

# HANSER



## Leseprobe

zu

## „Logistiksimulation mit WITNESS Manufacturing“

von Karsten Faust et al.

Print-ISBN: 978-3-446-46649-4

E-Book-ISBN: 978-3-446-46712-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-46649-4>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Vorwort

Die Materialflusssimulation wurde in den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts in der Automobilindustrie als Methode zur Prozessanalyse und Optimierung erfunden. Dies waren die ersten Serienfertiger, die sich Gedanken über ihre Prozesse machten.

Unsere Simulations- und Optimierungssoftware WITNESS gehört zu den „Dinosauriern“ dieser Entwicklung. Sie wurde damals in der britischen Autoindustrie entwickelt und wird in ihrer deutschsprachigen Version nunmehr seit vielen Jahren in Deutschland, Österreich und der Schweiz bei hunderten von Kunden eingesetzt. Und dies nicht nur – mittlerweile branchenübergreifend – in der Industrie, sondern auch an vielen Hochschulen. Zum einen in der Lehre, um Studierende für die Themen Materialflusssimulation und Prozessoptimierung zu begeistern, zum anderen aber in auch Abschlussarbeiten von Studierenden in der Industrie und in der Forschung.

Dabei hat das Thema Materialflusssimulation in den letzten Jahren durch den Trend zur digitalen Transformation noch einmal einen zusätzlichen Aufschwung bekommen. Tatsächlich ist ein digitaler Twin nichts anderes als ein Simulationsmodell und alle mit der Hinwendung zu Industrie 4.0 verbundenen Konzepte können und sollten meines Erachtens vorab simuliert und validiert werden.

Bereits seit Anfang des Jahrtausends arbeiten wir mit der Hochschule Darmstadt zusammen, zunächst mit Herrn Professor Rogler und seit einigen Jahren mit Herrn Professor Faust. So haben Generationen von Studenten im Rhein-Main-Gebiet einen Einblick in die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von WITNESS bekommen und konnten die erworbenen Erkenntnisse mit unserer Unterstützung auch in der Praxis bei Industrieunternehmen erfolgreich umsetzen.

Ich freue mich sehr, dass aus dieser Zusammenarbeit nun das vorliegende Fachbuch „Logistiksimulation mit WITNESS Manufacturing“ entstanden ist, das Studierenden verschiedener Fachrichtungen einen einfachen und strukturierten Einstieg in die Thematik ermöglichen soll.

Es eignet sich aber natürlich auch für Jede und Jeden, die oder der nachvollziehen will, wie schnell und einfach man komplexe industrielle Prozesse und Anlagen in WITNESS modellieren, analysieren, simulieren und optimieren kann. Für das selbstständige Modellieren in WITNESS stellen wir eine kostenfreie Demoversion zur Verfügung, die man auf unserer Webseite herunterladen kann. Diese verfügt über die volle Funktionalität von WITNESS, ist aber auf 20 Objekte beschränkt.

Das vorliegende Fachbuch geht Schritt für Schritt entsprechend der didaktischen Aufarbeitung einer Hochschule durch die Grundlagen der Software, wobei es am Ende eines jeden Kapitels eine entsprechende Aufgabe gibt, um dieses zu vertiefen. Der Leser kann so selber seinen Lernfortschritt kontrollieren.

Was auch immer Sie vorhaben, es gibt nichts, was man nicht simulieren kann. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Vergnügen mit dem vorliegenden Werk.

*Dr. Carsten Teichert, Geschäftsführer Lanner Simulation Technology GmbH*

Düsseldorf, im September 2020

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Übersicht der Lektionen – Aufgaben – Modelle</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Einführung</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>1. Lektion: Einführung in Simulationsprojekt</b> .....	<b>1</b>
1.1 Begrifflichkeiten .....	1
1.2 Simulationswürdigkeit .....	3
1.2.1 Simulative Einsparpotenziale $\varepsilon_s$ .....	3
1.2.2 Aufgabe 1: Berechnung der simulativen Einsparpotenziale .....	4
1.2.3 Lösung: Berechnung der simulativen Einsparpotenziale .....	5
1.3 Überblick .....	6
1.4 Projektdefinition .....	6
1.5 Das Projekt strukturieren .....	7
1.6 Informationen und Daten sammeln .....	9
1.7 Modellierung .....	10
1.8 Testen und Validieren .....	10
1.9 Das Modell prüfen .....	11
1.10 Experimente mit dem Modell .....	12
1.11 Das Modell dokumentieren .....	13
<b>2. Lektion: Die WITNESS-Benutzeroberfläche</b> .....	<b>15</b>
2.1 Aufbau und Bereiche des Bildschirms .....	21
2.1.1 Funktionsleiste .....	21
2.1.2 Die Simulationsuhr .....	22
2.1.3 Die Simulationsleiste .....	22

