüllt. Anderenfalls müssen die Pfade der Bearbeitungsstationen und Lager manuell eingetragen werden. Die Werte der Matrix sind die für den Transport eines Teils benötigte Zeit von A nach B.

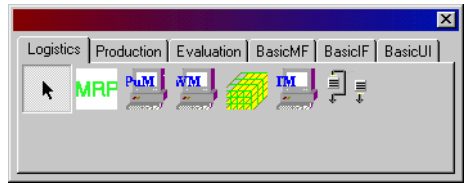
	object 0	time 1	time 2	time 3	time 4	time 5	time 6
object		ParkingPlace	.Models.demo.Lathe_1	.Models.demo.Lathe_2	.Models.demo.Mill	.Models.demo.Dril	.Models.demc
1	ParkingPlace	0.0000	1:00:00.0000	1:00:00.0000	1:00:00.0000	1:00:00.0000	1:00:00.0000
2	.Models.demo.Lathe_1	1:00:00.0000	0.0000	1:00:00.0000	2:00:00.0000	3:00:00.0000	4:00:00.0000
3	.Models.demo.Lathe_2	1:00:00.0000	1:00:00.0000	0.0000	1:00:00.0000	2:00:00.0000	3:00:00.0000
4	.Models.demo.Mill	1:00:00.0000	2:00:00.0000	1:00:00.0000	0.0000	1:00:00.0000	2:00:00.0000
5	.Models.demo.Drill	1:00:00.0000	3:00:00.0000	2:00:00.0000	1:00:00.0000	0.0000	1:00:00.0000
6	.Models.demo.Assembly	1:00:00.0000	4:00:00.0000	3:00:00.0000	2:00:00.0000	1:00:00.0000	0.0000
7	.Models.demo.Warehouse_of_Material	1:00:00.0000	5:00:00.0000	4:00:00.0000	3:00:00.0000	2:00:00.0000	1:00:00.0000

Die Transportmatrix

Jetzt kann die Simulation gestartet werden.

3

Die Objekte von Plant Simulation Shop



Die Toolbox der Bibliothek Plant Simulation Shop

Die Bibliothek Plant Simulation Shop besteht aus folgenden Objekten:

- Materialbedarfsplanung (*MRP*)
- Produktionsmanager (*ProductionManager*)
- Bearbeitungsstation (*Station*)
- Bearbeitungsstationenpool (*Stationpool*)
- Lagermanager (*WarehouseManager*)
- Lager (*Warehouse*)
- Einkaufsmanager (*PurchaseManager*)
- Kundenauftragsmanager (*CustomerOrder*)
- Transportmanager (*TransportManager*)
- Andockstation (*DockingStation*)
- Teil bzw. Los (*part* = Produktion Auftrag)
- Auswertung (*Analyzer*)
- Gantt (*Gantt*)
- Bestandsauswertung (*StockEvaluation*)

Die Materialbedarfsplanung MRP

Das Objekt *MRP* ist für die Bedarfsplanung verantwortlich. Zu Beginn der Simulation wird die Planung durchgeführt, dann die verschiedenen Aufträge in einzelnen Schüben (üblicherweise am Beginn jeden Tages) an die entsprechenden ausführenden Organe (*ProductionManager* und *PurchaseManager*) weitergegeben. In dem Objekt *MRP* sind die Stammdaten der Teile, die Prognose und der Produktmix enthalten. Weiterhin stehen die Tabellen Produktionsplan und Produktauftragsliste zur verfügung. In ersterer ist nach den Produkten aufgeschlüsselt die Plandaten und die Produktionsdaten enthalten, in der letzteren die Produktionsdaten sortiert nach dem Freigabedatum.

Die Registerkarte Planung

Auf der Registerkarte *MasterData* sind die Stammdaten der Produkte.

Die Stammdaten der Teile

Durch Drücken der Schaltfläche Editiere neben Editiere Stammdaten öffnet sich die Tabelle *MasterData,* welche alle zu bearbeitenden und einzukaufenden Teiletypen enthält (siehe Abbildung 7).

ProductId

Als Zeilenindex ist die *productId* gegeben, eine Bezeichnung die das Produkt identifiziert (Stammnummer oder dergleichen).

Product

In der ersten Spalte *product* wird dann eine Kurzbeschreibung des Produkts eingetragen.

PT

In der Spalte *PT* ist die Beschaffungsart enthalten:

- „I“ (Intern), wenn das Teil hergestellt werden soll,
- „E“ (Extern), wenn das Teil eingekauft werden soll.

BOM

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *BOM* öffnet die Stückliste (Bill of material) des Teils (Abbildung 9).

In der Stückliste *BOM* geben Sie folgende Informationen ein:

- Alle Positionen der Stückliste (Bill of material) sind numeriert (Spalte *positionNo*)
- Jede Komponente ist durch seine *partId* identifiziert, die sich auf die *productId* der Stammdatenliste *MasterData* korrespondiert.
- Die Spalte *factor* beschreibt, wie oft die Komponente zur Montage des entsprechenden Teils benötigt wird.
- Die Spalte *unit* ist die Einheit für diese Stückliste. Diese Einheit muß mit der zugehörigen Einheit in der Stammdatenliste *MasterData* übereinstimmen.

OperationPlan

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *OperationPlan* öffnet den Arbeitsplan des Teils (Abbildung 8). Die Reihenfolge der Bearbeitungsschritte ist durch die Reihenfolge im Arbeitsplan bestimmt. (siehe Spalte *operationNo*).

Die Rüst-, Bearbeitungs-, sowie die Zeit für die Personal benötigt wird sind durch den Teiletyp bestimmt. Der Eintrag in die Spalte *personalTime* wird derzeit noch nicht verwendet.

InhouseProdTime

Die nächste Spalte *inhouseProdTime* ist die Berechnungsgrundlage für die Materialbedarfsplanung. Er kann aus der Spalte *calcProdTime* übernommen werden, allerdings sollte ein Sicherheitsaufschlag für Störungen im System, doppelbelegungen von Maschinen und ähnliches eingerechnet werden.

CalcProdTime & CalcSetupTime

In den Spalten *calcProdTime* und *calcSetupTime* wird beim Schliessen der Stammdatentabelle die berechneten Produktions- und Rüstzeiten eingetragen. Diese werden aus einfacher Addition der Einzelschritte unter der Einberechnung der Berechnungsanzahl (“*base*”) gewonnen.

LotSizeData

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *LotSizeData* öffnet eine Tabelle mit Informationen über die Losgrößenregelung des Produkts.

	string 1	integer 2	integer 3	table 4	string 5
string	LotSizeRule	LotSize	MaxStock	LotProfil	
1	Fixed	5			

Losgrößenregelung für ein Produkt

- *LotSizeRule*: mögliche Regeln sind:
  - Feste Losgröße (abgekürzt durch *Fixed*), jeder Bedarf wird in feste Losgrößen aufgeteilt
  - Exakte Losgröße (abgekürzt durch *Exact*), jeder Bedarf führt zu einem Auftrag von gleicher Größe
  - Wiederauffüllen des Lagers (abgekürzt durch *Replenish*), bei jedem Bedarf wird das Lager wieder bis zur maximalen Inhalt aufgefüllt
  - Losprofil (abgekürzt durch *Profile*), jeder Bedarf wird über eine Profiltabelle in eine Losgröße überführt
  - Kein Losgrößenregelung sondern ein Produktionssteuerungsart : *Kanban*
- *LotSize:* feste Losgröße (wird für *Fixed* und *Kanban* benötigt)
- *MaxStock*: Die maximale Größe des Lagers (wird für die Losgrößenregel *Replenish* benützt).
- *LotProfile*: Eine Tabelle in der das Losgrößenprofil hinterlegt ist (für die Regelung *Profile*).

	integer 1	integer 2	integer 3
string	From	Until	LotSize
1	1	2	2
2	3	5	5
3	6	10	10
4	11	100	50
5			

Ein Losprofil für die Regel *Profile*

DeliveryTime

In die nächste Spalte der Stammdatentabelle namens *deliveryTime* wird die Zeit eingetragen, die ein Einkaufsteil benötigt, um von der Bestellung bis in das Lager der Produktion zu kommen.

Warehouse

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *warehouse* öffnet eine Tabelle mit Informationen zur Lagerhaltung.

	string 1	string 2	integer 3	integer 4	time 5
string	Warehouse	Unit of Quantity	SafetyStock	NumKanban	StartZeit f. Kanban
1	Warehouse_of_Products	PC			

Lagersicht

- *Warehouse:* Name des Lagers, indem das Teil gelagert wird.
- *Unit of Quantity*: Mengeneinheit, in der das Teil gelagert wird.
- *SafetyStock:* Der Sicherheitsbestand des Lagers, der in der Materialbedarfsplanung nicht unterschritten werden darf.
- *NumKanban*: Die Anzahl der verfügbaren Kanbankarten/-kisten.
- *StartZeit f. Kanban*: Falls alle Kanbankarten/-kisten zu einer bestimmten Zeit gestartet werden sollen, ist diese hier einzutragen.

