

Praxishandbuch Plant Simulation und SimTalk

Anwendung und Programmierung in über 150 Beispiel-Modellen

Bearbeitet von
Steffen Bangsow

1. Auflage 2011. Buch. 456 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 42782 2

Format (B x L): 20,2 x 23,5 cm

Gewicht: 1183 g

[Weitere Fachgebiete > EDV, Informatik > Professionelle Anwendung > 3-D Graphik, Computersimulation & Modelle](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

The logo for beck-shop.de features the text 'beck-shop.de' in a bold, red, sans-serif font. Above the 'i' in 'shop' are three red dots of increasing size. Below the main text, 'DIE FACHBUCHHANDLUNG' is written in a smaller, red, all-caps, sans-serif font.

beck-shop.de
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Leseprobe

Steffen Bangsow

Praxishandbuch Plant Simulation und SimTalk

Anwendung und Programmierung in über 150 Beispiel-Modellen

ISBN: 978-3-446-42782-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42782-2>

sowie im Buchhandel.

5

Die Arbeit mit Zufallswerten

In vielen Fällen ist es nicht möglich, einen festen Wert für eine Bearbeitungszeit oder Störungsdauer anzugeben. Plant Simulation stellt hierfür einige Funktionen zur Verfügung, um reale Verteilungen von Werten in die Simulation einfließen zu lassen.

■ 5.1 Arbeit mit Verteilungstabellen

Vor allem für Zeiten können Sie in den Menüs aus einer Reihe von Verteilungsfunktionen auswählen. Die Verteilungsfunktionen kann man prinzipiell in zwei Bereiche einteilen:

- Empirische Verteilungen: Hier gibt es reale Werte, zum Beispiel aus der Vergangenheit, und die Verteilung der Werte kann vorgegeben werden.
- Wahrscheinlichkeitsverteilungen: Hier ist die reale Verteilung nicht genau bekannt, es wird mit mathematischen Verteilungsfunktionen gearbeitet, welche die Verteilung der realen Werte annähernd abbilden.

Ein prinzipielles Problem dabei ist die Datenbeschaffung. Sie benötigen zur Einschätzung (Ermittlung) der Verteilung eine Reihe von Daten, die über eine gewisse Zeit gesammelt worden sein sollten. Gerade bei neu zu konzipierenden Lösungen sind diese wenn überhaupt, dann nur von Vergleichsanlagen vorhanden. Trotz allem sollten Sie versuchen, die realen Schwankungen von Werten so gut, wie es geht, in der Simulation abzubilden, um ein realistisches Ergebnis zu erzielen. Gehen Sie zur Ermittlung empirischer Verteilungen wie folgt vor:

1. Ermitteln Sie das Maximum und das Minimum der Werte (dabei sollten extrem abweichende Werte, sogenannte Ausreißer, eliminiert werden).
2. Teilen Sie die Daten in eine geeignete Anzahl von Klassen ein (in Abhängigkeit des Abstands von Minimum und Maximum und der Anzahl der Daten).
3. Ermitteln Sie die Klassenbreite (Klassengrenzen) durch Division von (Maximum-Minimum) durch die Anzahl der Klassen.
4. Ermitteln Sie die Unter- und Obergrenzen der Klassen.

5. Zählen Sie die Daten aus und ordnen Sie die Daten in die Klassen ein (dabei gehört normalerweise die obere Grenze zur Klasse und die untere nicht).
6. Werten Sie die Häufigkeiten in den einzelnen Klassen aus, indem Sie die Anzahl der Werte in den einzelnen Klassen ins Verhältnis zur Gesamtanzahl der Werte setzen.

Das folgende Beispiel demonstriert diese Vorgehensweise mit Excel 2007.



BEISPIEL: AUSWERTUNG STATISTISCHER WERTE

Im folgenden Beispiel wird die Auswertung statistischer Daten (Häufigkeit) mithilfe von Excel gezeigt. Ich verwende für das Beispiel Excel 2007. Excel besitzt eine Reihe leistungsfähiger Funktionen zur Auswertung statistischer Daten. Sie können über einen ASCII-Import Daten aus unterschiedlichen Quellen importieren. Als Beispiel sollen folgende aufgezeichnete Werte aufbereitet werden:

90, 78, 89, 67, 78, 88, 99, 78, 77, 76, 80, 81, 77, 76, 75, 72, 80, 82, 80, 91, 92, 94

Normalerweise liegen die Daten in Tabellenform oder als durch ein Trennzeichen getrennte Textdatei (csv, txt, asc ...) vor. Tragen Sie die Daten zunächst in eine Excel-Tabelle ein. Im ersten Schritt müssen wir das Maximum und das Minimum der Werte ermitteln. Dafür können Sie in Excel die Funktionen `max(bereich)` und `min(bereich)` verwenden. In diesem Beispiel ist das Maximum 99 und das Minimum 67. Der Abstand zwischen den beiden Werten ist 32. Diesen Abstand müssen wir jetzt in eine genügende Anzahl von Klassen einteilen. Je mehr Klassen Sie bilden, desto höher ist die Genauigkeit der Abbildung der Schwankung. Der Gesamtbereich wird in acht Klassen mit einer Klassenbreite von 4 (Division von Abstand durch Klassenanzahl) aufgeteilt. Als nächsten Schritt legen wir die oberen und unteren Grenzen der Klassen fest (Untere Grenze + Abstand = Obere Grenze = Untere Grenze der nächsten Klasse). Bild 5.1 zeigt, wie das in Excel aussehen könnte.

	C	D	E
max		99	
min		67	
Abstand		32	
Anzahl Klassen		8	
Klassenbreite		4	
		Untere Grenze	Obere Grenze
Klasse 1:		0	71
Klasse 2:		71	75
Klasse 3:		75	79
Klasse 4:		79	83
Klasse 5:		83	87
Klasse 6:		87	91
Klasse 7:		91	95
Klasse 8:		95	99

Bild 5.1
Excel, Statistik
Klassenbildung

Im nächsten Schritt ermitteln wir die Häufigkeit der einzelnen Werte in den Daten. Dafür benötigen wir eine Matrixfunktion von Excel. Diese Funktionen funktionieren nur, wenn Sie eine bestimmte Reihe von Schritten ausführen:

1. Markieren Sie den Bereich, in dem Sie die Häufigkeiten anzeigen wollen (Zellen neben den oberen Grenzen).
2. Drücken Sie die F2-Taste (der Cursor in der ersten Zelle blinkt).
3. Tragen Sie die folgende Formel ein: „=Häufigkeit“. Markieren Sie den Bereich mit den Daten. Wenn der Bereich größer ist, dann markieren Sie die erste Zelle und drücken die Tastenkombination **STRG+UMSCHALT+RICHTUNGSTASTE PFEIL NACH UNTEN – „;“** – markieren Sie die Zellen mit den oberen Grenzen. Schließen Sie die Klammer „)“.
4. Drücken Sie zum Abschluss **STRG+UMSCHALT+EINGABE**.

Excel ermittelt auf diese Weise relativ schnell die absoluten Häufigkeiten der Daten innerhalb der Klassengrenzen. Als letzten Schritt müssen wir aus den absoluten Häufigkeiten relative Häufigkeiten berechnen. Dazu setzen wir die einzelnen absoluten Häufigkeiten zur Anzahl der Werte ins Verhältnis (abs. Wert/Summe aller absoluten Häufigkeiten, Bild 5.2).

Anzahl Klassen	8			
Klassenbreite	4			
	Untere Grenze	Obere Grenze	Häufigkeit	%
Klasse 1:	0	71	1	5%
Klasse 2:	71	75	2	9%
Klasse 3:	75	79	7	32%
Klasse 4:	79	83	5	23%
Klasse 5:	83	87	0	0%
Klasse 6:	87	91	4	18%
Klasse 7:	91	95	2	9%
Klasse 8:	95	99	1	5%

Bild 5.2
Excel, Berechnung einer
Häufigkeitsverteilung

Mit diesen Wertverteilungen können wir in Plant Simulation weiter arbeiten.

Plant Simulation besitzt verschiedene Funktionen zur Abbildung empirischer Verteilungen. Es gibt drei Möglichkeiten, mit empirischen Daten zu arbeiten:

- Emp
- cEmp
- dEmp



BEISPIEL: EMPIRISCHE VERTEILUNGEN MIT DEMP

In einem Arbeitsprozess folgt nach einem kontinuierlichen Prozess mit 1:40 Minuten Taktzeit ein manueller Prozess. In diesem Prozess muss der Werker das Teil vermessen und je nach Ergebnis Nacharbeiten vornehmen. Die Prozesszeit des Arbeitsplatzes verteilt sich dabei wie folgt:

Prozesszeit	Anteil an allen Messungen
1:10–1:20	5%
1:20–1:30	15%
1:30–1:40	60%
1:40–1:50	20%

Der Entkopplung des manuellen Arbeitsplatzes vom vorhergehenden Prozess dient ein Puffer. Erzeugen Sie ein Netzwerk analog Bild 5.3. Die Tabelle und die Methode finden Sie in der Klassenbibliothek im Ordner Informationsfluss. `bearbeitungszeit` ist eine Variable vom Typ String (ebenfalls Ordner Informationsfluss).