2.2	Manueller Aufbau eines Simulationsmodells	25
2.3	Der Elementbaum	26
2.4	Erzeugen, Darstellen und Benennen von Elementen	27
2.4.1	Erzeugen von Teilen	27
2.4.2	Darstellen von Teilen	29
2.4.2.1	Zeichnen	30
2.4.2.2	Aktualisieren	30
2.4.3	Name darstellen	31
2.4.4	Symbol darstellen	34
2.4.5	Elementauswahl – Elemente im Baum finden	39
2.4.5.1	Suchen-Dialog	39
2.4.5.2	Filter-Dialog	39
2.4.6	Aufgabe 2: Erstellen und Darstellen einer Maschine und eines Lagers	41
2.4.7	Lösung: Erstellen und Darstellen einer Maschine und eines Lagers	42
2.5	Detaillieren von Teilen	43
2.6	Erstellen eines Elementflusses	46
2.7	Das Ausrufezeichen	48
2.8	Darstellen des Elementflusses (Teilestrom)	50
2.9	Detaillieren von Maschinen	51
2.10	Darstellen des Bearbeitungsstatus	53
2.11	Detaillieren von Lagern	55
2.12	Bestandszähler im Lager	56
2.13	Simulation starten	58
2.14	Legende aufrufen	59
2.15	Statistik aufrufen	61

### 3. Lektion: Erzeugen und Darstellen von Designer Elementen

	<b>per Drag &amp; Drop</b>	<b>63</b>
3.1	Überblick	63
3.2	Aufgabe 3: Designer Element	66
3.3	Lösung: Designer Element	67
3.4	Aufgabe 4: Erweiterung des Materialflusses durch Kalender001	68

3.5	Lösung: Erweiterung des Materialflusses durch einen Kalender001	69
3.6	Berichtselemente einbauen (Diagramme)	71
3.6.1	Kreisdiagramme	71
3.6.2	Chart Status	74
3.7	Aufgabe 5: Einfügen einer zweiten Mischerei (Maschine) in das Modell	75
3.8	Lösung: Einfügen einer zweiten Mischerei (Maschine) in das Modell	77
3.9	Kontrollfragen zu Lektion 2 + 3	78
3.10	Lösung der Kontrollfragen zu Lektion 2 + 3	78
<b>4.</b>	<b>Lektion: Puffer</b>	<b>81</b>
4.1	Der Puffer	81
4.2	Kontrollfragen zu Lektion 4	84
4.3	Lösungen zu den Kontrollfragen	84
<b>5.</b>	<b>Lektion: Förderer</b>	<b>85</b>
5.1	Förderertypen	85
5.1.1	Starre Förderer	85
5.1.2	Stauende Förderer	86
5.1.3	Indizierte Förderer	86
5.1.4	Kontinuierliche Förderer	86
5.2	Hinzufügen von Förderern zum Modell	87
5.3	Aufgabe 6: Förderer	88
5.4	Lösung: Förderer	90
5.5	Grafische Anpassung des Förderers	90
5.6	Kontrollfragen zu Lektion 5	94
5.7	Lösungen zu den Kontrollfragen	94
<b>6.</b>	<b>Lektion: Arbeitsunterbrechungen einbauen</b>	<b>95</b>
6.1	Rüsten	95
6.2	Ausfälle und Störungen	96
6.3	Percent-Regel	100
6.4	Kontrollfragen zu Lektion 6	102
6.5	Lösungen zu den Kontrollfragen	103

<b>7. Lektion: Verwendung von Pull- und Push-Befehlen auf die Anzahl der produzierten Teile</b> .....	<b>105</b>
7.1 Variante 1 – Eingangsregeln nur mit Push-Befehlen .....	106
7.2 Variante 2 – Eingangsregel mit Pull-Befehlen beim Kalendar und Presserei .....	107
7.2.1 Der Buffer-Befehl .....	108
<b>8. Lektion: Kosten</b> .....	<b>111</b>
8.1 Kontrollfragen zu Lektion 8 .....	116
8.2 Lösungen zu den Kontrollfragen .....	116
8.3 Aufgabe 7: Arbeiten mit Kosten (1) .....	117
8.4 Lösung: Arbeiten mit Kosten (1) .....	118
8.5 Aufgabe 8: Arbeiten mit Kosten (2) .....	119
8.6 Lösung: Arbeiten mit Kosten (2) .....	120
<b>9. Lektion: Montagemaschinen und der Sequence-Befehl</b> .....	<b>125</b>
9.1 Die sieben WITNESS-Maschinentypen .....	125
9.1.1 Einzelmaschine .....	125
9.1.2 Losmaschine .....	125
9.1.3 Montage-Maschine .....	126
9.1.4 Demontage-Maschine .....	126
9.1.5 Allgemeine Maschine .....	127
9.1.6 Mehrfachzyklus-Maschine .....	127
9.1.7 Mehrfachstationen-Maschine .....	128
9.2 Der Sequence-Befehl .....	129
9.3 Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil1) .....	129
9.4 Kontrollfragen zu Lektion 9 .....	134
9.5 Lösungen zu den Kontrollfragen .....	134
9.6 Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil 2) .....	135
9.7 Lösung der Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil 2) .....	135
<b>10. Lektion: Werker</b> .....	<b>137</b>
10.1 Werker hinzufügen .....	137
10.2 Setzen von Bearbeitungsprioritäten .....	138