Costs

Ein Doppelklick in den rechten Teil eines Eintrages der Spalte *costs* öffnet eine Tabelle mit Informationen zur Kostensicht

	real 1	real 2	integer 3	real 4
string	cost_of_purchase	cost_of_factory	unit_of_cost	production costs
1	50.00	210.00	1	210.00

Kostensicht

- *cost_of_purchase*: Einkaufspreis
- *cost_of_factory*: Herstellungskosten bei Eigenfertigung
- *unit_of_cost:* meist pro 1, 10, 100, usw.
- *production costs*:

FixedInhouseProductiontime

In dieser Spalte der Stammdatentabelle wird dann ein Eintrag vorgenommen, wenn die Planung des Startzeitpunkts der Produktionsaufträge unabhängig von der Stückzahl erfolgen soll. Die Zeitspanne wird als feste Produktionszeit eingerechnet.

Schichtkalender

Wenn das Produkt nur auf Stationen mit einem Schichtplan gefertigt wird, kann dieser hier eingetragen werden. Dieser Schichtplan wird dann für Terminierungszwecke verwendet.

Laden und Speichern

Mit diesen Schaltflächen kann man die Stammdatentabelle als Textdatei speichern oder von einer solchen laden.

Benütze berechnete Produktionszeit

Mit dieser Schaltfläche wird für alle Produkte der aus dem Operationsplan errechnete Betrag der Fertigungszeit in die Spalte *InhouseProdTime* der Stammdatentabelle übernommen.

Die Registerkarte Prognose

In der Registerkarte Forecast sind die Funktionalitäten angesiedelt, die sich auf die Produktionsprognose beziehen.

Die Prognosetabelle

Die Schaltfläche Editiere öffnet die Tabelle *forecast* der Materialbedarfsrechnung. In diese Tabelle können die Absatzprognose für die einzelnen Produktgruppen eingegeben werden.

	string 0	integer 1	integer 2	integer 3	integer 4
string	productGroup	1.8.2002	1.9.2002	1.10.2002	
1	Produkte	30	35	28	
2	Ersatzteile	20	25	15	
-					

Ein Beispiel für die Prognosetabelle

Das Kontrolkästchen Benutze Produktmix

Über dieses Kontrolkästchen wird das Verhalten der Prognosetabelle gesteuert. Wenn es nicht gesetzt ist, muß in der Indexspalte der Prognosetabelle die ProduktId eingetragen werden, wenn es gesetzt ist, der Name einer Produktgruppe die in der nächsten Tabelle definiert ist.

Definition der Produktgruppen

Mit der Schaltfläche Editiere direkt unter derjenigen der Prognose erfolgt die Aufschlüsselung der Produktgruppen in Einzelprodukte durch die Tabelle *productmix*. Diese ist eine geschachtelte Tabelle, in der die Produktgruppen in den Zeilenindex eingetragen werden, und Subtabellen mit den Produkten den Inhalt der Tabelle darstellen.

	string 1	table 2
string	ProductGroup	products
1	Produkte	products
2	Ersatzteile	products
3		

	string 1	real 2
string	productId	percentage
1	1300-100	60.00
2	1300-200	40.00
3		
4		

Aufschlüsselung der Produktgruppe am Beispiel Produkte

Die Registerkarte Planung

Hier sind Funktionen und Tabelle, die die Planung beeinflussen.

Der Produktionsplan

Durch betätigen der Schaltfläche Zeige neben Zeige Produktionsplan öffnet die Tabelle *productionschedule*, in dieser ist der gesamte geplante Produktionsablauf mit Planaufträgen, Produktionsaufträgen und Einkaufseinträgen enthalten. Dieser Plan ist in die Produkte aufgespalten. Falls die Tabelle sich im Leerzustand befindet, wird vor dem Öffnen die Prognose ausgewertet und das Ergebnis als Planaufträge in die Tabelle geschrieben. Durch das Erzeugen der Produktionsaufträge werden dann auch Planaufträge für die Komponenten erzeugt.

	productId	Schedule
1	1300-100	table11
2	1300-200	table12
3	2100-100	table13
4	2100-200	table14

	OrderNo	StartDate	EndDate	OrderType	Quantity	Stock
1						0
2			01.08.2002 00:00:00.0000	PlanOrder	18	-18
3			01.09.2002 00:00:00.0000	PlanOrder	21	-39
4			01.10.2002 00:00:00.0000	PlanOrder	16	-55

Ein Beispiel für einen Produktionsplan im Planzustand

Das Kontrolkästchen "Nur erstes Mal Rüsten in einer Auftragsserie"

Wenn es nicht gesetzt ist, wird für jeden Produktionsauftrag die Rüstzeit miteinberechnet, wenn es gesetzt wird, wird davon ausgegangen das aufeinanderfolgende Aufträge, wie sie durch einen Planauftrag erzeugt werden, der in mehreren Produktionsaufträgen resultiert, auch in derselben Reihenfolgen direkt hintereinander auf die entsprechende Arbeitsstation kommt und daher Umrüsten nicht notwendig ist.

Die Schaltfläche "Erzeuge Produktionsaufträge"

Hier können Sie von Hand den Vorgang der Planung anstoßen. Es werden die Plandaten der Hauptprodukte eingetragen, Produktionsaufträge erstellt, diese wieder über die Stückliste aufgelöst usw.

Die gesamte Produktauftragsliste

In der Produktionsauftragsliste sind die Aufträge zeitlich sortiert verfügbar. In den letzten beiden Spalten *released* und *releasedDate* ist erkennbar ob die Aufträge schon in die Produktion weitergegeben wurden.

	orderNo	productId	product	StartDate	Enddate	OrderType	Quantity	warehouse	released	releasedDate
14	PU-3017	7400-050	gearwheel, 50 tooths	21.07.2002 00:00:00.0000	29.07.2002 00:00:00.0000	PurchOrder	20	warehouse_of_material		
15	PU-3018	7400-050	gearwheel, 50 tooths	21.07.2002 00:00:00.0000	29.07.2002 00:00:00.0000	PurchOrder	20	warehouse_of_material		
16	PU-3019	7400-050	gearwheel, 50 tooths	21.07.2002 00:00:00.0000	29.07.2002 00:00:00.0000	PurchOrder	20	warehouse_of_material		
17	PU-3039	7300-060	round bar, 60 mm	21.07.2002 00:00:00.0000	29.07.2002 00:00:00.0000	PurchOrder	10000	warehouse_of_material		
18	PO-2021	2100-100	shaft 100 mm	28.07.2002 01:30:00.0000	28.07.2002 18:20:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
19	PO-2023	2100-100	shaft 100 mm	28.07.2002 03:20:00.0000	28.07.2002 20:10:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
20	PO-2026	2100-100	shaft 100 mm	28.07.2002 14:20:00.0000	29.07.2002 07:10:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
21	PO-2051	2100-200	shaft 200 mm	28.07.2002 17:15:00.0000	29.07.2002 14:15:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
22	PO-2020	2100-100	shaft 100 mm	28.07.2002 18:20:00.0000	29.07.2002 11:10:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
23	PO-2022	2100-100	shaft 100 mm	28.07.2002 20:10:00.0000	29.07.2002 13:00:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
24	PO-2052	2100-200	shaft 200 mm	28.07.2002 21:00:00.0000	29.07.2002 18:00:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
25	PO-2029	2100-100	shaft 100 mm	29.07.2002 01:20:00.0000	29.07.2002 18:10:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
26	PO-2053	2100-200	shaft 200 mm	29.07.2002 04:15:00.0000	30.07.2002 01:15:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		
27	PO-2024	2100-100	shaft 100 mm	29.07.2002 05:20:00.0000	29.07.2002 22:10:00.0000	ProdOrder	10	warehouse_of_products		

Ein Ausschnitt der Auftragsliste

Das Kontrolkästchen "Planung nach Reset"

Wenn mehrer Experimentläufe mit den gleichen Ausgangsdaten vorgenommen werden sollen, verhindert das Setzen dieses Kontrolkästchens das Löschen des Planungsstandes bei einem Reset.

Der Produktionsmanager

Das Objekt *ProductionManager* ist für die korrekte Bearbeitungsreihenfolge verantwortlich. Er disponiert Produktionsaufträge sowie die Bearbeitungsstationen. In Abhängigkeit von der gewählten Dispositionsregel wird das zu bearbeitende Teil zur nächsten Station geschickt. Zu diesem Zweck muß der Produktionsmanager alle Stationen mit ausführbaren Operationen und alle zu bearbeitenden Teiletypen (*EntityNo*) kennen.

Dialog

Ein Doppelklick auf das Objekt *ProductionManager* öffnet deren Dialogbox, in die alle benötigten Informationen eingetragen werden müssen. (Abbildung 11). Diese Daten werden nun im Detail beschrieben:

Produktionsaufträge

Die erste Schaltfläche Aufträge öffnet die Tabelle *ProdOrderL* des *ProductionsManager*. In dieser Tabelle werden die Produktionsaufträge eingelastet, die durch die Materialbedarfsplanung erzeugt wurden. Die Tabelle enthält folgende Einträge:

- Nummer des Produktionsauftrages (beginnt mit „PO")
- Teilenummer (*EntityType*) und Teiletyp (*EntityName*)
- Arbeitsplan (*operations plan*)
- Stückliste (*bill of material*)
- Priorität
- Freigabetermin Startzeit des Produktionsauftrages (Spalte *releaseDate*)
- Fälligkeitstermin Zeitpunkt, zudem der Auftrag im Lager verfügbar ist (Spalte *dueDate*)
- Losgröße des Produktionsauftrages (Spalte *quantity*)
- Einheit des Produktionsauftrages (Spalte *unit_of_quantity)*
- Lager, in dem das Material gelagert wird (siehe *MasterData*)
- Startzeitpunkt des Zusammenbaus (Spalte *start*)
- Startzeitpunkt der Bearbeitung (Spalte *Process*)
- Endzeitpunkt der Bearbeitung (Spalte *end*)

Die letzten drei Spalten werden während der Simulation durch den Produktionsmanager ausgefüllt. Die Spalte *start* enthält den Freigabetermin des Produktionsauftrages (bei Zusammenbauteilen) und die Spalte *end* den Zeitpunkt der Fertigstellung.