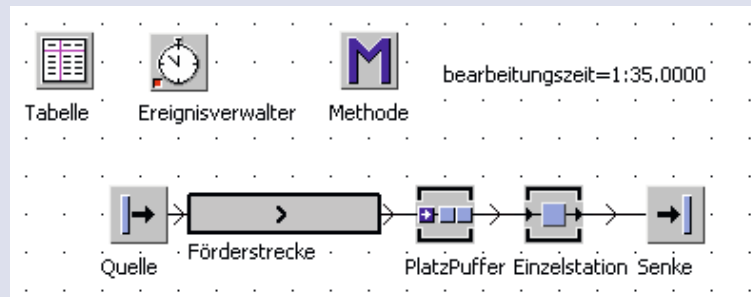


Bild 5.3
Beispielmodell dEmp

Die Quelle erzeugt alle 1:40 Minuten ein Teil. Der Platzpuffer hat eine Kapazität von 4 und eine Bearbeitungszeit von 0 Sekunden. Die Bearbeitungszeit der Einzelstation soll sich nach der Verteilungstabelle richten. Wählen Sie in der Einzelstation im Feld **BEARBEITUNGSZEIT** dEmp, Strom 1 und Tabelle (Bild 5.4).

Die 1 bestimmt den Zufallsstrom 1, Tabelle ist der Verweis auf die Tabelle mit den Zufallswerten. Wenn Sie auf **ÜBERNEHMEN** klicken, wird die Tabelle formatiert. Tragen Sie die Verteilung wie folgt ein: Als Wert für die Bearbeitungszeit tragen Sie die Mitte des Wertbereiches und die dazugehörige Häufigkeit ein (z. B. von 1:20 bis 1:30 – die Mitte ist 1:25). Ausgefüllt müsste die Verteilungstabelle wie in Bild 5.5 aussehen.

Bild 5.4
Einzelstation, Blatt
Zeiten, empirisch
verteilte
Bearbeitungszeit

string	Zeit	Häufigkeit
1	1:15.0000	5.00
2	1:25.0000	15.00
3	1:35.0000	60.00
4	1:45.0000	20.00
5		

Bild 5.5
Wertetabelle für
dEmp-Verteilung

Wenn Sie die Simulation starten, würfelt Plant Simulation jeweils eine neue Bearbeitungszeit, bevor ein neues Teil auf die Einzelstation umgelagert wird. Beobachten lässt sich das allerdings schlecht. Wir können hier einen kleinen Trick anwenden. Die globale Variable kann eine Statistik sammeln. Dabei zeichnet sie die Häufigkeit und die Dauer der Werte auf, die die Variable einnimmt (das funktioniert mit den Datentypen String und Integer). Wir müssen dafür eine kleine Methode schreiben. Öffnen Sie dazu die Methode durch Doppelklick. Tragen Sie den folgenden Text in die Methode ein:


```
is
do
    bearbeitungszeit:=time_to_str(?.bearbeitungszeit);
end;
```

Wenn Sie keinen Text eintragen können, deaktivieren Sie die Option **QUELLTEXT ERBEN** (links neben dem grünen Häkchen). Mit der Anweisung weisen wir der Variablen `bearbeitungszeit` die Bearbeitungszeit der Einzelstation als Text zu. Damit die Methode oft genug aufgerufen wird, müssen wir sie der Ausgangssteuerung der Einzelstation zuweisen (Heck). Wir müssen nun noch die Statistik der globalen Variablen aktivieren. Öffnen Sie die globale Variable durch Doppelklick. Wählen Sie im Blatt **WERT** den Datentyp String, und aktivieren Sie im Blatt **STATISTIK** die Statistik durch Aktivieren der Checkbox **AKTIV**. Wenn Sie nun die Simulation eine Weile laufen lassen, können Sie sich im Blatt **STATISTIK** die Verteilung der Werte ansehen. Die Dauer der Werte sollte die in der Tabelle eingetragene Verteilung widerspiegeln (Statistiktabelle, Spalte `%_Dauer`, siehe Bild 5.6).

bearbeitungszeit - Statistik der benutzerdefinierten Attribute						
	Wert	Häufigkeit	Dauer	%_Häufigkeit	%_Dauer	M
1		1	1:40.0000	0.00	0.00	
2	1:15.0000	5740	8:05:28:45.0000	8.22	5.87	
3	1:25.0000	15389	22:13:40:20.0000	22.04	16.09	
4	1:35.0000	29162	82:17:05:55.0000	41.76	58.97	
5	1:45.0000	19543	26:17:59:40.0000	27.98	19.07	

Bild 5.6
Statistiktabelle des
Bausteins Variable

Mit Emp können Sie eine sogenannte primitive empirische Verteilung verwenden. Die Häufigkeitstabelle besteht nur aus einer Spalte. Für jede Zeile (Wert) können Sie eine Häufigkeit angeben. Plant Simulation interpretiert in dieser Verteilung bezogen auf die Bearbeitungszeit die Zeilennummer als Sekunden.



BEISPIEL: EMPIRISCHE VERTEILUNGEN MIT EMP

Benutzen Sie das Beispiel Empirische Verteilungen mit dEmp. Ändern Sie das Erzeugungsintervall der Quelle auf drei Sekunden. Fügen Sie eine weitere Tabelle ins Netzwerk ein (Tabelle 1). Wählen Sie in der Einzelstation die Verteilung der Bearbeitungszeit nach Bild 5.7.

Bearbeitungszeit:

Emp

1, Tabelle1, 1

Der erste Parameter bezeichnet den verwendeten Zufallsstrom (jede Zufallsverteilung muss ihren eigenen Strom haben), als Nächstes folgt die Tabelle mit den Verteilungen, und der dritte Parameter ist die Spalte innerhalb der Tabelle, welche die Verteilungen enthält (standardmäßig die erste Spalte). Folgende Verteilung soll abgebildet werden: 20% Bearbeitungszeit von 1 Sekunde, 30% 2 Sekunden, 40% 3 Sekunden und 10% 4 Sekunden. Die Eintragungen in der Tabelle1 sehen wie in Bild 5.8 aus.

	real 1
1	20
2	30
3	40
4	10

Plant Simulation weist der Einzelstation nun Bearbeitungszeiten von einer bis vier Sekunden nach der eingetragenen Häufigkeit zu. Wenn Sie größere Bearbeitungszeiten haben, ist diese Art der Wertverteilung etwas unpraktikabel.

Bild 5.7
Einstellung Einzelstation,
Blatt Zeiten

Bild 5.8
Wertetabelle
Emp-Verteilung

Mit cEmp können Sie Verteilungen mit ihren Klassengrenzen abbilden. Die Werte werden jeweils mit ihren unteren und oberen Klassengrenzen angegeben. Auf diese Weise können Sie direkt Daten aus statistischen Auswertungen (Verteilungsfunktionen) übernehmen. Aus dem Beispiel dEmp würde die Verteilungstabelle wie in Bild 5.9 aussehen.

	time 1	time 2	real 3
string	linke Grenze	rechte Grenze	Häufigkeit
1	1:10.0000	1:20.0000	5.00
2	1:20.0000	1:30.0000	15.00
3	1:30.0000	1:40.0000	60.00
4	1:40.0000	1:50.0000	20.00

Bild 5.9
Wertetabelle einer
cEmp-Verteilung

■ 5.2 Arbeiten mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Wenn Sie sehr viele Daten mit einer relativ großen Schwankungsbreite haben, kann eine empirische Auswertung u. U. zu ungenau oder zu aufwendig sein. Als Alternative gibt es die Möglichkeit, die Schwankung der Daten durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion abbilden zu lassen. Plant Simulation bietet hierfür eine ganze Reihe von Funktionen an. Das größte Problem dabei ist, eine geeignete Funktion für die Daten zu finden. Sie können dafür innerhalb von Plant Simulation das Paket DataFit benutzen. Dafür müssen Sie die statistischen Werkzeuge Ihrer Klassenbibliothek hinzufügen. Wählen Sie **DATEI – KLASSEN-BIBLIOTHEK VERWALTEN**. Klicken Sie im folgenden Dialog auf das Blatt **BIBLIOTHEKEN**. Aktivieren Sie im Bereich **TOOLS** die Checkbox vor **STATISTISCHE WERKZEUGE** (Bild 5.10).