10.3	Werkervorzug	139
10.4	Kontrollfragen zu Lektion 10	140
10.5	Lösungen zu den Kontrollfragen	140
10.6	Aufgabe 10: Werker	141
10.7	Aufgabe 11: Kaffeepause	142
10.8	Lösung Aufgabe 11: Kaffeepause	142
10.9	Kaffeepause mit Prioritäten	145
<b>11.</b>	<b>Lektion: Zeitserien</b>	<b>149</b>
11.1	Vordefinierte Statistiken (Funktionen)	150
11.2	Arbeiten mit Variablen	152
11.3	Kontrollfragen zu Lerneinheit 11	153
11.4	Lösungen zu den Kontrollfragen	154
11.5	Aufgabe 12: Zeitserien	154
11.6	Aufgabe 13: Arbeiten mit Variablen	156
11.7	Lösung: Arbeiten mit Variablen	157
<b>12.</b>	<b>Lektion: Verteilungen – Zufallszahlenreihen</b>	<b>159</b>
12.1	Verteilungen	159
12.2	Aufgabe 14: Dynamisierung von Bearbeitungs- und Reparaturzeiten	164
<b>13.</b>	<b>Lektion: Teilespezifische Bearbeitung</b>	<b>165</b>
13.1	Aufgabe 15: Teilespezifische Bearbeitung	167
13.2	Lösung: Teilespezifische Bearbeitung	168
13.3	Aufgabe 16: Kombination von teilespezifischer Bearbeitung und Verteilungen	169
13.4	Lösungen: Teilespezifische Bearbeitung und Verteilungen	170
<b>14.</b>	<b>Lektion: Pfade</b>	<b>173</b>
14.1	Pfade anlegen	173
14.2	Einen Pfad detaillieren	175
14.3	Verwendung eines Pfades	176
14.4	Pseudo-Pfade und Pfadeinstellungen	177
14.5	Pfadnetzwerke	179
14.6	Kontrollfragen zu Lektion 14	179



14.7	Lösungen zu den Kontrollfragen	180
14.8	Aufgabe 17: Pfad	180
14.9	Lösung Aufgabe 17: Pfad	181
14.10	Aufgabe 18: Pfad und Werkerregeln	182
14.11	Lösung Aufgabe 18: Pfad und Werkerregeln	182
<b>15. Lektion: Attribute</b>		<b>185</b>
15.1	Attribute verwenden	185
15.2	Systemattribute	187
15.3	Attribut-Modifizier	187
15.4	Kontrollfragen zu Lektion 15	188
15.5	Lösungen zu den Kontrollfragen	188
15.6	Aufgabe 19 – Attribute (1)	188
15.7	Lösung Attribute (1)	189
15.8	Aufgabe 20 Attribute (2)	190
<b>16. Lektion: Fahrzeuge und Fahrspuren</b>		<b>195</b>
16.1	Erstellen eines Merry-Go-Round-Systems	196
16.2	Definieren von Fahrspuren	197
16.3	Laden und Entladen auf Fahrspuren	198
16.4	Detaillieren von Fahrzeugen	200
16.5	Kontrollfragen zu Lektion 16	201
16.6	Lösungen zu den Kontrollfragen	202
16.7	Aufgabe 21: Fahrzeuge und Fahrspuren	202
16.8	Lösung: Fahrzeuge und Fahrspuren	203
16.9	Aufgabe 22 EHB (Elektrohängebahn)	204
16.10	Lösung: EHB (Elektrohängebahn)	208
<b>17. Lektion: Route</b>		<b>209</b>
17.1	Arbeiten mit dem Route-Befehl	209
17.2	Aufgabe 22: Route	210
17.3	Lösung: Route	211
<b>18. Lektion: Schicht</b>		<b>215</b>
18.1	Schichtmodell hinzufügen	215

18.2	Hinzufügen von Schichtdaten	216
18.3	Detaillieren der Schicht	217
18.4	Zuordnen der Schicht zu den Elementen	219
18.5	Teilschichten als Perioden einer Hauptschicht	221
18.6	Kontrollfragen zu Lektion 18	222
18.7	Lösungen zu den Kontrollfragen	222
18.8	Aufgabe 24: Schicht	222
18.9	Lösung: Schicht	223
18.10	Aufgabe 25: Schicht und Pfad	227
18.11	Lösung: Schicht und Pfad	228
<b>19. Lektion: Experimentier – Automatische Modelloptimierung</b>		<b>231</b>
<b>20. Lektion: Bearbeitungsfolgen</b>		<b>239</b>
20.1	Starre Bearbeitungsfolge	239
20.2	Dynamische (chaotische) Bearbeitungsfolge	242
20.3	Aufgabe: Starre und dynamische Bearbeitungsfolge	243
20.4	Lösung: Starre und dynamische Bearbeitungsfolge	244
<b>21. Lektion: Datenaustausch mit Excel – Einlesen und Ausgeben</b>		<b>245</b>
21.1	Einlesen und Ausgeben von Daten	245
21.1.1	Importieren (Einlesen) von Daten	245
21.1.2	Exportieren (Auslesen) von Daten	246
21.2	Aufgabe 26: Datenexport/-import	247
<b>22. Lektion: Fluide</b>		<b>251</b>
22.1	Das Fluid	251
22.2	Rohre	253
22.3	Tanks	256
22.4	Prozessoren	258
22.5	Kontrollfragen zur Lektion 22	259
22.6	Lösungen zu den Kontrollfragen	260
22.7	Aufgabe 27: Erstellen Sie den folgenden Fließprozess	260