Operationsliste

Durch Drücken der Schaltfläche Zeige öffnet sich die Liste der Operationen, die durch den *Validator* ausgefüllt wird. Für jede Operation wird eine Tabelle aller Stationen angelegt, die diese Operation ausführen und eine Tabelle aller auf diese Operation wartenden Teile.

Stationenliste

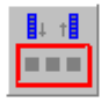
In dieser Liste stehen dieselben Informationen wie in obiger OperationsListe, allerdings nach den Stationen sortiert. Einträge für Operationen an Stationen werden hier an die Stationen zurückgeschrieben. Nach ändern dieser Liste muß der Validator gestartet werden!

Dispositionsregeln

Durch Drücken der Schaltfläche *Auswahl* öffnet sich eine weitere Dialogbox zur Auswahl der Dispositionsregeln. Die Auswahl enthält Regeln für die Einlastung der Produtionsaufträge, die Stationsauswahl und die Auswahl wartender Teile. Die Regeln werden in Kapitel „Fertigungsauftragssteuerung“ genauer beschrieben.

Öffnen des Objektes

Durch Drücken der Schaltfläche *Öffnen* wird das *Netzwerk* des Objektes geöffnet. Es ist möglich, Listen und Methoden des Produktionsmanagers zu Anpassungszwecken zu verändern. So können besondere Anforderungen, z.B. spezielle Dispositionsregeln, realisiert werden.

Die Station 

Mit Hilfe dieses Objektes werden Maschinen und Arbeitsplätze abgebildet. Das Objekt ist für die Bearbeitung eines Teils vorgesehen. Wenn das Teil alle Schritte des Arbeitsplanes ausgeführt hat, wird es in das entsprechende Lager geschafft und vernichtet. Der Produktionsmanager bekommt alle notwendigen Informationen über Kapazitäten, Verfügbarkeit und Bearbeitungskosten.

Dialog

Ein Doppelklick auf das Objekt *station* öffnet deren Dialog (Abbildung 2). Die Einstellungsmöglichkeiten dieses Objektes werden nun im Detail beschrieben.

Stationsname

Dieses Eingabeelement enthält den Namen des Objektes.

Verfügbare Operationen

Die Schaltfläche Zeigen öffnet eine Liste aller Operationen der Station.

Geschwindigkeitsfaktor

In diesem Faktor lassen sich Unterscheidungen von älteren Maschinen zu jüngeren machen. Er wird in die Zeitberechnung als Faktor miteinbezogen.

Registerkarte Kosten

Mit dem aktivieren des Kontrollkästchens zur Kostenberechnung wird es möglich die weiteren Daten einzugeben.

Kostenfaktor pro Stunde

Der Kostenfaktor für jeden Bearbeitungsschritt pro Stunde kann eingegeben werden. Er wird in der Variablen *costFactor* in der Station gespeichert.

Kostenstelle

Mit diesem Eingabefeld können Sie mehrere Stationen einer Kostenstelle zuordnen. Wenn das Objekt *Analyzer* verwendet wird, können die Bearbeitungskosten für jede Station erfaßt werden.

Registerkarte Störungen

Maschinenausfälle, z.B. durch Störungen oder Wartungen, können durch Störungen des Einzelplatzes *Work* in der Station abgebildet werden. Der Produktionsmanager schickt keine Teile an eine gestörte Station. Die Zeitwerte für Störungen können im Dialog der Station eingegeben werden.

Im Dialog der Station kann eingegeben werden, ob eine Störsimulation stattfinden soll oder nicht. Wenn das Kontrollkästchen gesetzt ist, werden die Eingabefelder für die Verfügbarkeit, MTTR und MTBF auswählbar. Es werden nur zwei Werte benötigt, der dritte wird berechnet.

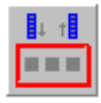
Für gestörte Stationen kann ein entsprechendes Icon gesetzt werden. Dieses Icon wird während einer Störung angezeigt, wenn

- der Name des Icons auf *_fail* endet und
- der restliche Name mit der ungestörten Station übereinstimmt.

Das Stationenprotokoll

Im Stationenprotokoll werden die Daten der Produktionsaufträge aufgenommen, die auf der Station bearbeitet werden. Im einzelnen werden aufgenommen:

- der Name des Produktionsauftrages
- der Name des Teiles
- die Losgröße
- Startzeitpunkt und Dauer des Rüstens
- Startzeitpunkt und Dauer der Bearbeitung
- Ende der Bearbeitung

Der Stationenpool 

Der Stationenpool hat die dieselbe Funktionalität wie die Station, der Unterschied besteht darin das der Stationenpool aus mehreren parallelen Stationen besteht. Die Auslastung der Einzelstationen wird getrennt aufgenommen, das Stationenprotokoll wird gemeinsam geführt.

Der Stationenpool soll dazu dienen, mehrere gleiche Stationen zu simulieren, ohne dieselben Werte mehrmals eingeben zu müssen.

Dialog

Der Stationenpool hat diesselbe Oberfläche wie die Station, mit der Ausnahme das ein weiteres Eingabefeld für die Anzahl der Stationen eingefügt wurde.

Das Objekt Warehousemanager

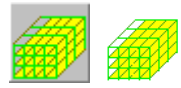
Das Objekt *WarehouseManager* bildet zusammen mit dem Objekt *Warehouse* ein Lagersystem ab.

Das Objekt *WarehouseManager*:

- behandelt Ein- und Auslagerungen der entsprechenden Lager,
- führt vor jedem Start eines Produktionsauftrages Verfügbarkeitsprüfungen durch,
- erfaßt Fehlteile von Produktionsaufträgen und gibt wartende Aufträge frei.

Dialog

Die Liste aller eingesetzten Lager kann angezeigt werden. Ein Doppelklick in den rechten Teils des Tabelleneintrages öffnet den entsprechenden Dialog des Lagers. Vor dem Start eines Produktionsauftrages wird geprüft, ob die Bestandteile der Stückliste in der geforderten Menge in den Lagern vorhanden ist. Während der Simulation können Sie sich den aktuellen Fehlteilebestand anzeigen lassen. Die Schaltfläche Öffnen öffnet das Netzwerk des Objektes. (siehe Abbildung 16)

Das Lagerobjekt Warehouse 

Das Objekt *warehouse* ist das Ziel der fertig bearbeiteten Teile. Der Dialog kann mit einem Doppelklick auf den Objekt *Warehouse* geöffnet werden.

- verwaltet den verfügbaren Bestand (Spalte *stock*) und den reservierten Bestand (Spalte *reserved stock*) für die Teiletypen (EntityNo) in der Tabelle *storeL,*
- informiert den Warehousemanager über Fehlteile (Tabelle *stockOutageL* des *WarehouseManager*), wenn ein Teiltyp für einen Produktionsauftrag fehlt,

Dialog

Anfangsbestand

Ein Klick auf die entsprechende Schaltfläche Zeige öffnet die Tabelle *stock_at_start*, in welcher der Bestand zu Beginn der Simulation eingetragen werden kann. Die Einträge dieser Tabelle ändern sich nicht während der Simulation.

Aktueller Lagerbestand

Ein Klick auf diese Schaltfläche öffnet eine Tabelle, in welcher der momentane Lagerbestand nach einem Stop oder der Beendigung der Simulation angezeigt wird. Der Bestand teilt sich in verfügbaren und reservierten Bestand auf.

Registerkarte Kosten

Kosten berechnen

Hier kann die Kostenberechnung eingeschaltet werden.

Kostenfaktor pro Stunde

Der Kostenfaktor für Ein- und Auslagerungen kann eingegeben werden. Der Wert wird in der Variable *costFactor* im entsprechenden Lager gespeichert.

Kostenstelle

In diesem Eingabefeld können Sie mehrere Lager zu einer Kostenstelle zusammenfassen. Mit dem Objekt *Analyzer* kann dann eine Kostenanalyse durchgeführt werden.

Registerkarte Protokoll

Protokollieren der Lageraktivitäten

In das Eingabefeld kann die *productid* des Teils eingeben werden, das beobachtet werden soll. Mit der Schaltfläche *zeige* wird dann ein Diagramm mit der Lagerbelegung geöffnet.

Registerkarte Definitionen

Definition des Eingangsplatzes

Die Schaltfläche Eingang öffnet die Dialogbox des Grundobjektes des Eingangspuffers der Station. Dies ist z.B. notwendig, um den Eingangspuffer zu dimensionieren.

Definition des Ausgangsplatzes

Die Schaltfläche *Ausgang* öffnet die Dialogbox des Grundobjektes des Ausgangspuffers der *Station*. Dieser Puffer ist eine Parallelstation. Folglich können sich die Teile (und demnach auch die Aufträge) überholen.

Der Einkaufsmanager

Das Objekt *PurchaseManager* verwaltet alle Einkaufsaufträge und startet sie zum entsprechenden Liefertermin (analog dem *Produktion Manager*).