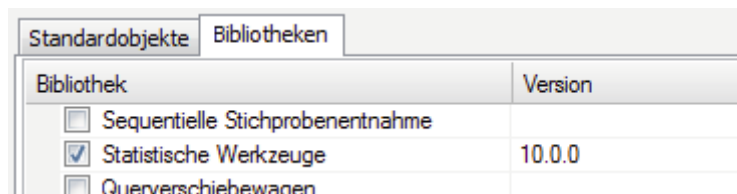


Bild 5.10
Bibliotheksverwaltung,
Statistische Werkzeuge

Sie finden jetzt die statischen Werkzeuge im Ordner Tools und in der Toolbox.

5.2.1 Verwendung von DataFit zur Ermittlung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Wenn Sie eine größere Anzahl von Daten besitzen (> 60), können Sie DataFit verwenden, um eine Wahrscheinlichkeitsverteilung zu suchen, welche die Daten hinreichend genau beschreibt. Sie können die Daten direkt in DataFit eingeben oder sie aus einer Textdatei importieren. Die Daten müssen in der Datei durch ein festes Trennzeichen voneinander getrennt sein.





BEISPIEL: VERWENDUNG VON DATAFIT ZUR ERMITTLUNG VON WAHRSCHEINLICHKEITSVERTEILUNGEN

Es soll eine Einzelstation simuliert werden. Die Bearbeitungszeit der Einzelstation schwankt um 4,62 Sekunden. Die Werte sind in der Datei *verteilung.csv* gespeichert. Wir werden DataFit verwenden, um die geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Bearbeitungszeit zu ermitteln. Legen Sie ein Netzwerk nach Bild 5.11 an.

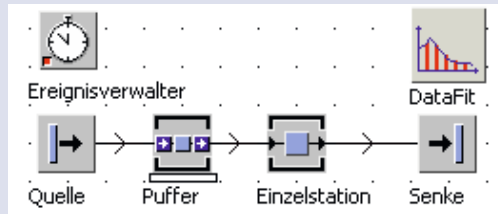


Bild 5.11
Netzwerk DataFit

Die Quelle erzeugt alle 4,62 Sekunden ein Teil. Der Puffer hat eine Kapazität von vier Plätzen und keine Bearbeitungszeit. Die Senke hat eine Bearbeitungszeit von 0 Sekunden. Die Daten können Sie unter www.bangsow.de herunterladen. Suchen Sie nach dem Beispiel „DataFit“. Öffnen Sie das DataFit-Objekt durch Doppelklick. Als erstes müssen wir die Daten aus der Datei *verteilung.csv* in DataFit importieren. Öffnen Sie das DataFit-Objekt durch Doppelklick. Klicken Sie auf **ORDNER** und wählen Sie den Ordner aus, in dem sich die Datei mit den Daten befindet. Tragen Sie bei **DATEI-NAME** den Namen der Datei ein. Definieren Sie das Dezimaltrennzeichen (im Falle der Datei *verteilung.csv*: Komma). Im Feld **DATENTYP** gibt es zwei Auswahlmöglichkeiten:

- a) diskret; die Daten sind ganzzahlig und größer als 0
- b) stetig; die Daten können auch negative Werte annehmen, oder es sind Fließkommazahlen

Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um positive Fließkommazahlen, deshalb müssen Sie **STETIG** auswählen. Ausgefüllt müsste das Blatt **DATENEINGABE** des DataFit-Objektes wie in Bild 5.12 aussehen.

Bild 5.12
DataFit, Blatt
Dateneingabe

Klicken Sie zuerst auf **ÜBERNEHMEN** und dann auf **LADEN**. Wenn alle Einstellungen richtig sind, werden die Daten in die Datentabelle von DataFit geladen. Wenn Sie DataFit für mehrere Analysen verwenden, müssen Sie die alten Daten durch Klick auf die Schaltfläche **LÖSCHEN** zunächst entfernen. Mit der Schaltfläche **ÖFFNEN** können Sie die importierten Daten nun betrachten (hier können Sie auch direkt Daten importieren, über die Zwischenablage einfügen oder eintragen). Im nächsten Schritt können Sie die Daten bereinigen. Beim Aufzeichnen der Daten kann es passieren, dass „Ausreißer“ entstehen, d.h. Daten, die extrem von den restlichen Werten abweichen. Das kann zum Beispiel passieren, wenn zur Ermittlung der Bearbeitungszeit nur Start und Ende der Operation aufgezeichnet werden. Ist die Anlage gestört und kann das Teil erst nach Reparatur beenden, dann muss diese einzelne Zeit in der statistischen Reihe gelöscht werden.

Entfernen Sie die Ausreißer aus der Wertetabelle. Im Blatt **ANPASSUNG** können wir jetzt DataFit nach einer Verteilung suchen lassen. Legen Sie dazu eine Irrtumswahrscheinlichkeit fest (zwischen 0.0 und 0.05). Die Irrtumswahrscheinlichkeit gibt üblicherweise an, wie viel % der Werte außerhalb der erwarteten Verteilung liegen dürfen. Legen Sie die Anzahl der Klassen fest (folgen Sie wenn es geht den Empfehlungen des Programms). Klicken Sie auf **FIT**, um nach geeigneten Verteilungen zu suchen. Klicken Sie auf **ÜBERNEHMEN**. Mit **HISTOGRAMM – ANZEIGEN** können Sie sich ein Histogramm mit der eingestellten Klassenanzahl anzeigen lassen (Bild 5.13).

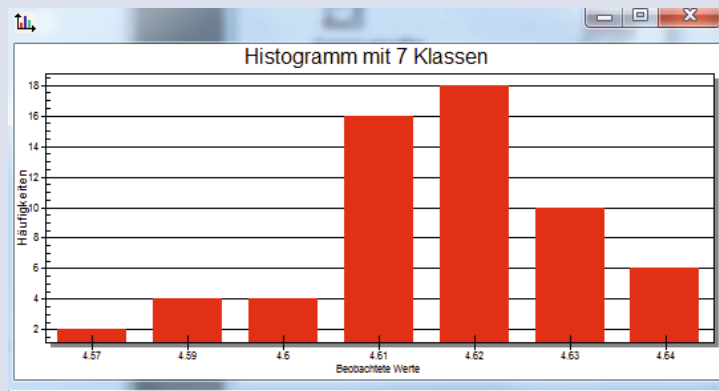


Bild 5.13
DataFit-Histogramm

Das Ergebnis der Untersuchung können Sie im Blatt **AUSWERTUNG** durch Klick auf **ERGEBNISSE: ÖFFNEN** betrachten. Plant Simulation verwendet verschiedene Verfahren, um die Eignung einer Verteilung für die speziellen Daten zu prüfen. Die Reihenfolge in der Tabelle Ranking stellt die Eignung der Verteilung dar. Die Ergebnisse der Prüfungen stehen in den Spalten Result Chi, Result KS und Result AD. In unserem Beispiel ist die beste Lösung eine Normalverteilung. Die in Plant Simulation einzustellenden Parameter finden Sie in den letzten Spalten der Ranking-Tabelle (Bild 5.14).


Bild 5.14
DataFit, Ranking-Tabelle
(Auszug)

	string 0	real 10	real 11	real 12	string 13	string 14	string 15
	Distribution	Parameter1	Parameter2	Parameter3	Parameter 1	Parameter 2	Parameter 3
1	Normal	4.6187	0.016803075		Mu = 4.6	Sigma = 0.017	
2	Triangle	4.62	4.574	4.651	c = 4.6	a = 4.6	b = 4.7
3	Uniform	4.574	4.651		Start = 4.6	Stop = 4.7	
4	Negexp	4.6187			Beta = 4.6		

Die Einstellungen, die wir in der Bearbeitungszeit der Einzelstation vornehmen müssen, sind nach DataFit: Verteilung: Normal; Mu = 4.6; Sigma = 0.017, dazu kommt noch die Definition eines Zufallsstroms und einer unteren und oberen Schranke (v.a. um negative Werte zu vermeiden). Als Einstellung in der Einzelstation sieht das dann wie in Bild 5.15 aus.

Bild 5.15
Bearbeitungszeit,
Normalverteilung

Bearbeitungszeit: Normal 2, 0:04.6, 0:00.017, 0, 0:05



HINWEIS: DataFit Version 9

Plant Simulation trägt den Pfad mit einem abschließenden Schrägstrich in das Textfeld neben der Schaltfläche **ORDNER** ein. Sie müssen den letzten Schrägstrich in der Version 9 löschen, sonst kann die Datei nicht geladen werden.

5.2.2 Verwendung von Gleichverteilungen

Es gibt Verteilungen, die nicht durch Funktionen abgebildet werden können. Das sind vor allem Werte, die in einem bestimmten Bereich völlig willkürlich streuen. Wenn Sie solche Werte durch DataFit analysieren lassen, kann DataFit keine Verteilungsfunktion ermitteln. In solchen Fällen können Sie Plant Simulation veranlassen, die Werte zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert jedes Mal neu zu „würfeln“. Die einzelnen Werte streuen dann zufällig zwischen Minimal- und Maximalwert. Wenn zum Beispiel die Bearbeitungszeiten zwischen einer und drei Minuten völlig willkürlich streuen, müssten Sie zur Abbildung dieser Bearbeitungszeit eine Einstellung wie in Bild 5.16 vornehmen.