<b>23. Lektion: WITNESS-Applikationen (nur mit Vollversion)</b> .....	<b>267</b>
23.1 Production Simulator .....	268
23.1.1 Der Simulator .....	268
23.1.2 Die Installation .....	268
23.1.3 Das Interface .....	269
23.2 Assembly Simulator .....	273
23.2.1 Die Installation .....	273
23.2.2 Die Bedieneroberfläche .....	274
23.2.3 Simulation .....	277
23.2.4 Analyse .....	278
23.2.5 Vergleich WITNESS – Applikationen .....	279
<b>24. Lektion: Übungen</b> .....	<b>283</b>
24.1 Gestaltung einer Mensa .....	283
24.2 Beispiellösung Modell Mensa .....	283
24.3 Firma Rohwinkel – Glockengießerei .....	287
24.4 Beispiellösung Fa. Rohwinkel – Optimierungspotenziale .....	288
<b>Anhang: Übungsklausuren</b> .....	<b>291</b>
25.1 Übungsklausur 1 (Niveau: sehr leicht) .....	291
25.2 Lösung: Übungsklausur 1 .....	293
25.3 Übungsklausur 2 (Niveau: leicht, mittel) .....	296
25.4 Lösung: Übungsklausur 2 .....	298
25.5 Übungsklausur 3 (Niveau: schwer) .....	301
25.6 Lösung: Übungsklausur 3 .....	303
<b>Anhang: Herstellprozess einer Bodenfliese aus Kunststoff</b> .....	<b>307</b>
26.1 Mischerei .....	307
26.2 Kalanderstrecke .....	311
26.3 Pressen .....	313
26.4 Stanzen der Fliesen .....	314
26.5 Verpackung und Lagerung .....	315

<b>Anhang: Kurzübersicht der verwendeten Befehle .....</b>	<b>317</b>
<b>Literaturnachweise .....</b>	<b>323</b>
<b>Index .....</b>	<b>325</b>

# 9. Lektion: Montagemaschinen und der Sequence- Befehl



## In dieser Lektion lernen Sie:

- verschiedene Maschinentypen kennen.
- eine Maschine umfangreicher zu detaillieren.
- den Sequence-Befehl kennen und anwenden.

## ■ 9.1 Die sieben WITNESS-Maschinentypen

### 9.1.1 Einzelmaschine

Eine Einzelmaschine bearbeitet jeweils ein Teil und leitet dieses nach der Bearbeitung weiter.



**Bild 9.1** Einzelmaschine

### 9.1.2 Losmaschine

Eine Losmaschine bearbeitet mehrere Teile gleichzeitig. Bei der Detaillierung kann eine minimale Losgröße und eine maximale Losgröße eingegeben werden. Default ist, dass die maximale Losgröße der minimalen Losgröße entspricht.



Bild 9.2 Losmaschine

### 9.1.3 Montage-Maschine

Eine Montage-Maschine fügt während der Bearbeitungszeit mehrere Teile zusammen. Wird keine andere Angabe hinterlegt, so verlässt ein Teil die Maschine, welches alle Eigenschaften (Name, Attribute) des ersten Teiles hat, das für den Arbeitszyklus in die Maschine eingetreten ist. Das erste Teil, das aus der Maschine herausgeht dominiert. D.h. wenn zwei Teile aus der Maschine herauslaufen entspricht das herauslaufende teil optisch dem ersten Teil.



Bild 9.3 Montage-Maschine

### 9.1.4 Demontage-Maschine

Eine Demontage-Maschine zieht ein einzelnes Teil und stößt nach einer Bearbeitungszeit eine Anzahl von Teilen aus. Sie stößt immer das Teil aus, welches der Maschine zugeführt wurde sowie eine zusätzliche Anzahl (Produktionsquantität) der Teileart, die unter *Teileart* definiert wurde (im unteren Beispiel ist die *Produktionsquantität* = 2 und die *Teileart* = B).

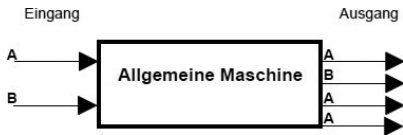


Bild 9.4 Demontage-Maschine

Wird die Option **Teil entpacken** gewählt, so wird ein zuvor von einer Montagemaschine erstelltes Teil, das andere Teile beinhaltet, aber unsichtbar mit sich führt, wieder entpackt. Es entstehen wieder die Teile mit passendem Teiletyp und allen Attributen, die zuvor verschwanden.

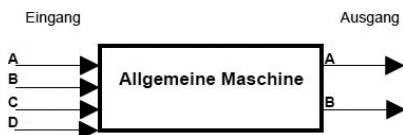
### 9.1.5 Allgemeine Maschine

Eine Allgemeine Maschine zieht eine Anzahl von Teilen und stößt eine möglicherweise abweichende Anzahl von Teilen aus. Ist die Anzahl ausgestoßener Teile größer als die Anzahl zugeführter Teile, so haben alle zusätzlich ausgestoßenen Teile den Teiletyp des im vorhergegangenen Arbeitszyklus zuerst eingetretenen Teiles.



**Bild 9.5** Allgemeine Maschine

Ist die Anzahl ausgestoßener Teile kleiner als die Anzahl zugeführter Teile, so werden die zuletzt der Maschine zugeführten Teile entfernt. In der Statistik werden diese Teile als *montiert* aufgeführt.