Dialog

Ein Doppelklick auf das Objekt *PurchaseManager* öffnet deren Dialogbox (Abbildung 18). Die Dialogelemente des Objektes *PurchaseManager* werden nun erklärt:

Liste der Einkaufsaufträge

Ein Klick auf diese Schaltfläche öffnet eine Tabelle mit folgenden Informationen

- Auftragsnummer (Spalte *OrderNo)*, beginnen mit „PU“
- Teilenummer und Typ (Spalten *EntityType* und *EntityName*)
- Releasetermin (Spalte *releaseDate*)
- Liefertermin (Spalte *dueDate*)
- Losgröße (Spalte *quantity*)
- Mengeneinheit (Spalte *Uof_quantity*)
- Lager (Spalte *warehouseType*) bezeichnet den Namen des Lagers
- Ankunftszeit (Spalte *ArrivalTime*)
- Kosten des Einkaufs (Spalte *Costs*)

Verspätung von Lieferungen

In der sich öffnenden Tabelle kann der Anteil der sich verspätenden (*belated*) zu den nicht verspäteten (*not belated*) Lieferungen angegeben werden.

Maximale Lieferverzögerung in Stunden

Hier kann die maximale Lieferverzögerung angegeben werden. Die Verzögerung wird dann mit einer gleichförmigen Verteilung zwischen 0 und der maximalen Lieferverzögerung berechnet.

Der Kundenauftragsmanager

Das Objekt CustomerOrder simuliert die Aufträge von Kunden, d.h. die Entnahme der Endprodukte aus dem Lager. Es ist möglich die Aufträge aus der Prognoseliste zu generieren oder sie direkt einzugeben.

Liste der Kundenaufträge

Ein Klick auf diese Schaltfläche öffnet eine Tabelle mit folgenden Informationen

- Auftragsnummer (Spalte *OrderNo)*, beginnen mit „CO“
- Teilenummer und Typ (Spalten *EntityType* und *EntityName*)
- Auftragsdatum (Spalte *releaseDate*)
- Liefertermin (Spalte *scheduledArrivalTime*)
- Bestellmenge (Spalte *quantity*)
- Freigabe erfolgt (Spalte *released*)
- Ankunftszeit (Spalte *ArrivalTime*)
- eventuelle Verspätung des Auftrages (Spalte *Delay*)

Die Auftragsnummer

Diese Spalte wird automatisch in der Init-Phase vom System ausgefüllt und enthält die Systemkennnummer des Kundenauftrags.

Die Teilenummer und -typ

In diesen beiden Spalten müssen die Bezeichnungen aus der Stammdatentabelle eingetragen werden, zumindest die ProduktId muß verwendet werden.

Das Auftragsdatum

Hier wird der Zeitpunkt eingetragen, ab dem der Auftrag dem System bekannt gemacht wird. Kann für Abgleich Planung-Ist Zustand verwendet werden.

Der Liefertermin

Das ist der Zeitpunkt, ab dem das System versucht, die Teile aus dem Lager zu entnehmen.

Die Bestellmenge

Die Anzahl an Teilen die bestellt wird.

Hinweis: Die restlichen Spalten werden von dem System zur Laufzeit der Simulation gefüllt.

Freigabe

Zeigt an, ob der Kundenauftrag schon in das System eingespeist wurde.

Die Ankunfstzeit und die eventuelle Verspätung

Wenn die Teile geliefert werden können, (dem System entnommen werden), wird hier die Zeit eingetragen ebenso die Verspätung.

Übertrage Prognose

Mit dieser Funktion kann der Inhalt der Prognose als Kundenaufträge übernommen werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die Daten zu verändern.

Veränderung der Prognose

Mittels dieser Methode erfolgt die Veränderung der Prognose. Übergeben wird die ProduktId und die Menge der Prognose, das Ergebnis ist dann die Bestellmenge des Kundenauftrags.

Der Transportmanager

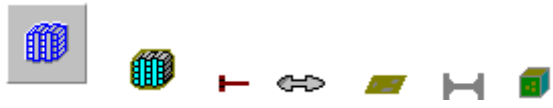
Das Objekt *TransportManager* bildet zusammen mit der Andockstation *DockingStation* ein Transportsystem ab. Durch einen Doppelklick wird der Dialog des Objektes geöffnet (Abbildung 19). Hier kann die Anzahl der verwendeten Fahrzeuge eingetragen werden.

Die Schaltfläche Edit öffnet die Transportmatrix mit Transportzeiten (Abbildung 20). Diese Matrix wird von dem *Validator* automatisch gefüllt.

Die Andockstation

Die Andockstation *DockingStation* wird mit dem Objekt *Station* verbunden und arbeitet mit dem *TransportManager* zusammen. Die *Station* lagert die Teile von dem Ausgangspuffer der *Station* in die Andockstation um. Es wird ein Transportauftrag beim *TransportManager* erzeugt. Wenn ein Fahrzeug frei ist, wird der Transportauftrag unter Beachtung der Transportzeiten des *TransportManager* ausgeführt. Kommt das Fahrzeug an der Zielstation an, so wird das Teil in den Eingangspuffer der *Station* umgelagert und das Fahrzeug kann den nächsten Auftrag übernehmen.

Hinweis: Das Verbinden wird von der Drag und Drop Steuerung übernommen, die *Station* über die *DockingStation* ziehen und die Steuerung auslösen. Sofern die *Station* nicht mit einem Puffer oder ähnlichem verbunden ist, wird sie direkt mit der *DockingStation* verbunden. Wenn sie bereits verbunden ist, müssen diese Verbindungen von Hand gemacht werden.

Das Teil part 

Das Objekt *part* bildet das zu bearbeitende Teil ab. Es hat die folgenden freien Attribute:

EntityType

Das Attribute ist die Identifikation des Teiletyps (z. B. „2100-100“) - Typ *string;*

EntityName

Das Attribute bezeichnet den Typ des Teils (z. B. „Welle 100 mm“) - Typ *string;*

OperationsPlan

Das Attribute ist eine Kopie des Arbeitsplans - Typ *table;*

OperationsPlanPos

Das Attribute gibt den aktuellen Bearbeitungsstand bzgl. des Arbeitsplans des Teils an. Wenn das Teil erzeugt wird, ist der Wert 1. Nach Ausführung eines Bearbeitungsschrittes wird der Wert um 1 erhöht.- Typ *integer;*

billOfMaterial

Das Attribute ist eine Kopie der Stückliste des Teiletyps *EntityType* - Typ *table;*

globDestination

Das Attribute speichert den Pfad der nächsten Bearbeitungsstation. Wenn das Teil in den Ausgangspuffer der Station gelangt, wird das neue Ziel im Produktionsmanager bestimmt. - Typ *object;*

OrderNo

Auftragsnummer des Produktions- oder Einkaufsauftrages- Typ *string;*

OrderLPos

Das Attribute speichert die Zeilennummer des entsprechenden Produktionsauftrages - Typ *integer*;

quantity

Jedes Teil repräsentiert ein Los. Das Attribute speichert die Losgröße - Typ *integer*;

WarehouseType

Das Attribute speichert den Typ des Lagers, in dem der *EntityType* gelagert wird - Typ *string;*

startSetup

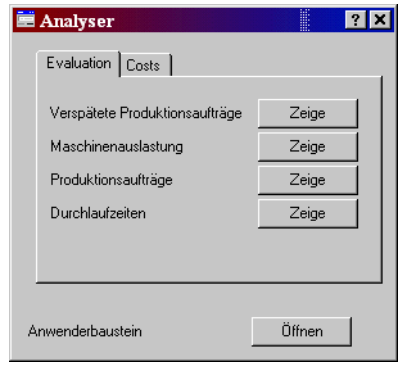
Das Attribute speichert den Startzeitpunkt des Rüstens - Typ *dateTime*;

Das Objekt Analyzer

Das Objekt *Analyzer* sammelt alle für spätere Auswertungen benötigte Daten während der Simulation und bereitet sie für den User auf.

Dialog

Das Objekt *Analyzer* wird durch einen Doppelklick geöffnet. Es zeigt sich folgender Dialog:



Auswertungen des Objektes

Registerkarte Evaluation

Verspätete Produktionsaufträge

Für jeden beendeten Produktionsauftrag wird der Liefertermin geprüft. Wenn die Differenz größer als 4 Stunden, so wird dieser Auftrag in die Tabelle der verspäteten Produktionsaufträge *BelatedOrderL* eingefügt. Die Schaltfläche Zeige öffnet die Tabelle sowie ein Diagramm der verspäteten Aufträge.

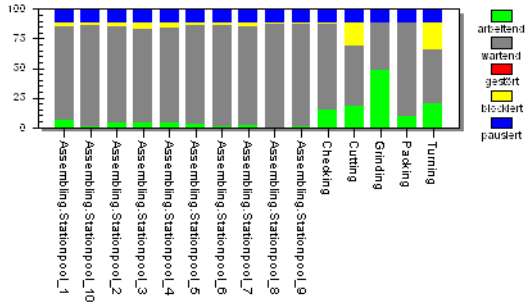
Standardauswertung

Die Daten werden während der Simulation gesammelt. Standardauswertungen sind:

- Maschinenauslastungen
- Produktionsaufträge

- Durchlaufzeiten

Wählen Sie den Eintrag *Maschinenauslastung,* so öffnet sich ein Diagramm mit Stationsname, Bearbeitungs-, Wart-, Pause- und Störungszeit (Abbildung 31).