Bild 5.16
Bearbeitungszeit,
Gleichverteilung

Strom, Start, Stop

Bearbeitungszeit: Gleich 1, 1:00, 3:00

■ 5.3 Der Experimentverwalter

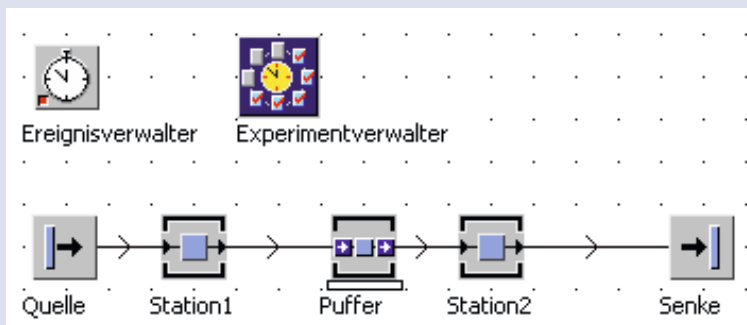
Der Experimentverwalter ist nur in der Professional-, Educational- oder Research-Lizenz enthalten. Nachdem Sie ein Modell für eine Simulation aufgebaut haben, wird mit dem Modell eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Experimente bestehen in der Regel aus Veränderungen von Eingangsgrößen und der Untersuchung, welche Auswirkung dies auf bestimmte Ausgangsgrößen hat. Einfache Experimente bestehen aus der Variation einer Eingangsgröße, komplexere Experimente verändern mehrere Eingangsgrößen. Damit dabei alle Systemzustände abgebildet und simuliert werden, muss man Experimente mit mehreren zu verändernden Eingangsgrößen sorgfältig planen.

Der Experimentverwalter ist ein wichtiges Tool zur Planung und Durchführung von Experimenten. Mit dem Experimentverwalter können Sie veränderliche Werte und zu beobachtende Ergebniswerte definieren. Die Funktionsweise ist relativ einfach. Sie definieren die Veränderungsschritte der Eingangsgrößen und die Anzahl der Simulationsläufe, die Plant Simulation dann eigenständig ausführt. Die Ergebnisse der Experimentläufe werden aufgezeichnet und für weitere Auswertungen zur Verfügung gestellt. Sie finden den Experimentverwalter in der Klassenbibliothek im Ordner Tools.



BEISPIEL: EXPERIMENTVERWALTER

Die optimale Größe eines Puffers soll mit einer Reihe von Experimenten überprüft werden. Untersucht werden soll der Zusammenhang von Puffergröße und Ausbringungsmenge. Simuliert werden sollen zwei Einzelstationen, davon eine mit zufällig verteilten Bearbeitungszeiten. Zur Entkopplung ist ein Puffer zwischen den Einzelstationen vorgesehen. Die Puffergröße soll mithilfe einer Reihe von Experimenten ermittelt werden. Erzeugen Sie ein Netzwerk wie in Bild 5.17.



Nehmen Sie folgende Einstellungen vor: Die Quelle produziert alle zwei Minuten ein Teil (nicht blockierend). Die Station1 hat eine Bearbeitungszeit von zwei Minuten. Der Puffer hat eine Anfangskapazität von 1 und keine Bearbeitungszeit. Die Bearbeitungszeit der Station2 ist gleichverteilt zwischen 0:30 und 3:30 (Bild 5.18).

Bild 5.17
Netzwerk-Beispiel
Experimentverwalter

Bild 5.18
Einstellung
Bearbeitungszeit
gleichverteilt

Bearbeitungszeit: Gleich 2, 0:30, 3:30

Sie müssen im Ereignisverwalter im Blatt **EINSTELLUNGEN** eine Dauer für die Simulationsläufe einstellen. Tragen Sie im Feld Ende zehn Tage ein (10:00:00:00). Öffnen Sie den Experimentverwalter durch Doppelklick.

Definition | **Auswertung**

Ausgabewerte definieren

☒ Eingabewerte verwenden

Eingabewerte definieren

Experimente definieren

Beobachtungen pro Experiment: 10

☐ Verteilte Simulation verwenden

Bild 5.19
Experimentverwalter,
Maske Definition

Als Erstes definieren wir die zu beobachtende Größe. Die Ausbringung innerhalb der zehn Tage können wir am einfachsten über die Statistik der Senke ermitteln. Das betreffende Attribut heißt `statAnzahlEin`. Klicken Sie auf die Schaltfläche **AUSGABEWERTE DEFINIEREN**. Tragen Sie in die Tabelle `root.senke.statAnzahlEin` ein (Bild 5.20).

	Ausgabewerte	Beschreibung
1	root.senke.statAnzahlEin	

Bild 5.20
Ausgabewerte
Experimentverwalter

Als Nächstes definieren wir die eigentlichen Experimente. Aktivieren Sie die Checkbox **EINGABEWERTE VERWENDEN** und klicken Sie auf **EINGABEWERTE DEFINIEREN**. Wir wollen schrittweise die Kapazität des Puffers erhöhen, um die Auswirkung der Puffergröße auf die Ausbringung zu untersuchen. Das entsprechende Attribut des Puffers heißt `Kapazität` (Wenn Sie nicht wissen, wie das benötigte Attribut heißt, dann klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Objekt und wählen aus dem Kontextmenü **ATTRIBUTE UND METHODEN ANZEIGEN**. Markieren Sie einen Eintrag in der Liste und drücken F1, dann kommen Sie zur Hilfe). Fügen Sie `root.puffer.kapazität` in die Tabelle Eingabewerte ein (Bild 5.21).

	Eingabewerte	Beschreibung
1	root.puffer.kapazität	

Bild 5.21
Eingabewerte
Experimentverwalter

Bestätigen Sie mit **OK** und klicken Sie dann im Dialog des Experimentverwalters auf **ÜBERNEHMEN**. Plant Simulation formatiert daraufhin eine Tabelle zur Definition der einzelnen Experimente. Klicken Sie auf **EXPERIMENTE DEFINIEREN**. Definieren Sie analog zu Bild 5.22 die Experimente (ergänzen Sie die Werte bis 16).

	Aktiv	root.puffer.kapazität
1	true	2
2	true	4
3	true	6

Bild 5.22
Experimente im
Experimentverwalter

Plant Simulation ändert von sich aus vor jedem Experiment die Kapazität des Puffers und führt je Experiment die eingestellte Anzahl von Beobachtungen durch. Zum Starten der Experimente klicken Sie im Experimentverwalter zuerst auf **RESET**, um die alten Werte zu löschen, und dann auf **START**. Plant Simulation öffnet ein Meldungsfenster, wenn die Experimente abgeschlossen sind. Im Blatt **AUSWERTEN** können Sie sich die Ergebnisse anzeigen lassen (z. B. als Diagramm, siehe Bild 5.23).

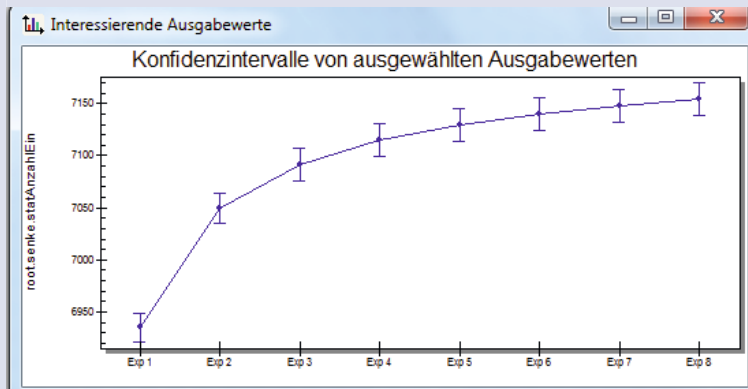


Bild 5.23
Ergebnisdarstellung des
Experimentverwalters

In der gleichen Art können Sie auch Experimente mit mehreren Eingabewerten und einer Reihe von Ausgangswerten definieren. Sie sollten sich im Fall von mehreren Eingangsgrößen sehr genaue Gedanken über die auszuführenden Experimente machen, um alle relevanten Systemzustände abzubilden.

6

Simulation von Transportprozessen

Zur Abbildung von Transportprozessen stehen Ihnen in Plant Simulation die Bausteine Förderstrecke, Weg und Fahrzeug zur Verfügung. Das Fahrzeug bietet durch seine Konfigurierbarkeit eine riesige Menge an Einsatzmöglichkeiten.

■ 6.1 Förderstrecke

Der Baustein Förderstrecke ist ein aktiver Materialflussbaustein. Die Förderstrecke transportiert BEs entlang einer Strecke mit konstanter Geschwindigkeit (Stetigförderer, Rollbahnen, Kettenförderer).