**Bild 9.6** Allgemeine Maschine

### 9.1.6 Mehrfachzyklus-Maschine

Eine Mehrfachzyklus-Maschine führt mehrere Arbeitszyklen nacheinander aus. Jeder einzelne Arbeitsgang kann getrennt detailliert werden. Die Bearbeitungszeit bezieht sich immer auf einen Zyklus und ist ähnlich wie die Rüstvorgänge oder Ausfälle in tabellarischer Form konfigurierbar.

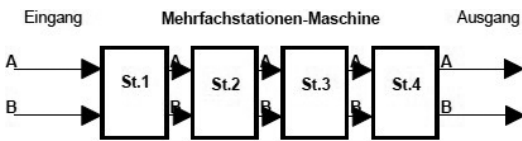


**Bild 9.7** Mehrfachzyklus-Maschine

## 9.1.7 Mehrfachstationen-Maschine

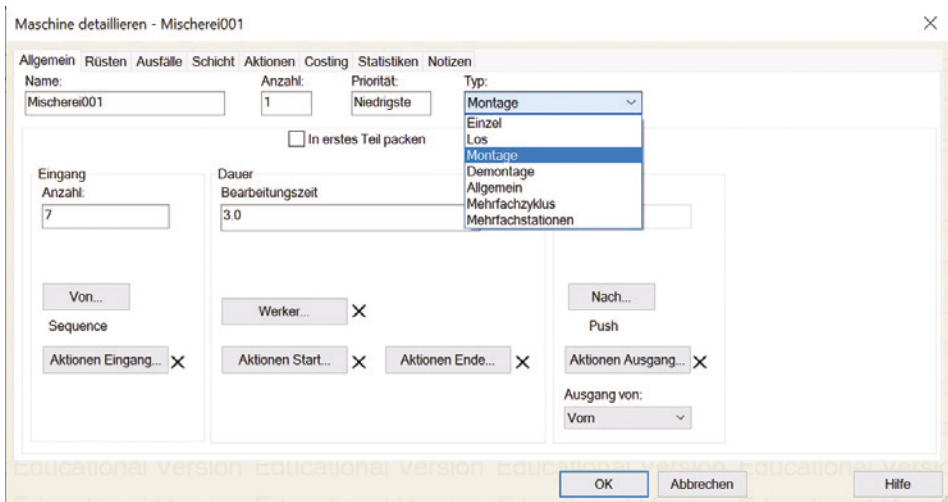
Eine Mehrfachstationen-Maschine bearbeitet eine Anzahl von Teilen durch mehrere gleichartige Stationen. Eine getrennte Detaillierung für die einzelnen Stationen ist nicht möglich. Um Unterbrechungen im Teilefluss innerhalb der Maschine zu vermeiden, werden die Teile intern nur weitergegeben, wenn ein neues Teil in die Maschine gelangt.

Es befinden sich also bei jedem Arbeitszyklus  $\text{Teile pro Station} \times \text{Stationen}$  Teile in der Mehrfachstationen-Maschine. Eine Mehrfachstationen-Maschine ohne diese Besonderheit ließe sich andernfalls auch einfach durch einen Förderer abbilden.



**Bild 9.8** Mehrfachstationen-Maschine

Um die unterschiedlichen Maschinentypen einzustellen, wählen Sie das angezeigte Untermenü in den jeweiligen Maschinen aus.