Maschinenauslastungen

Wählen Sie *Produktionsaufträge,* so wird eine Tabelle mit allen interessierenden Werten geöffnet.

	string 0	string 1	integer 2	time 3	time 4	time 5	time 6	time 7	time 8
string	OrderNo	EntityType	Quantity	Process	Set-up	Transport	Wait	Failure	Pause
16	PO-2401	PP-10	20	3:18:20.0000	0.0000	0.0000	1:12:17:42.500	0.0000	15:00:00.0000
17	PO-2402	PP-10	20	3:18:20.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1:00:00.0000
18	PO-2403	PP-10	20	3:18:20.0000	0.0000	0.0000	3:02:41:40.000	0.0000	0.0000
19	PO-2404	PP-10	20	3:18:20.0000	0.0000	0.0000	5:49:22.5000	0.0000	16:00:00.0000
20	PO-2405	PP-10	20	3:18:20.0000	0.0000	0.0000	21:47:17.5000	0.0000	2:00:00.0000

Tabelle mit verschiedenen Zeitauswertungen

Die Durchlaufzeiten aller Produktionsaufträge sind mit Start- und Endzeit erfaßt.

	string 1	datetime 2	datetime 3	time 4
string	Auftragsnummer	Beginn	Ende	Durchlaufzeit
1	PO-2001	29.06.2001 14:26:40.0000	03.07.2001 09:02:30.0000	3:18:35:50.0000
2	PO-2002	28.06.2001 11:53:20.0000	02.07.2001 14:31:15.0000	4:02:37:55.0000
3	PO-2003	27.06.2001 10:20:00.0000	28.06.2001 07:47:05.0000	21:27:05.0000
4	PO-2004	26.06.2001 08:46:40.0000	26.06.2001 15:06:40.0000	6:20:00.0000
5	PO-2005	25.06.2001 07:13:20.0000	25.06.2001 15:33:20.0000	8:20:00.0000
6	PO-2006	30.07.2001 14:26:40.0000	31.07.2001 13:28:45.0000	23:02:05.0000
7	PO-2007	27.07.2001 11:53:20.0000	30.07.2001 10:52:05.0000	2:22:58:45.0000
8	PO-2008	30.08.2001 14:26:40.0000	03.09.2001 09:58:45.0000	3:19:32:05.0000
9	PO-2009	29.08.2001 11:53:20.0000	31.08.2001 14:10:00.0000	2:02:16:40.0000

Durchlaufzeiten

Die zugehörige Differenz wird Durchlaufzeit genannt und ist in der letzten Spalte enthalten.

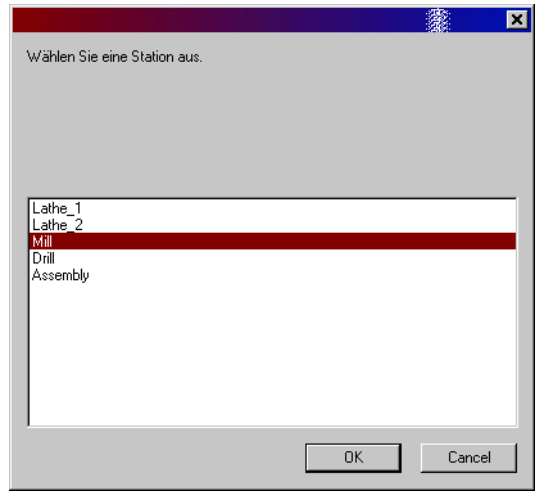
Registerkarte Costs

Es werden 4 Arten der Kostenauswertung durchgeführt:

- Stationskosten
- Kostenstellen
- Auftragskosten
- Durchschnittskosten der Teile

Stationskosten

Nach Auswahl der Kostenauswertung wird folgende Auswahlbox geöffnet. Nach Auswahl der *Station* öffnet sich eine Tabelle mit allen Aufträgen (siehe Tabelle *ProdOrderL*) mit den entsprechenden Bearbeitungs- und Rüstkosten (siehe Abbildung 35).



Stationsauswahlbox

	string 1	real 2	real 3
string	Produktionsauftrag	Bearbeitungskosten	Rüstkosten
1	PO-2020	400.00	0.00
2	PO-2021	400.00	533.33
3	PO-2022	400.00	0.00
4	PO-2023	400.00	0.00
5	PO-2024	400.00	0.00

Ausschnitt der Kostentabelle der Produktionsaufträge

Kostenstellen

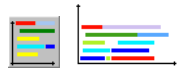
Nach Auswahl dieser Auswertungsart müssen Sie eine Kostenstelle bestimmen. Es öffnet sich eine wie in Abbildung 35 gezeigte Tabelle mit Produktionsaufträgen.

Auftragskosten

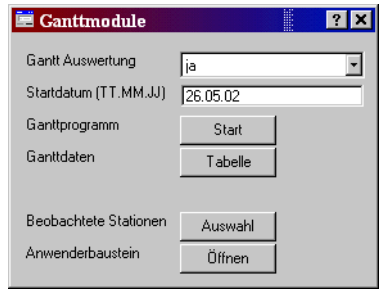
	string 1	real 2	real 3
string	Station	Bearbeitungskosten	Rüstkosten
1	Lathe_1	300.00	0.00
2	Lathe_2	800.00	0.00
3	Mill	400.00	0.00
4	Drill	275.00	0.00

Beispiel einer Kostenliste eines Produktionsauftrages

Nach Auswahl eines Produktionsauftrages öffnet sich eine Tabelle mit Stationsname, Bearbeitungskosten und Rüstkosten.

Das Objekt Gantt 

Ein Doppelklick auf das Objekt *Gantt* öffnet folgenden Dialog:



Dialog des Objektes *Gantt*

Das Objekt *Gantt* enthält alle Methoden und Tabellen, die zur Erzeugung eines Ganttdiagramms der Simulationsergebnisse notwendig sind. Das Ganttdiagramm ermöglicht den Benutzer, die Produktionsdaten mit Startzeitpunkt und Reihenfolge der Bearbeitungsschritte auf den Maschinen visuell darzustellen.

Gantt Auswertung

Wenn das Pop-up Menü Gantt Auswertung auf ja gesetzt ist, werden die Gantt-Daten erfaßt. Wenn ein Teil eine Aktion ausführt, so werden die entsprechenden Zeitwerte in die Datentabelle des Objektes *Gantt* eingetragen.

Startdatum

Es ist möglich, den Startzeitpunkt zur Datenerfassung zu setzen. Diese Einstellung muß vor dem Start der Simulation erfolgen.

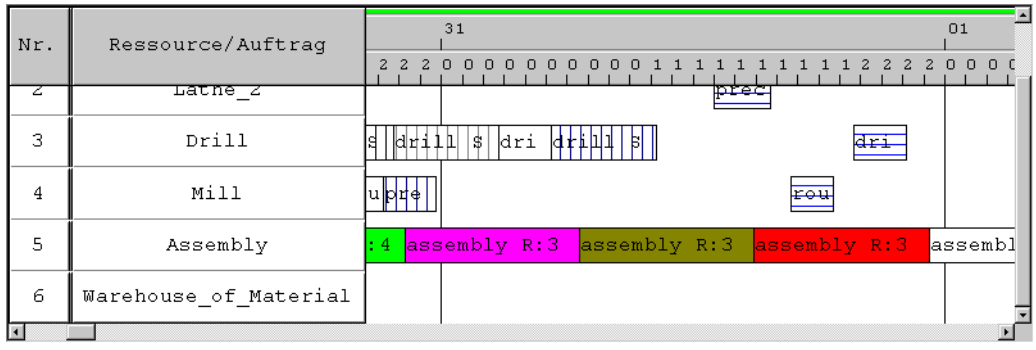
Gantt -Programm Start

Die Schaltfläche Start zeigt das Gantt-Diagramm.

Ganttdaten

Die Schaltfläche Tabelle öffnet die Gantt-Datentabelle (siehe Abbildung 38).

	integer 0	string 1	string 2	datetime 3	datetime 4	string 5	string 6	integer 7	real 8
string	Resource No	Ressource	Auftrag	Startdatum	Enddatum	Operation	Teile-Nr.	Ebene	Losgroesse
1	7	Warehouse	PO-2021	28.07.2002 01:30:00.0	28.07.2002 01:30:00	warehouse	2100-100:1	22	10.00
2	7	Warehouse	PO-2023	28.07.2002 03:20:00.0	28.07.2002 03:20:00	warehouse	2100-100:2	24	10.00
3	1	Lathe_1	PO-2021	28.07.2002 03:30:00.0	28.07.2002 07:30:00	rough turn R:28	2100-100:1	22	10.00
4	1	Lathe_1	PO-2023	28.07.2002 07:30:00.0	28.07.2002 09:30:00	rough turn R:28	2100-100:2	24	10.00
5	2	Lathe_2	PO-2021	28.07.2002 08:30:00.0	28.07.2002 13:10:00	precision turn S	2100-100:1	22	10.00
6	7	Warehouse	PO-2026	28.07.2002 14:20:00.0	28.07.2002 14:20:00	warehouse	2100-100:3	27	10.00



Die Gantt-Datentabelle und deren Darstellung

Die Spalten haben folgende Bedeutung:

- Spalte 1: Station (Ressource)

- Spalte 2: Produktionsauftrag
- Spalte 3: Startzeit der Bearbeitung
- Spalte 4: Endzeit der Bearbeitung
- Spalte 5: Operation der Bearbeitung
- Spalte 6: Teilenummer (siehe *masterdataL*)
- Spalte 7: Farben der Balken (Unterscheidung der Produktionsaufträge)
- Spalte 8: Losgröße

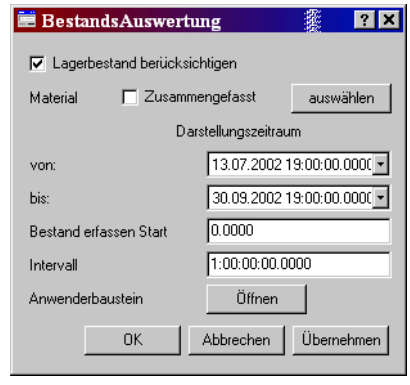
Editieren der Stationsliste

Die Schaltfläche Auswahl öffnet eine Auswahlbox für die zu beobachtenden Stationen.