BEs können sich auf der Förderstrecke nicht überholen. Sofern keine Ausgangssteuerung eingetragen ist oder Sie ein anderes Verhalten auswählen, verteilt der Baustein die austrittsbereiten BEs reihum an seine Nachfolger. Wenn ein BE nicht austreten kann (Blockierung des Nachfolgers), entscheidet die Eigenschaft „staufähig“, ob die BEs ihren Abstand beibehalten oder aufrücken.

6.1.1 Attribute der Förderstrecke

Bild 6.1
Attribute der
Förderstrecke

- **Länge:** Länge der Förderstrecke (die Menge der maximal auf der Förderstrecke befindlichen BEs ergibt sich aus Länge der Förderstrecke/Länge der BEs).
- **Zeit:** Tragen Sie die Zeit ein, die ein BE von Anfang bis zum Ende der Förderstrecke benötigt (daraus berechnet sich die Geschwindigkeit oder umgekehrt).
- **Kapazität:** maximale Anzahl an BEs, die sich ganz oder teilweise auf der Förderstrecke befinden können (-1 für unbegrenzt).
- **Staufähig:** siehe folgendes Beispiel Förderstrecke1



BEISPIEL: FÖRDERSTRECKE 1

Legen Sie sich ein Modell nach Bild 6.2 an. Quelle: alle sechs Sekunden ein Teil, Förderstrecke: Länge 18 m, 1 m/s Geschwindigkeit, Senke: Bearbeitungszeit 0 Sekunden. Stören Sie die Senke.

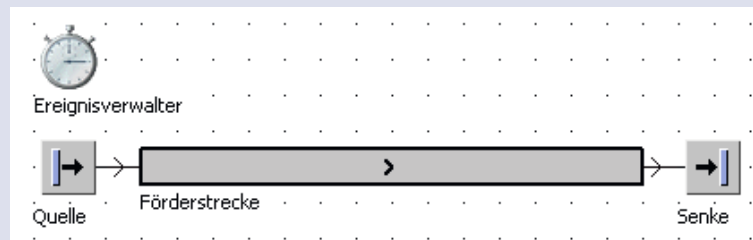


Bild 6.2
Netzwerk-Beispiel
„Förderstrecke1“

Die Grundeinstellung der Förderstrecke ist **STAUFÄHIG** (ein Häkchen im Kontrollkästchen). Starten Sie nun die Simulation. Die BEs rücken auf der Förderstrecke auf. Die Förderstrecke funktioniert so als Puffer. Die Simulation bricht erst ab, wenn die gesamte Förderstrecke mit BEs belegt ist (Bild 6.3).

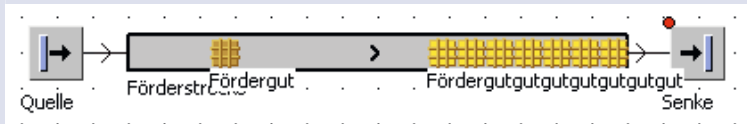


Bild 6.3
Förderstrecke staufähig

Entfernen Sie die BEs in der Simulation, entfernen Sie danach das Häkchen aus **STAUFÄHIG** im Menü der Förderstrecke und bestätigen Ihre Änderungen mit **OK**: Starten Sie die Simulation nun von Neuem. Die Teile auf der Förderstrecke behalten ihren Abstand bei. Die Förderstrecke kann so nicht als Puffer benutzt werden (Bild 6.4).

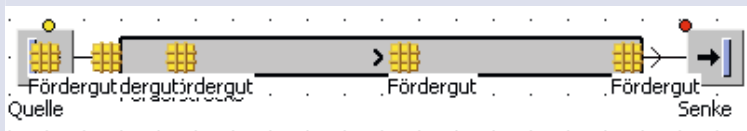


Bild 6.4
Förderstrecke nicht
staufähig

Welche Art des Verhaltens der Förderstrecke Sie verwenden müssen, hängt von der technischen Realisierung der Förderstrecke ab. Förderbänder oder Rollenförderer sind staufähig, ein Kettenförderer ist in der Regel nicht staufähig. Die Förderstrecke kann sich vorwärts oder rückwärts bewegen, wenn sie sich vorwärts bewegen soll, steht kein Häkchen im Feld rückwärts.

6.1.2 Kurven und Ecken

Förderstrecken können einen sehr komplexen Verlauf haben. Mit Plant Simulation können Sie den Verlauf so komplex gestalten, wie er im Layout wirklich ist. Wenn Sie eine Förderstrecke in einem Netzwerk eingefügt haben, können Sie diese durch Ziehen verlängern. Über das Kontextmenü und **STÜTZPUNKTE ANHÄNGEN** können Sie den Linienzug komplexer gestalten. Plant Simulation zeichnet die Länge der Förderstrecke nach einem eingestellten Verhältnis von Metern zu Pixel (bzw. zum Raster) auf. In der Grundeinstellung entspricht der Rasterabstand eines Netzwerkes 20 x 20 Pixel. Sie können im Plant Simulation-Fenster unter **EXTRAS – VOREINSTELLUNGEN – MODELLIEREN** ein anderes Raster einstellen (Bild 6.5).

Abstand der Netzwerkrafterpunkte		
Horizontal:	20	[Pixel]
Vertikal:	20	

Bild 6.5
Voreinstellungen,
Netzwerkrafter

Das Verhältnis von Raster und Abmessung (Entsprechung in Metern) können Sie für jedes Netzwerk neu einstellen. Wählen Sie dazu im Netzwerkfenster: **EXTRAS – SKALIERUNGSFAKTOR** (Bild 6.6).

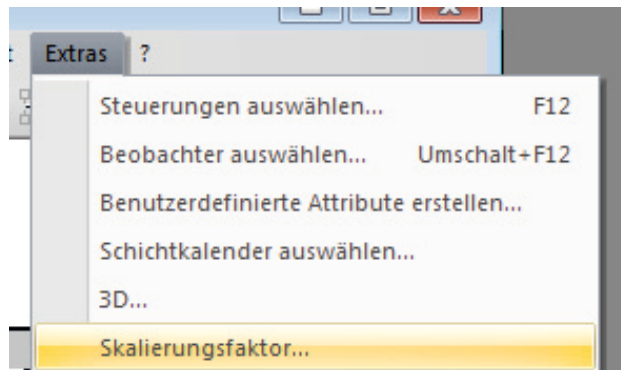


Bild 6.6
Netzwerk,
Skalierungsfaktor

Stellen Sie im Menü **SKALIERUNGSFAKTOR** (Bild 6.7), wenn nötig, das Größenverhältnis ein.

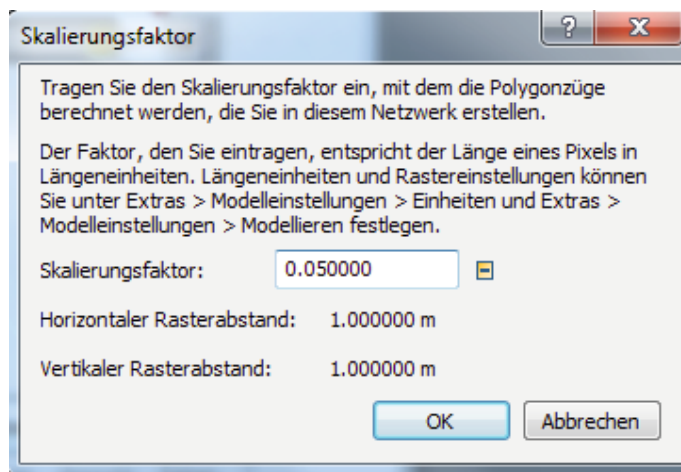


Bild 6.7
Menü Skalierungsfaktor

Die optische Erscheinung gestalten Sie mithilfe des Registers: **KURVE** (Bild 6.8).

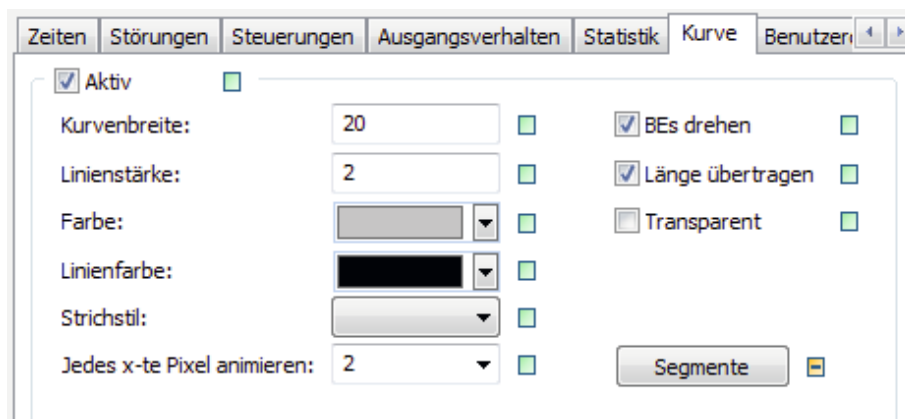


Bild 6.8
Förderstrecke Kurve

Entfernen Sie das Häkchen bei **AKTIV**, wenn Sie ein eigenes Symbol für die Förderstrecke verwenden wollen (z. B. aus einer Symbolbibliothek). Wenn Sie Stützpunkte anhängen und danach **STRG+UMSCH** gedrückt halten, können Sie Bogensegmente zeichnen (Bild 6.9).