**Bild 9.9** Detailierungs-Menü der Mischerei001



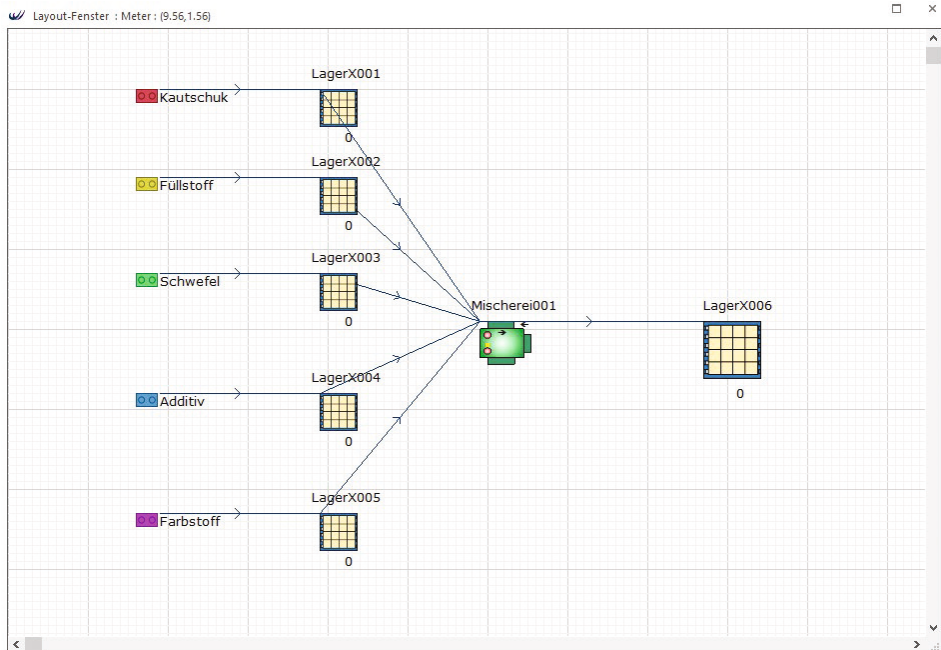
## ■ 9.2 Der Sequence-Befehl

Die *SEQUENCE-Regel* wird oft verwendet, um Montageoperationen zu modellieren. Um eine Situation zu modellieren, in der mehrere Komponenten zu einem neuen Teil zusammengebaut werden müssen. Dazu wird in den Maschinen die *SEQUENCE/WAIT*-Eingangsregel verwendet. Der Sequence-Befehl wird in dem folgenden Kapitel 9.3 ausführlich erklärt und anhand einer Aufgabe angewendet.

## ■ 9.3 Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil 1)

In der folgenden Aufgabe soll näher auf die Montagemaschine eingegangen werden. In den bisherigen Modellen war die Maschine Mischerei eine Einzelmaschine. Von dem von uns erstellten Lager ist immer ein Teil in die Mischerei, wurde dort bearbeitet und ist dann weiter durch das System gewandert. In diesem Modell soll die Mischerei realitätsnäher dargestellt werden.

- ▶ Öffnen Sie ein neues Modell unter Verwendung des Modells **Designermodelle**.
- ▶ Benennen Sie es **Modell 9** und erstellen Sie folgende Elemente:
  - 5 Teile mit den Namen:
    - Kautschuk, Ankunftsintervall 1, Symbol 134.
    - Füllstoff, Ankunftsintervall 1, Symbol 135.
    - Schwefel, Ankunftsintervall 2, Symbol 132.
    - Additiv, Ankunftsintervall 2, Symbol 131.
    - Farbstoff, Ankunftsintervall 2, Symbol 133.
  - 5 Lager mit den Namen:
    - LagerX001 bis LagerX005 mit dem Symbol 159.
  - Eine Maschine mit dem Namen:
    - Mischerei001 und dem Symbol 379.
  - Ein sechstes Lager mit dem Namen:
    - LagerX006 mit dem Symbol 159.
- ▶ Des Weiteren entfernen Sie bitte die kleinen Pfeilgrafiken der Lager und verbinden Sie die Elemente wie folgt:



**Bild 9.10** Übersicht Montagemaschine

Die Mischerei001 wird wie in Bild 9.11 dargestellt detailliert:

- ▶ Typ wird auf Montage gestellt.
- ▶ Eingang Anzahl wird auf 7 gesetzt.
- ▶ Bearbeitungszeit beträgt 3.

**Bild 9.11** Mischerei001 detaillieren

Da der Push-Befehl für ein Lager nicht definiert ist, müssen die einzelnen Mischzutaten auf einem anderen Weg in die Maschine gelangen. Dafür gehen Sie nun in die Eingangsregel der Maschine.

Ein folgender Pull-Befehl als Eingangsregel:

- ▶ *Pull from LagerX001, LagerX002, LagerX003, ...*

Das bedeutet, es würden so lange Teile aus LagerX001 gezogen werden, bis keine mehr vorhanden sind. Wir wollen aber eine festgelegte Mischung simulieren.

Dafür gibt es den *Sequence-Befehl*. Der Sequence-Befehl definiert genau, welches Teil aus welchem LagerX in welcher Quantifizierung entnommen wird.

*Beispiel: Teil(Kautschuk) out of LagerX001#(quantity)*

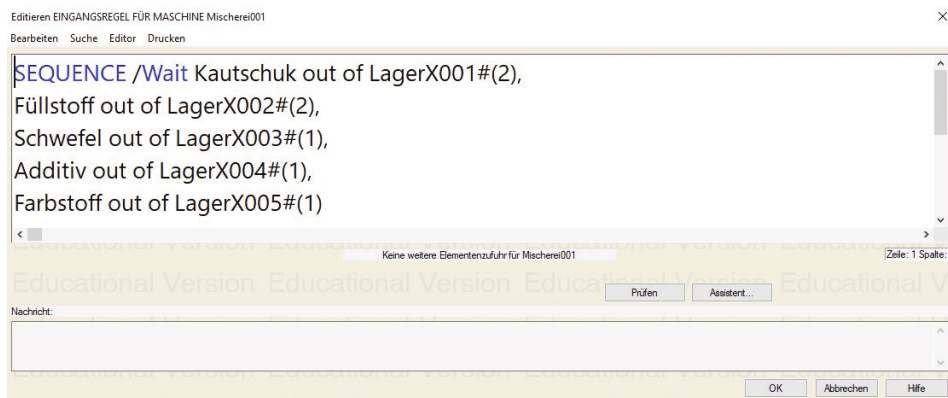
In unserem Modell wollen wir zu zwei Teilen Kautschuk, zu zwei Teilen Füllstoff und zu einem Teil Schwefel, Additiv und Farbstoff herstellen.

Der Sequence-Befehl lautet:

- ▶ *Sequence/Wait Kautschuk out of LagerX001#2, Füllstoff out of LagerX002#2, Schwefel out of LagerX003#1, Additiv out of LagerX004#1, Farbstoffe out of LagerX005#1*

**Anmerkung:** **WAIT** ist der vorgelegte Befehl in der Fehler-Regel. **WAIT** erzeugt eine ganz strenge Reihenfolge, **NEXT** bedeutet grobe Reihenfolge und **RESET** bedeutet nichts anderes, als ein erneuter Beginn von vorne.