Die Bestandsauswertung

Die Bestandsauswertung ist eine Möglichkeit sich den Lager- und Umlaufbestand anzeigen zu lassen. Sowohl einzel- als auch akkumulierende Sicht ist möglich, ebenso die Betrachtung ab einem Zeitpunkt und nur in einem gewissen Zeitrahmen.

Dialog



Dialog der Bestandsauswertung

Lagerbestand berücksichtigen

Mit diesem Kontrollkästchen wird bestimmt, ob nur der Umlaufbestand oder zusätzlich der Lagerbestand betrachtet wird.

Material zusammengefasst

Hier wird eingestellt, ob die Menge an Teilen insgesamt oder nach Teiletypen getrennt betrachtet wird.

Material auswählen

In der sich öffnenden Auswahlbox kann die Teiletypen ausgewählt werden, die in die Betrachtung miteinbezogen werden sollen.

Auswählen des Betrachtungsintervall

In den Dropdownlisten können der Anfangs und der Endzeitpunkt des Betrachtungsintervalles angegeben werden.

Start der Bestandserfassung

In dem Eingabefeld kann der Zeitpunkt eingegeben werden an dem die Bestandsauswertung anfängt Daten zu sammeln.

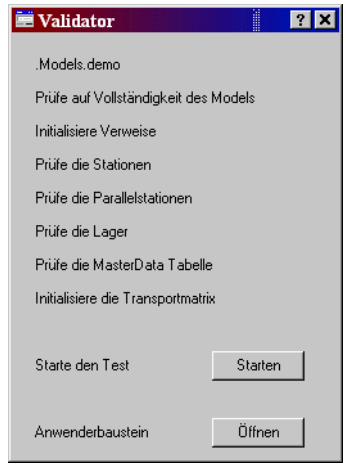
Intervall

Das Intervall bestimmt in welchen Zeitabständen die Bestände aufgenommen werden.

Das Admin-Objekt oder Validator

Das Ojekt *Validator* prüft die Konsistenz Ihres Modells und füllt einige Tabellen aus. Es gibt drei Möglichkeiten ihn zu benützen:

- direkt vom Modell durch einen Reset bei geändertem Modell
- in dem Dialog der *Materialbedarfsplanung* durch *Test des Modells*
- durch öffnen des Objektes in der Klassenbibliothek und auswählen des Modells in der Auswahlbox



Ansicht des *Validators* beim Öffnen

Das Starten des *Validators* durch den Reset erfolgt automatisch, in den anderen Fällen muß das Testen manuell gestartet werden.

Sind die Operationen korrekt ausgeführt, dann sehen Sie hinter der Operation ein “o.k.” zu sehen ist.

Prüfe auf Vollständigkeit des Modells

Es wird geprüft ob alle für die Funktionalität eines Modells benötigten Objekte eingesetzt wurden, wenn nicht wird dies nachgeholt. Außerdem wird getestet ob es doppelt eingesetzte Objekte gibt, die nur einmal vorkommen dürfen.

Initialisiere Verweise

Die verschiedenen Objekte enthalten Verweise zueinander, um die Methodenaufrufe zu beschleunigen, diese werden eingesetzt.

Prüfe die Stationen

Es werden alle Operationen der Stationen in den *ProductionManager* eingetragen, ebenso in dem *Schichtkalender*, getestet ob Operationen vorhanden sind und ob der Geschwindigkeitsfaktor sinnvoll ist.

Prüfe die Parallelstationen

Dieselben Tests und Operationen wie beim vorherigen Schritt, aber für *Stationpools*.

Prüfe die Lager

Anmelden des Lagers beim *WarehouseManager* und beim Schichtobjekt.

Prüfe die Stammdatentabelle

Es wird geprüft, ob die Angaben in der Stammdatentabelle korrekt sind, d.h. alle Produkte in den Stücklisten werden beschrieben, alle Operationen sind verfügbar, alle Pflichtfelder sind ausgefüllt.

Fülle Transportmatrix aus

Wenn Ihr Modell einen Transportmanager enthält, füllt der *Validator* die Indizes der Transportmatrix aus.

4

Die interne Steuerung der Produktion

Kapitel 2 hat beschrieben, wie Auftragslisten, Operationslisten und Stammdatenlisten gefüllt werden müssen. Weiterhin wurde erklärt, wie Rüst- und Bearbeitungszeiten festgelegt werden. Kapitel 3 hat beschrieben, wie die Objekte *MRP*, *ProductionManager*, *PurchaseManager* und *WarehouseManager*, *Warehouse* und *Station* eingesetzt werden.

Erzeugen von Produktions- und Einkaufsaufträgen

Wenn Sie die Tabellen *masterData, forecast* oder *productmix* ändern, so werden sich die Produktionsaufträge ebenfalls ändern. Nach dem Reset wird in der Init Methode die Methode *BuildProductForecast* aufgerufen, welche die Tabelle *productionSchedule* mit den Planaufträgen für die in der Prognose erwähnten Produkte füllt. Anschließend erfolgt der Aufruf der Methode *HandleOrders*, welche die Stücklistenauflösung, Terminierung der Aufträge und Erstellung der Produktions- und Einkaufsaufträge über die Losgrößenregelung vornimmt. Dabei wird in einer Schleife über die Zeilen der Tabelle productionSchedule gegangen, die produktbezogene Subtabelle geöffnet und in einer inneren Schleife über die Aufträge gegangen. Bei einem Planauftrag wird dieser mit dem Lagerbestand verrechnet und die zu produzierende Menge bestimmt, über die Losgrößenregelung die Anzahl und über die Terminierung der Startzeitpunkt der Aufträge. Bei einem Produktionsauftrag hingegen über die Stücklistenauflösung (in den Methoden *getPartsList* und *InsertRequirements*) abgeleitete Planaufträge für die Komponenten erstellt. Die Methode *TransferSchedule* übernimmt dann das kopieren der Produktions- und Einkaufsaufträge aus dieser produktbezogenen Liste in eine zeitbezogenen, die *productionOrders*.

Einlastung von Produktions- und Einkaufsaufträgen

Während der Initialisierung werden die Methoden *startOrder* des *ProductionManager* und des *PurchaseManager* aufgerufen, diese warten dann in einem Waituntil-Statement das ihnen Aufträge von der Materialbedarfsplanung zugewiesen werden. Die Methode *release* wird in der Initialisierung des *MRP* aufgerufen und ruft sich im Abstand des *Releaseintervall* selbst auf. In dieser Methode wird *releaseOrders* aufgerufen, diese Methode überträgt alle Aufträge in der Tabelle *productionOrders*, deren *StartDate* vor dem Ende der nächsten Aufruf liegt, an die zuständigen Manager, Einkaufsaufträge (PU-????) an den Einkaufsmanager und Produktionsaufträge (PO-????) an die Produktionssteuerung. Wenn Aufträge weitergegeben wurden, werden die entsprechenden Manager über das *working* Flag benachrichtigt.