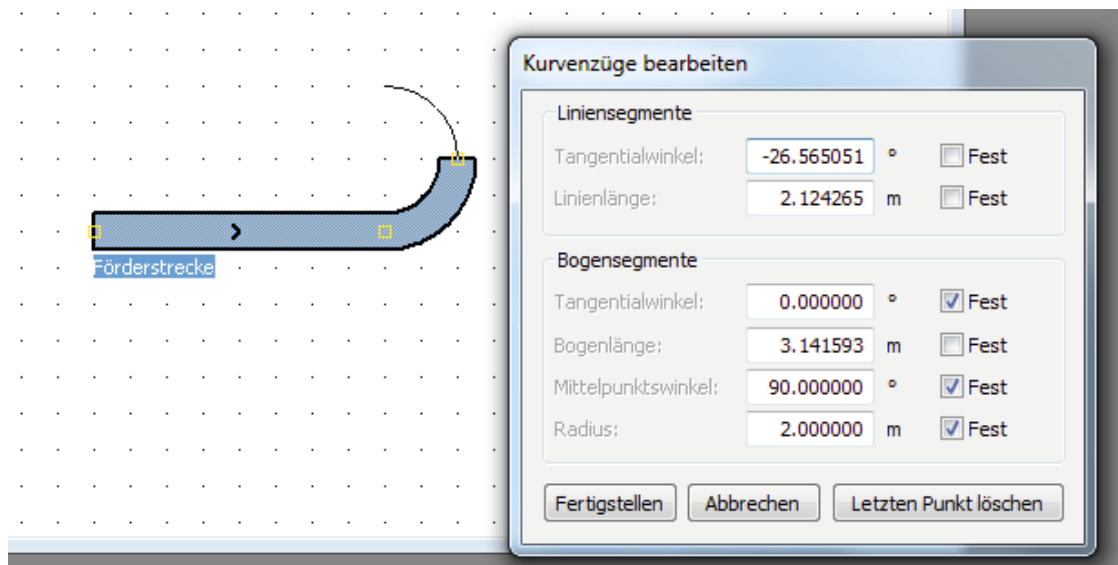


Bild 6.9 Bogensegmente zeichnen

■ 6.2 Eckumsetzer und Drehtisch

Eckumsetzer und Drehtische helfen Ihnen bei der Simulation von „Kurven“ oder Abzweigungen auf Förderstrecken.

Oft sind dafür völlig selbstständige Lösungen notwendig, die selbst eine gewisse (Umsetz-) Zeit für das Umsetzen benötigen.

Die Bausteinbibliothek bietet drei Möglichkeiten:

1. Hängen Sie einen Stützpunkt an die Förderstrecke an, und führen Sie die Förderstrecke in einem 90°-Winkel weiter. Ohne SimTalk können Sie allerdings keine (höhere) Zeit für den Umsetzprozess darstellen.
2. Sie können den Baustein Eckumsetzer benutzen. Simuliert werden können Prozesse, bei denen das Teil bis zu einem bestimmten Punkt gefördert wird, dort anhält und dann im Winkel von 90° wieder beschleunigt. Die Brems- und Beschleunigungszeiten werden dabei als Zeit berücksichtigt (z. B. vier Sekunden). Das Fördergut wird bei diesem Prozess nicht gedreht.
3. Wird das Teil beim Umsetzen gedreht (z. B. über einen Roboter oder einen Drehteller), können Sie einen Drehtisch verwenden.





BEISPIEL: DREHTISCH UND ECKUMSETZER

Zum Vergleich der verschiedenen Lösungen ein kleines Beispiel: Duplizieren Sie ein Fördergut, und benennen Sie es in Teil_Pfeil. Ändern Sie das Symbol analog zu Bild 6.10.

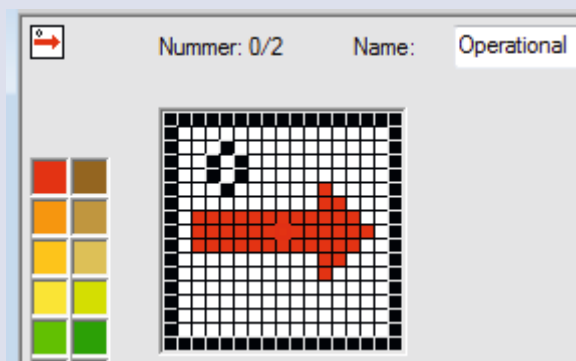


Bild 6.10
Symbol Beispiel
Drehtisch

Gestalten Sie ein Netzwerk nach Bild 6.11.

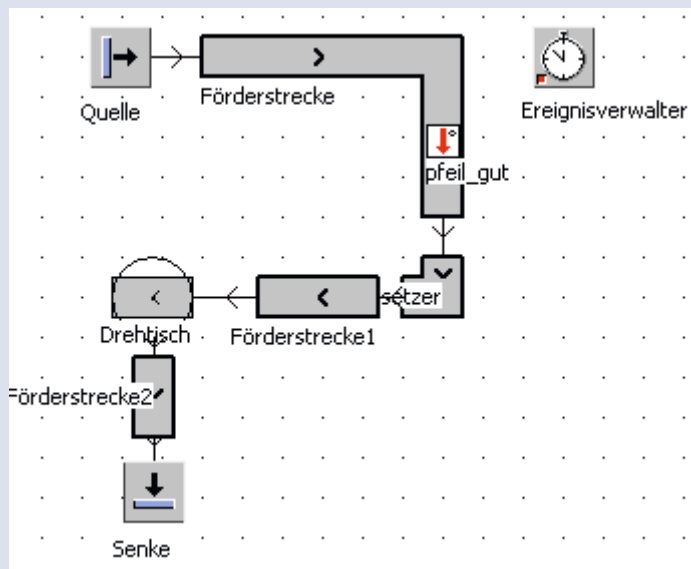


Bild 6.11
Netzwerk-Beispiel
„Drehtisch und
Eckumsetzer“

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor: Die Quelle erzeugt das BE pfeil_gut im Abstand von einer Minute. Alle anderen Bausteine belassen Sie in den Grundeinstellungen. Starten Sie die Simulation, und verfolgen Sie die Bewegungen des Teils.

6.2.1 Einstellungen des Eckumsetzers

Sie können unterschiedliche Längen und dazugehörige Geschwindigkeiten einstellen (Bild 6.12).

Attribute	Zeiten	Störungen	Steuerungen	Ausgangsverh
Einfahrlänge:	1			m
Ausfahrlänge:	1			m
Einfahrgeschwindigkeit:	1			m/s
Ausfahrgeschwindigkeit:	1			m/s

Bild 6.12
Einstellungen
Eckumsetzer

Mit der **UMSETZZEIT** (Blatt **ZEITEN**, siehe Bild 6.13) können Sie die Zeit berücksichtigen, die der Umsetzer zum Umschalten von einer Transportrichtung auf die andere benötigt.

Umsetzzeit: Konst 0:03

Bild 6.13
Eckumsetzer Umsetzzeit

6.2.2 Einstellungen des Drehtisches

Der Drehtisch nimmt im Normalfall das Fördergut auf, dreht sich (z. B. um 90°) und gibt das Teil in Richtung der Kante wieder ab. Wenn Sie die Option **STANDARDPOSITION ANFAHREN** wählen (und evtl. einen Winkel eintragen), dreht der Drehtisch sich nach erfolgter Umlagerung an diese Position zurück. Ist die Option nicht gewählt, dreht der Tisch sich erst, wenn das nächste Teil zur Umlagerung bereitsteht.

Attribute	Zeiten	Störungen	Steuerungen	Ausgangsverhalten	Statistik	Kurve
Länge:	2			m		
Drehpunkt:	1			m		
Fördergeschwindigkeit:	1			m/s		
Drehungszeit pro 90°:	0:04					
Drehen wenn:	Vollständig eingefahren					
<input checked="" type="checkbox"/> Standardposition anfahren						
Standardwinkel:	0					
BE fährt rückwärts aus abhängig von:						

Bild 6.14
Dialog Attribute
Drehtisch

■ 6.3 Die Drehplatte

Ab Version 10 steht die Drehplatte zur Verfügung.

6.3.1 Grundverhalten der Drehplatte



Die Drehplatte transportiert das BE, bis sein Buchungspunkt sich über dem Mittelpunkt der Drehplatte befindet.