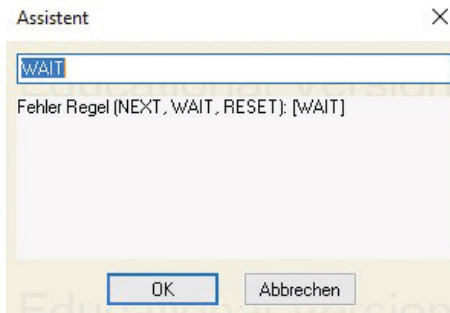
In WITNESS sieht das in der Art und Weise in der Eingangsregel für Maschine **Mischerei001** so aus:



**Bild 9.12** Eingangsregel Mischerei001

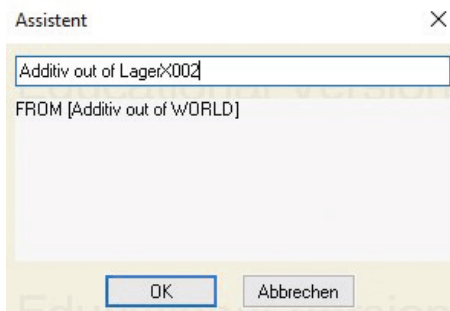
Alternativ können Sie auch mit dem Assistenten arbeiten. Der Assistent unterstützt Sie bei der richtigen Befehlsreihenfolge und Eingabesystematik. In der Klammer geben Sie Elemente und Mengenteile ein.

- ▶ Öffnen Sie mit einem Doppelklick auf die Maschine (Mischerei001) das Menü. *Maschine detaillieren* öffnet sich.
- ▶ Klicken Sie in der Eingangsmaske (linksseitig) auf **Von**.
- ▶ Geben Sie den Befehl *Sequence/Wait* ein. Der Befehl wird in blauer Schrift dargestellt (Aktivierung des Befehls).
- ▶ Klicken Sie nun den Assistenten an und das folgende Fenster öffnet sich.



**Bild 9.13** Assistent: Eingabemaske (1)

- ▶ Nach bestätigen mit **OK** schlägt der Assistent folgendes vor:

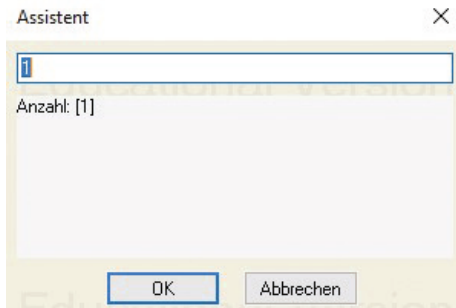


**Bild 9.14** Assistent: Eingabemaske(2)

Der Assistent schlägt nun **Additiv out of world** vor, was allerdings geändert werden muss in

- ▶ *Additiv out of LagerX002*.

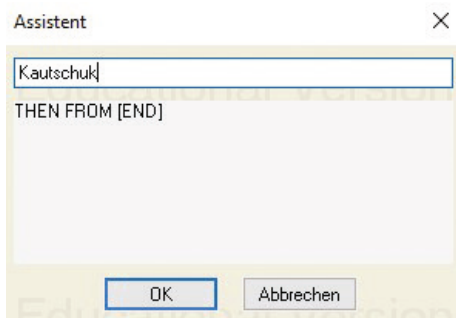
Als nächstes fragt der Assistent die Menge des Additivs ab.



**Bild 9.15** Assistent: Eingabemaske (3)

Als nächstes möchte der Assistent die Regel beenden. Allerdings fehlen noch weitere Mischungszutaten.

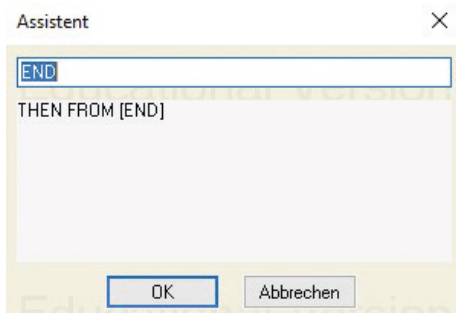
- Daher tippen Sie statt *End* nun *Kautschuk* ein.



**Bild 9.16** Assistent: Eingabemaske (4)

Es folgt nun der analoge Abfragemodus des Assistenten.

- Nach Eingabe der kompletten Mischungsreihe bestätigen Sie mit **OK**.



**Bild 9.17** Assistent: Eingabemaske (5)

Anmerkung:

Es ist wichtig, zu verstehen, dass WITNESS nicht jede Art von Maschine hat. Man ist daher gezwungen zu abstrahieren. In unserem Beispiel haben wir eine Montagemaschine als Mischerei verwendet. Solche Abstraktionen können öfters vorkommen.

- ▶ Speichern Sie das Modell unter **Modell 9** ab.