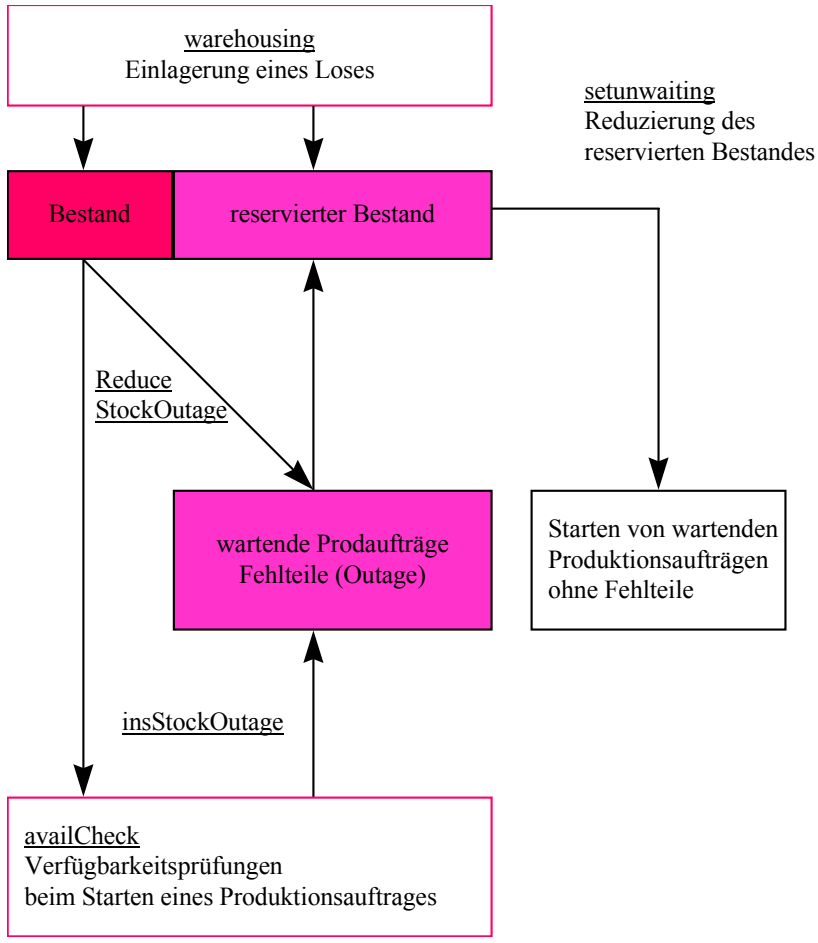
In der Produktionssteuerung werden alle Aufträge mit gleichen Freigabetermin zusammengefaßt und der ausgewählten Regel zur Auftragsdisposition übergeben. Für spätere Aufträge wird durch die Anweisung *ref(startOrder).methCall(releaseSimTime)* die Einlastung dieser Aufträge zu dem entsprechenden Zeitpunkt veranlaßt. Wenn nur ein Auftrag zur aktuellen Simulationszeit einzulasten ist, wird die Methode *enterOrder* sofort aufgerufen. Die Methode *enterOrder* erzeugt ein BE und setzt alle Attribute. Das nächste Ziel wird bestimmt, was meist ein Lager ist.

Freigabe von Produktionsaufträgen

Wenn der Warehousemanager die Kontrolle über einen Produktionsauftrag bekommt, prüft er die Verfügbarkeit aller Komponenten der entsprechenden Stückliste (Methode *availCheck* im *Warehousemanager* und in den Lagern warehouse). Der Bestand wird reduziert und der reservierte Bestand wird erhöht.

Wenn nicht genügend Bestand vorhanden ist, wird der Produktionsauftrag auf das Lager *waitingOrder* umgelagert. Die Fehlteile werden in die Tabelle *stockOutage* eingetragen.

Wenn später genügend Bestand für alle Komponenten im Lager vorhanden ist, so wird der Produktionsauftrag im Lager gestartet. In der Methode *WH_startPart* wird der reservierte Bestand reduziert.



Verfügbarkeit und reservierter Bestand

Die Kanbansteuerung

Die Steuerung der Produktion kann auch auf das Kanbanprinzip umgeschaltet werden. Dies wird durch das Einstellen der Losgrößenregelung *Kanban* in einem Produkt realisiert. Allerdings müssen dann auch alle Komponenten dieses Produktes durch das Kanban-Prinzip gesteuert sein.

Für ein nach dem Kanban-Prinzip erzeugten Produkt werden in der Planungsphase keine Produktionsaufträge erstellt, dies erfolgt zu Laufzeit des Modells. Wenn in der Methode *warehousing* des zuständigen *Warehouse* festgestellt wird, das die Mindestmenge unterschritten ist, werden eigenständig Produktionsaufträge erzeugt.

Dabei muß in der Stammdatentabelle eine feste Losgröße (entspricht einem Produktionsauftrag/Kasten) und die Anzahl der möglichen Kanban-Karten (entspricht der maximalen Anzahl an Produktionsaufträgen/Kästen) angegeben werden. Weiterhin kann die Startzeit für einen Kanbanauftrag angegeben werden.

Weiterleitung der Teile

Wenn das BE den Arbeitsplatz in der Station bzw. des Stationpools verläßt, wird die Ausgangssteuerung *ExitControl* aufgerufen. Zuerst wird der Zähler des Arbeitsplanes erhöht. Die Rüst- und Bearbeitungszeit für diese Station wird erfaßt

und beim Analyzer registriert, falls dieser existiert. Durch die Methode *nextDestination* des Produktionsmanagers wird das nächste Ziel des Loses ermittelt.

Wenn der letzte Schritt des Arbeitsplanes erreicht ist, wird das BE in das zuständige Lager geschickt. Hier wird das Teil durch die Methode warehousing ins Lager eingetragen, und danach durch die Methode *deletePart* des ProductionManagers gelöscht. In der Methode *startOrder* des ProductionManager wird getestet, ob alle Produktionsaufträge gestartet sind, und dann darauf gewartet, das alle gestarteten Produktionsaufträge auch wieder gelöscht sind. Danach wird die Simulation angehalten.

Die Ausgangssteuerung ruft die Methode *NextDestination* der Station,welche prüft, ob die Station einen Nachfolger hat. Wenn kein Nachfolger vorhanden ist, d.h. keine Andockstation eines Transportsystems ist angeschlossen, wird das BE zur nächsten Station durch die Methode *NextDestination* der Zielstation umgelagert. Anderenfalls gelangt das Teil in die angeschlossene Andockstation des Transportsystems, welches das Teil zu der im Attribut *globDestination* gespeicherten Zielstation weiterleitet.

Einlagerung von Aufträgen

Wenn ein Produktions- oder Einkaufsauftrag in den Eingangspuffer *InWork* durchlaufen hat, wird die Methode *warehousing* aufgerufen, diese sucht einen Eintrag des Teiletyps (*EntityType*) in der Fehlteilliste *stockOutage* des Warehousemanagers. Wenn Fehlteile dieses Typs eingetragen sind, werden die Fehlteile durch die Methode *ReduceStockOutage* reduziert. Der Rückgabewert dieser Methode ist die zur Reduzierung der Fehlteile verwendete Menge. Diese Menge wird in der Tabelle *storeL* im Lager als reservierter Bestand geführt. Der verbleibende Rest wird in *storeL* als verfügbarer Bestand eingetragen. Existiert kein weitere Eintrag zu dem eingelagerten Teiletyp, werden die wartenden Auftrage durch die Methode *delStockOutage* im Warehousemanager gestartet. Anderenfalls muß auf die nächste Einlagerung des fehlenden Teiletyp gewartet werden.

Rüst- und Bearbeitungszeit

Die Rüst- und Bearbeitungszeiten werden mit den Plant Simulation typischen Mechanismen berechnet, d.h. es sind die Formeln *calcSetupTime* und *calcProcessTime* eingetragen. Diese Formeln übernehmen den Eintrag des Auftrags in das Stationsprotokoll und die Berechnung der entsprechenden Zeiten.

5

Fertigungsauftragssteuerung

Die Fertigungsauftragssteuerung (FAS) und die Maschinendisposition ermöglichen es, leicht die beste Steuerungsregel für den Produktionsprozeß zu ermitteln. Der Benutzer muß also nicht selbst Steuerungen implementieren.

Es gibt Regel zur Auftragseinlastung zu Beginn der Simulation (Entry Queuing), Regeln zur Weiterleitung der Teile zur nächsten Station (Process Sequencing) und für die Stationsauswahl (Resource Selection).

Die Anwendung der benutzerdefinierten Regeln erfolgt für die drei Strategien in analoger Weise. Die Regeln sind in den Netzwerken *OD_Strategies, PD_Strategies* und *SD_Strategies* enthalten, welche die folgenden Komponenten enthalten:

Die Tabelle *StrategyL* mit der Spalte *Strategy,* die eine kurze Beschreibung der Regel enthält, und der Spalte *Method,* die den Pfad der entsprechenden Methode enthält. Die Spalte *Strategy* wird für das Pop-up-Menü des Regeldialogs verwendet (siehe Abbildung 15).

Die Methoden *orderDispo* (bzw. *PartDispo* oder *StationDispo*) werden von anderen Methoden verwendet. Diese Methoden rufen nur die vom Benutzer ausgewählte Methode auf, wobei die Variable *actStrategy* auf die in der Tabelle *StrategyL* enthaltenen Methode zeigt.

Um eine neue Regel zu implementieren, gehen Sie folgendermaßen vor:

- Implementieren Sie die Regel in einem neuen Grundobjekt *Method*
- Geben Sie eine kurze Beschreibung der Regel in der Tabelle *StrategyL* in der Spalte *Strategy* und fügen Sie Ihre Methode in die Spalte *Method* ein.

Das ist alles, was zu tun ist. Öffnen Sie den Produktionsmanager durch einen Doppelklick und drücken Sie die Schaltfläche Auswahl. Sie werden nun die Beschreibung Ihrer Regel in dem entsprechenden Pop-up-Menü sehen.

Auftragsdisposition

Vier Regel zur Auftragseinlastung (Entry Queueing) sind implementiert. Wenn mehrere Aufträge den gleichen Freigabetermin haben, entscheidet eine dieser Regel über die Auftragsreihenfolge.

Die erste Regel *orderList* startet die Aufträge in der gleichen Reihenfolge wie in der Produktionsauftragsliste.

Die zweite Regel *manPriorities* verwendet Prioritäten, die in der Produktionsauftragsliste eingegeben werden.

Die dritte Regel *dueDate* lastet die Aufträge nach dem Fälligkeitstermin ein.

Die vierte Regel *random* lastet die Aufträge zufällig ein.