Dann dreht die Drehplatte das BE um eine eingestellte Gradzahl in einer eingestellten Zeit. Danach werden die Teile mit einer entsprechenden Förderrichtung an den nächsten Baustein übergeben. Der Unterschied zum Drehtisch ist, dass das Teil im „Geradeauslauf“ gedreht wird. Ein Zurückdrehen der Drehplatte ist nicht notwendig. Der Einsatz dieses Bausteines ist dort interessant, wo Teile im Bereich der Fördertechnik für eine nächste Bearbeitung gedreht werden müssen, ohne die Förderrichtung zu wechseln. Plant Simulation dreht in vollen 90°-Schritten.

6.3.2 Einstellungen der Drehplatte

Wenn Sie eine Drehplatte verwenden, müssen Sie den Durchmesser der Drehplatte analog zur Förderstrecke erzeugen. Klicken Sie dazu das Symbol der Drehplatte in der Toolbox an, klicken Sie in das Netzwerk an die Stelle, an der der äußere Rand der Drehplatte sich befinden soll. Das Maussymbol wechselt daraufhin, und es erscheint der Dialog **KURVENZÜGE BEARBEITEN**. Klicken Sie nun an die Position des rechten Randes. Plant Simulation erzeugt daraufhin die Drehplatte mit dem entsprechenden Durchmesser. Erzeugen Sie die Drehplatte immer in Richtung des Materialflusses. Wenn Sie ein eigenes Symbol verwenden wollen, müssen Sie analog zur Förderstrecke im Blatt **KURVE** die Checkbox **AKTIV** deaktivieren.

Attribute	Zeiten	Störungen	Steuerungen	Ausgangsverhalten	Statistik	Kurve
Länge:	2					m
Geschwindigkeit:	1					m/s
Drehungszeit pro 90°:	0:05					
Strategie:	Winkel					
Winkel:	90					°
Attributtyp:	String					
Strategiemethode:						

Liste öffnen

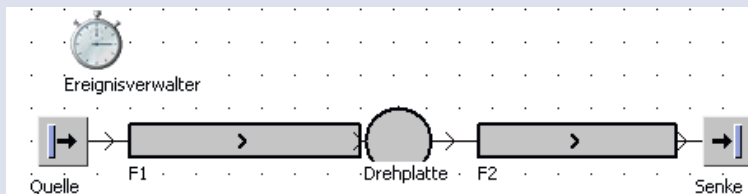
Bild 6.15
Attribute Drehplatte

- **Durchmesser:** Tragen Sie hier den Durchmesser der Drehplatte ein. In der Grundeinstellung ist das der Kurvenmodus, und die Einstellung **LÄNGE ÜBERTRAGEN** ist aktiv. Wenn Sie den Durchmesser ändern, ändert sich auch die Größe des Symbols im Netzwerk.
- **Geschwindigkeit:** Mit der hier eingestellten Geschwindigkeit wird das Teil bis zur Mitte der Drehplatte gefördert und nach der Drehung weiter bis zum Ende.
- **Drehungszeit je 90°:** Die Drehplatte dreht nur volle 90°. Abweichende Werte werden aufgerundet. Die Zeit für die Drehung berechnet sich dann aus der Anzahl der ganzen Vielfachen von 90° mit der eingetragenen Zeit je 90°. Sie können auch größere Werte eingeben, um mehrfache Drehungen zu simulieren.
- **Strategie:** Die Strategie bestimmt, wie der Winkel der Drehung ermittelt wird. Winkel bedeutet, dass der Wert im Feld **WINKEL** ausschlaggebend ist. Sie können mit den Strategien **BE-Attribut** und **BE-Name** Listen mit zugeordneten Winkeln definieren oder mit der Strategie **Methode** die Winkelbestimmung über eine Methode vornehmen.



BEISPIEL: DREHPLATTE

Im folgenden Beispiel soll ermittelt werden, welche Gesamttaktzeit die Drehplatte verursacht. Dazu benötigen Sie folgenden Versuchsaufbau: In einer Fertigung werden Stangen bearbeitet. Die Stangen haben eine Länge von 80 cm und eine Breite (Durchmesser) von 40 cm. Zwischen zwei Bearbeitungen muss die Orientierung geändert werden (von längs zu quer). Erstellen Sie ein Netzwerk nach Bild 6.16.



Die Quelle produziert alle sieben Sekunden ein Teil. Die Förderstrecken sind jeweils 6 Meter lang. Die Förderstrecke F1 hat eine Geschwindigkeit von 1 m/s, die Förderstrecke F2 von 0,25 m/s. Ändern Sie die Attribute des Fördergutes in der Klassenbibliothek wie folgt: Länge: 0,8 m, Breite: 0,4 m, Buchungspunkt Breite: 0,2 m, Buchungspunkt Länge: 0,4 m. Die Drehplatte besitzt einen Durchmesser von 2 Metern, eine Geschwindigkeit von 1 m/s und benötigt für eine Drehung von 90° fünf Sekunden. Der Winkel beträgt 90°. Wenn Sie die Simulation starten, ergibt sich nach kurzer Zeit ein Stau. Die Drehplatte scheint also mehr als sieben Sekunden (2 Meter je 1 Sek + 5 Sekunden Drehung) zu benötigen.

Bild 6.16
Netzwerk-Beispiel
„Drehplatte“

Bei genauer Betrachtung benötigt die Drehplatte die folgenden Zeiten:

Beschreibung	Zeit
Einfahren, bis der Buchungspunkt in der Mitte der Platte ist (1 Meter bis zur Mitte + 0,4 Meter bis zum Buchungspunkt)	1,4 Sek
Drehung	5 Sek
Bewegung des Buchungspunktes bis zur nächsten Förderstrecke (1 m)	1 Sek
Bis zum Verlassen des Teils (das Teil muss die Drehplatte komplett verlassen) bewegt sich das Teil mit der Geschwindigkeit der nächsten Förderstrecke ($0,2\text{m}/0,25\text{ m/s} = 0,8\text{ Sek}$)	0,8 Sek

Die gesamte Taktzeit für die Drehplatte beträgt 8,2 Sekunden. Wenn Sie als Abstand der Quelle 8,2 Sekunden einstellen, kommt es zu keinem Stau mehr.

6.4 Der Umsetzer



Der Umsetzer hilft bei der Abbildung von Fördertechnik in z-Achse (z. B. Heber).

Der Umsetzer steht ab Version 10 zur Verfügung. Er transportiert ein Teil senkrecht nach oben oder nach unten und gibt danach das Teil in derselben oder einer anderen Förderrichtung wieder ab. Mit diesem Objekt lassen sich Einrichtungen zum Heben und Senken innerhalb der Fördertechnik abbilden. Für den Fall, dass die Förderrichtung geändert wird, simuliert der Umsetzer auch den Fall, dass der Umsetzer erst in seine Grundposition zurückfahren muss, bevor das nächste Teil transportiert werden kann.

6.4.1 Einstellungen des Umsetzers

Der Umsetzer ist ein längenbezogener Baustein. Am besten erzeugen Sie den Umsetzer analog zur Förderstrecke. Klicken Sie dazu in der Toolbar das Icon des Umsetzers an und klicken dann in das Netzwerk an die Position des Anfangs des Umsetzers. Erzeugen Sie dann in Förderrichtung den Umsetzer in der richtigen Länge. Die Förderrichtung wird auf dem Symbol des Umsetzers als Pfeil dargestellt. Verbinden Sie den Umsetzer in Richtung des Materialflusses. Nehmen Sie die Einstellungen aus Bild 6.17 im Blatt **ATTRIBUTE** vor.

Bild 6.17
Einstellungen Umsetzer

Die Länge lässt sich alternativ durch Ziehen der Markierungspunkte im Netzwerk einstellen, wenn im Blatt KURVE die Option LÄNGE ÜBERTRAGEN markiert ist. Unter STRATEGIE bestimmen Sie, in welche Richtung umgelagert wird. Zur Auswahl stehen: geradeaus (weiter in Förderrichtung), BE-Name, BE-Attribut (jeweils eine Tabelle mit Zuordnungen der Nachfolger zu Namen oder Attribute) oder Methode (der Nachfolger wird durch eine Methode zurückgegeben). Die Nachfolger sind dabei wie in Bild 6.18 nummeriert.

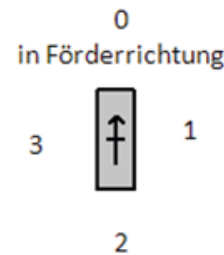


Bild 6.18
Nachfolger Umsetzer

Die Zeit für das vertikale Umsetzen und das Zurückfahren des Umsetzers wird im Blatt ZEITEN eingestellt (Umsetzzeit, siehe Bild 6.19).