## ■ 9.4 Kontrollfragen zu Lektion 9

1. Angenommen, ein Prozess besteht aus manuellen und automatischen Zeitannteilen. Welcher Maschinentyp muss ausgewählt werden, damit dies in einer Maschine abgebildet werden kann?
2. Was sind Beispiele für den Einsatz von Mehrfachstationen-Maschinen?
3. Ein Arbeitsplatz Verpacken soll simuliert werden, an dem immer eine bestimmte Anzahl Teile in einen Behälter gepackt wird und dann als Behälter weiter transportiert wird. Welcher Maschinentyp wäre für das Verpacken auszuwählen? Was ist mit dem Entpacken?
4. Welcher Maschinentyp entspricht einer Säge?
5. In einer Bäckerei werden immer 20 Brötchen pro Blech zum Backen in den Ofen geschoben. Welcher Maschinentyp ist dafür auszuwählen und welche Alternativen gibt es, dies korrekt abzubilden?

## ■ 9.5 Lösungen zu den Kontrollfragen

1. Mehrfachzyklusmaschine.
2. Getaktete Produktionslinien, Produktions- und Montageautomaten, Abfüllanlagen.
3. Montagemaschine für Verpacken, Demontagemaschine für Entpacken.
4. Demontagemaschine.
5. Losmaschine. Alternativen wären eine Allgemeine Maschine, eine Mehrfachzyklusmaschine oder vorheriges Packen per Montagemaschine, Bearbeitung in der Einzelmaschine und anschließendes Entpacken in einer Demontagemaschine.

## ■ 9.6 Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil 2)

Lassen Sie das Modell laufen.

1. Was fällt Ihnen auf?
2. Wie können Sie die Produktivität erhöhen?
3. Welche Möglichkeiten der Produktivitätserhöhung wären möglich?

## ■ 9.7 Lösung der Aufgabe 9: Montagemaschine und Sequence-Befehl (Teil 2)

1. Was fällt Ihnen auf?  
In den Lagern X 001 bis 005 ist die doppelte Menge an Teilen wie sie momentan in der Mischerei benötigt werden.
2. Wie können Sie die Produktivität erhöhen?  
Fügen Sie eine zweite identische Mischerei hinzu. Dadurch kann die Produktivität fast verdoppelt werden. In diesem Modell sind keine Rüstzeiten und Ausfälle eingebaut, daher kann man nicht von einer Verdopplung der Produktivität in der Realität sprechen.
3. Welche beiden Möglichkeiten der Produktivitätserhöhung wären möglich?
  - a) Zykluszeit in der Maschine verkürzen.
  - b) Eine zweite Mischerei 002 hinzufügen (siehe Punkt b).
  - c) Die Ankunftsteile (Bodenfliesen) entsprechend dem Verbrauch verkürzen.
  - d) Die Losgröße der ankommenden Teile anpassen.



### **Zusammenfassung:**

Sie haben verschiedenen Maschinentypen und ihre Eigenschaften sowie deren Möglichkeiten der Verwendung kennengelernt.

Sie können den Sequence-Befehl einsetzen.

# Index

## A

Additive 308  
Arbeitszeit 217  
Assembly Simulator 274  
AttachLabor 205  
Attribute 185  
Attribut-Modifier 187  
Ausfälle 96

## B

Bedingungsabhängiges Laden und  
Entladen 195  
Bodenfliesen 307

## C

Carrier 204

## D

DESC 187  
Dynamische (chaotische)  
Bearbeitungsfolge 242

## E

EHB – Elektrische Hängebahnen 204  
Entladen 199  
Etagenpressen 313  
Experimenter 231  
Exportieren (Auslesen) von Daten 246

## F

Fahrspur 197  
Fahrzeuge 195  
Firma Rohwinkel 287  
FLOW 252  
Fluid 251  
Funktionen 151

## G

Globale Auftragsvergabe 195

## I

ICON 187  
Importieren (Einlesen) von Daten 245  
Innenmischer 309  
Integer 152

## K

Kalender 312  
Kantenschutz 315  
Kautschuk 308

## L

Ladevorgang 198  
Lokale Auftragsvergabe 195



**M**

Mensa 283  
Merry-Go-Round-System 195  
Mischerei 307  
Modell 1  
MS Excel 245

**N**

Name 152  
Neuplanung 7

**P**

Pausenzeit 217  
PEN 187  
PFCarrier 204  
PF Power & Free 204  
Production Simulator 268  
Projektdefinition 6  
Prozess 1  
Prozessoptimierung 6  
Prozessor 258

**R**

R\_CYCLE 209  
Real 152  
Regel PERCENT 100  
Rohmischung 308  
Rohr 253  
ROUTE 209  
R\_SETUP 209  
Rüsten 95

**S**

Sammelwalzwerk 311  
Schichten 215  
Schrumpffolie 315

Simulationsexperiment 2  
Simulationslauf 2  
Simulationsstudie 11  
Simulationswürdigkeit 3  
simulative Einsparpotenziale 3  
Simulator 2  
Stanzen 314  
Starre Bearbeitungsfolge 239  
Störungen 96  
String 152  
Struktur 2  
Systemattributen 187

**T**

Tank 256  
Teilschicht 221  
TYPE 187

**U**

Übungsklausuren 291

**V**

Variablen 152  
Vordefinierte Statistiken 150  
Vulkanisieren 313

**W**

Wig-Wag-Formen 311

**Z**

Zeitserie 149