Alle Methoden haben die gleichen Parameter: *first_row* und *last_row* vom Typ integer, die Zeiger in der Tabelle *prodOrderL* sind. Alle Aufträge zwischen diesen zwei Indizes werden durch Aufruf der Methode *enterOrder* im Produktionsmanager eingelastet.

Teiledisposition

Wenn eine Station frei wird und mehr als ein Teil auf eine Operation, die diese Station ausführen kann, wartet, wird ein wartendes Teil mit einer dieser Regeln ausgewählt.

Die erste Regel (*Erste Beste)* wählt das erste Teil aus der Liste der wartenden Teile aus (FIFO-Prinzip).

Es gibt zwei Regel *längste Wartezeit* und *kürzeste Wartezeit,* welche die Wartezeit der Teile auswerten.

Die Regeln *längste Operationszeit* und *kürzeste Operationszeit* wählt das Teil nach der benötigten Bearbeitungszeit aus, die im Arbeitsplan enthalten ist.

Die Regeln *längste Fertigungsrestzeit* und *kürzeste Fertigungsrestzeit* wählt das Teil nach der verbleibenden Bearbeitungszeit aus, die sich aus dem Arbeitsplan und der Bearbeitungszustand *operationsPlanPos* des Teils ergibt.

Die Regel *Liefertermin* wählt das Teil nach dem frühesten Liefertermin aus, der in der Produktionsauftragsliste enthalten ist.

Schließlich gibt es eine Regel, die ein Teil durch eine Gleichverteilung zufällig auswählt.

Wie oben haben alle diese Methoden die gleichen Parameterlisten: die nun freie Station und die Liste der wartenden Teile. Der Rückgabewert der Methode ist das ausgewählte Teil als Objekt.

Maschinendisposition

Wenn ein Teil in einer Station fertig bearbeitet ist, wird durch die Methode *nextDestination* im Produktionsmanager das nächste Ziel des Teil bestimmt. Diese Methode verwendet die Regeln für die Auswahl der nächsten Station. Es sind 8 Regeln vorbereitet:

Die erste Regel (*Erste Beste)* wählt die erste freie Station aus.

Die Regeln *minimale freie Kapazität* und *maximale freie Kapazität* wählt die Station nach der freien Kapazität des Eingangspuffers aus.

Die Regeln *minimale Bearbeitungszeit* und *maximale Bearbeitungszeit* wählt die Station nach der Bearbeitungszeit aus, die das Teil, welches ein neues Ziel anfordert, benötigt. Die Bearbeitungszeit wird dem Arbeitsplan des Teils entnommen.

Die Regeln *minimale Bearbeitungskosten* und *maximale Bearbeitungskosten* wählt die Station nach den Bearbeitungskosten aus, die für das Teil, welches ein neues Ziel anfordert, anfallen. Die Bearbeitungszeit wird dem Arbeitsplan des Teils entnommen.

Schließlich gibt es eine Regel, die eine Station durch eine Gleichverteilung zufällig auswählt.

Die Parameters für diese Regeln sind die Liste der möglichen Stationen und das Teil, welches ein neues Ziel anfordert. Der Rückgabewert ist die Ausgewählte Station als Objekt. Falls es keine freie Station gibt, ist der Rückgabewert der zuständige Warehousemanager.

Synchronsteuerung

Eine weitere Möglichkeit, die Maschinendisposition zu betreiben, sind feste Linien. Auch in Plant Simulation Shop wird dies unterstützt, allerdings muß es dann für die gesamte Anlage definiert werden. Das Aktivieren der Synchronsteuerung deaktiviert die Maschinendisposition, und die Tabelle muß für alle Kombinationen eindeutig sein.

In der linken Spalte der Tabelle stehen die Ausgangsstationen, in der rechten die Nachfolgestationen.

6

Erweiterungen

Plant Simulation Shop kann für die Modellierung komplizierter Produktionssysteme verwendet werden. Die Allgemeinheit der Bibliothek ermöglicht die Modellierung von Produktionssystem in unterschiedlichsten Branchen. Andererseits müssen spezielle Features durch den Benutzer implementiert werden. Einige Erweiterungen werden kurz beschrieben.

Verbindung der Stationen mit einem Transportsystem

Zur Modellierung der verschiedenen Arten von Transportsystemen sind die Objekte der Bibliothek Plant Simulation Fördersysteme verfügbar. Der Materialfluß zwischen den Bearbeitungsstationen der Produktion kann auf diese Weise realistisch abgebildet werden. Der Produktionsmanager der Bibliothek Plant Simulation Shop bestimmt das nächste Ziel des Teils und speichert es im Attribut *globDestination*. Daraus bestimmt das Transportsystem das anfahrbare Ziel, das im Attribute *locDestination* enthalten ist. Im allgemeinen ist das eine Andockstation, welche die Verbindung zwischen der Bearbeitungsstation und dem Transportsystem darstellt. Transportzeiten zwischen den Stationen werden unter Beachtung von Geschwindigkeiten und Weglängen realistisch abgebildet.

Eigene Losgrößenregelung

Es können eigene Losgrößenregeln eingesetzt werden. Dazu muß diese Regel in die Tabelle *rules* in dem Objekt *lotsizerules* in dem Subordner *Internal* des Orders *Logistics* eingetragen werden.

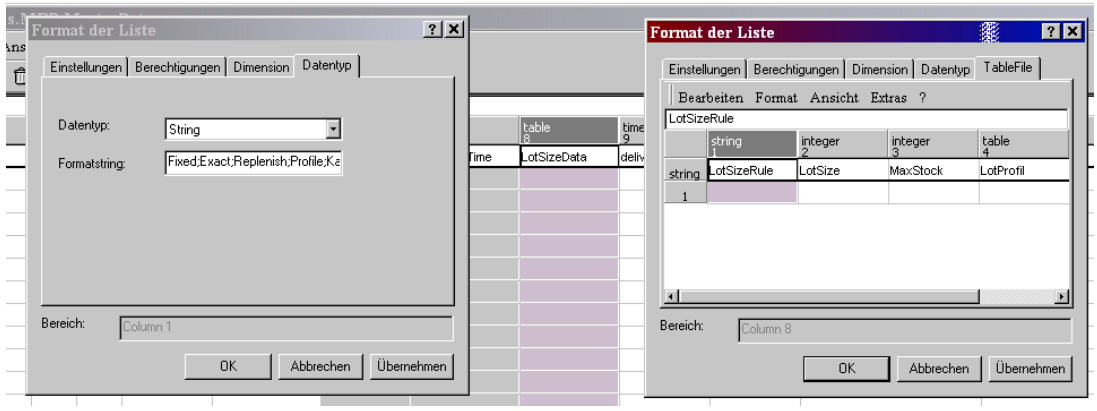
	string 0	object 1	string 2	stri 3
string	Rule	Method	Description	
1	Fixed	fixed	fixed lotsize is given	
2	Exact	exact	the production order has exact the same quantity as required	
3	Replenish	replenish	the production order quantity is the difference between max and current quantity in stock	
4	Profile	profile	the quantity of the production order depends on a custom defined profile	
5	Kanban	kanban	Kanban controlled.	
6				

Die Tabelle *rules*

In die Zeilenindexspalte muß das Kürzel der Regel, wie sie in der Stammdatentabelle auftauchen soll, eingetragen werden, in der ersten Spalte der Name der Methode die aufgerufen werden soll, in die zweiten Spalte kann eine Beschreibung der Regel eingetragen werden.

Die Methode erhält als Parameter die *productId* und die benötigte Anzahl, und gibt eine Liste mit Integerwerten zurück, in der die Größe der Liste die Anzahl der Lose angibt, und der Inhalt der Liste die Größe der einzelnen Lose.

Danach muß die Regel noch als mögliche Regel in die Stammdatentabelle eingetragen werden, oder die Regelbeschränkung der Stammdatentabelle aufgehoben werden. Dies geschieht dadurch, das in der Formattabelle der Losgrößenspalte der Stammdatentabelle die Beschränkung der Stringwerte aufgehoben oder erweitert wird.



Umformatieren der Stammdatentabelle

About Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, a division of Siemens Automation and Drives (A&D), is a leading global provider of product lifecycle management (PLM) software and services with 4.6 million licensed seats and 51,000 customers worldwide. Headquartered in Plano, Texas, Siemens PLM Software's open enterprise solutions enable a world where organizations and their partners collaborate through Global Innovation Networks to deliver world-class products and services. For more information on Siemens PLM Software products and services, visit www.siemens.com/plm.

SIEMENS

Division headquarters

United States
Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
972 987 3000
Fax 972 987 3398

Regions

Americas
Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
800 498 5351
Fax 972 987 3398

Europe
Norwich House Knoll Road
Camberley, Surrey
GU15 3SY
United Kingdom
44 1276 702000
Fax 44 1276 705150

Asia-Pacific
Suites 6804-8, 68/F., Central Plaza
18 Harbour Road, WanChai
Hong Kong
852 2230 3333
Fax 852 2230 3210

© 2007. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens and the Siemens logo are registered trademarks of Siemens AG. Teamcenter, NX, Solid Edge, Tecnomatix, Parasolid, Femap, I-deas, JT, UGS Velocity Series, Geolus and the Signs of Innovation trade dress are trademarks or registered trademarks of Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. or its subsidiaries in the United States and in other countries. All other logos, trademarks, registered trademarks or service marks used herein are the property of their respective holders.

10/07