Bild 6.19
Umsetzer Umsetzzeit

Die Taktzeit auf dem Umsetzer ermittelt sich analog zur Drehplatte (Grundeinstellung Fördergut: 0,8 x 0,8, der Buchungspunkt Länge und Breite ist jeweils bei 0,4 Meter, Länge des Umsetzers 2 Meter, Breite 1 Meter, Umsetzzeit 3 Sekunden) aus:

1. Einfahren des BE, bis der Buchungspunkt über der Mitte ist (1 Meter + 0, Meter), 1,4 Sekunden
2. Umsetzzeit: 3 Sekunden
3. Ausfahren quer: Buchungspunkt bis zum Rand 0,5 Sekunden, Ausfahren des restlichen Teils (Buchungspunkt bis zum Rand) 0,4 Sekunden

In Summe benötigt der Umsetzer mit den vorausgesetzten Einstellungen 5,3 Sekunden für einen Umsetzvorgang.



BEISPIEL: UMSETZER

In einer Produktion wird der Produktionsfluss mithilfe von zwei Hebern über eine Förderstrecke in eine andere Ebene geleitet. Das Netzwerk dazu sieht wie in Bild 6.20 aus.

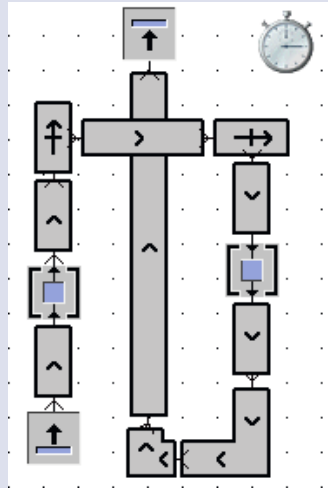


Bild 6.20
Netzwerk-Beispiel
„Umsetzer“

Alle Bausteine sind in Richtung des Materialflusses mit Kanten verbunden. Die Quelle produziert je Minute ein Teil, alle anderen Bausteine bleiben in ihren Standardeinstellungen. Gehen Sie beim Einsetzen der Umsetzer wie folgt vor: Klicken Sie das Umsetzersymbol in der Toolbox an, klicken Sie dann im Netzwerk an den Startpunkt des Umsetzers. Das Maussymbol ändert sich daraufhin. Umsetzer werden immer in Richtung des Materialflusses gezeichnet, d. h., den Umsetzer links müssen Sie von unten nach oben zeichnen. Klicken Sie an den Endpunkt des Umsetzers (2 Meter). Die genaue Länge können Sie nachträglich im Dialog des Umsetzers einstellen. Verbinden Sie die rechte Seite des ersten Umsetzers mit der nächsten Förderstrecke usw. Wir müssen im Dialog des Umsetzers den Ausgang 1 als Ausgang definieren (0 ist geradeaus, 1 ist 90° versetzt im Uhrzeigersinn). Eine Einstellung wie in Bild 6.21 ist dafür ausreichend.

Bild 6.21
Standardausgang
Umsetzer

Standardausgang:

1



Liste öffnen



Wenn Sie nur einen Ausgang setzen, ist es ausreichend, einen Standardausgang zu definieren (eine Eintragung in der Liste ist notwendig, wenn Sie auf unterschiedliche Ausgänge umlagern wollen). Markieren Sie farblich eine Seite des Symbols des Fördergutes, um die Transportrichtung zu beobachten.

■ 6.5 Der Weg

Der Weg ist ein passiver Baustein zur Modellierung von Transportstrecken. Das Fahrzeug ist das einzige bewegliche Materialflusselement, das den Baustein befahren kann.



Die Verweildauer auf dem Baustein berechnet sich aus der Entfernung, die das Attribut **LÄNGE** setzt, und der Geschwindigkeit des Fahrzeuges. Fahrzeuge können sich auf dem Weg nicht überholen (sie behalten ihre Eintrittsreihenfolge bei, FiFo). Befinden sich mehrere Fahrzeuge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf dem Weg (holt ein schnelleres ein langsamer ein), kommt es zu einem Auffahrereignis. Das schnellere Fahrzeug passt automatisch seine Geschwindigkeit an das langsamere an. Die maximale Aufnahmekapazität ergibt sich bei einer Kapazität von -1 aus seiner Länge und den Abmessungen der BEs (10 m Länge und BEs je 1 m maximal 10 BEs), sonst wird die Kapazität nach Ihren Angaben eingeschränkt (Bild 6.22).

Attribute	Zeiten	Störungen	Steuerungen	Ausgangsverhalten	Statistik
Länge:	14				
Kapazität:	-1				
Rückwärtszielliste:				...	
Vorwärtszielliste:				...	

Bild 6.22
Weg, Attribute

Rückwärtszielliste: Ein Weg kann mehrere Arbeitsstationen miteinander verbinden. Es kann angegeben werden, welche Ziele auf der Rückwärtsfahrt erreicht werden sollen. Gleiches gilt für die Vorwärtsfahrt.

Die Länge des Weges ermittelt Plant Simulation, wenn Sie im Blatt **KURVE** die Option **AKTIV** gewählt haben und die Option **LÄNGE ÜBERTRAGEN** gewählt ist (Bild 6.23).

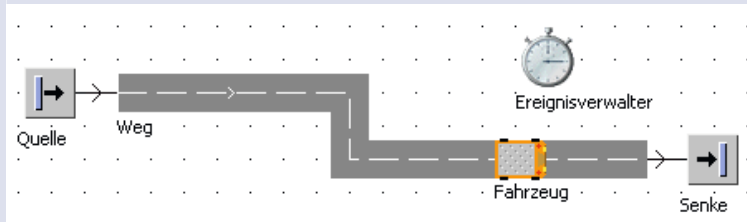
Zeiten	Störungen	Steuerungen	Ausgangsverhalten	Statistik	Kurve	Benutzer
<input checked="" type="checkbox"/> Aktiv						
Kurvenbreite:	24				<input checked="" type="checkbox"/> BEs drehen	
Linienstärke:	1				<input checked="" type="checkbox"/> Länge übertragen	
Farbe:					<input type="checkbox"/> Transparent	

Bild 6.23
Weg, Einstellungen im
Blatt Kurve



BEISPIEL: WEG

Erstellen Sie ein Netzwerk nach Bild 6.24.



Sie müssen nun die Quelle „überreden“, Fahrzeuge zu produzieren. Dazu öffnen Sie die Quelle durch Doppelklick. Stellen Sie eine Zeit von 1 min als Abstand für die Erzeugung ein. Wählen Sie als BE: .BEs.Fahrzeug. Deaktivieren Sie im Register **KURVE** des Weges die Option **BES DREHEN**(Bild 6.25), und testen Sie, was passiert.

Kurvenbreite: ☐ ☒ BEs drehen ☐

Die Option **BES DREHEN** animiert das Fahrzeug so, dass es immer in Fahrtrichtung „zeigt“. Dazu wird das Symbol des Fahrzeuges entsprechend gedreht. Versuchen Sie es auch einmal mit einer Kurve (wie bei der Förderstrecke: Kontextmenü, dann Stützpunkte anhängen und mit **STRG+UMSCH** die Kurve erzeugen).

Bild 6.24
Netzwerk-Beispiel „Weg“

Bild 6.25
Weg: BEs drehen

6.6 Sensoren auf längenorientierten Bausteinen

Sie können längenorientierte Bausteine mit Sensoren ausrüsten, an denen Sie Methoden starten können.

6.6.1 Funktion und Einsatz von Sensoren

Förderstrecken und Wege können sehr lang sein, deshalb kann es sinnvoll sein, bestimmte Methoden auszulösen, wenn das BE noch ein Stück vom Ende „entfernt“ ist, bzw. ein paar Haltepunkte festzulegen, an denen bestimmte Aktionen durchgeführt werden sollen. Zu diesem Zweck können Sie benutzerdefinierte Sensoren definieren (z. B. auch um ein Fahrzeug bei Bedarf umzusetzen, wenn es gerade in der Nähe ist). Die Sensoren funktionieren

wie Schalter; wenn sich ein BE mit dem Heck oder dem Bug (vorwärts oder rückwärts) über den Sensor bewegt, wird der Schalter betätigt und eine Methode aufgerufen. In der Methode (Steuerung) bestimmen Sie die an dieser Position auszuführenden Aktionen.



BEISPIEL: SENSOREN – FARBSORTIERUNG

In einer Produktion kommen unterschiedlich farbige Teile gemischt von einer Quelle. Über Kameras und Sortiereinrichtungen sollen die Teile farbenrein auf Förderstrecken verteilt werden. Die Sortiereinrichtung im Einzelnen soll nicht simuliert werden. Modell (alles Förderstrecken): Hauptband: 20 m, F_rot, F_blaue usw. jeweils 3 m. Alle Förderstrecken sind staufähig, Geschwindigkeit 1 m/s, keine Beschleunigung. Alle F_-Bänder werden mit Senken verbunden, die Senken haben eine Bearbeitungszeit von 0 Sekunden. Die Quelle wird mit dem Hauptband verbunden ().

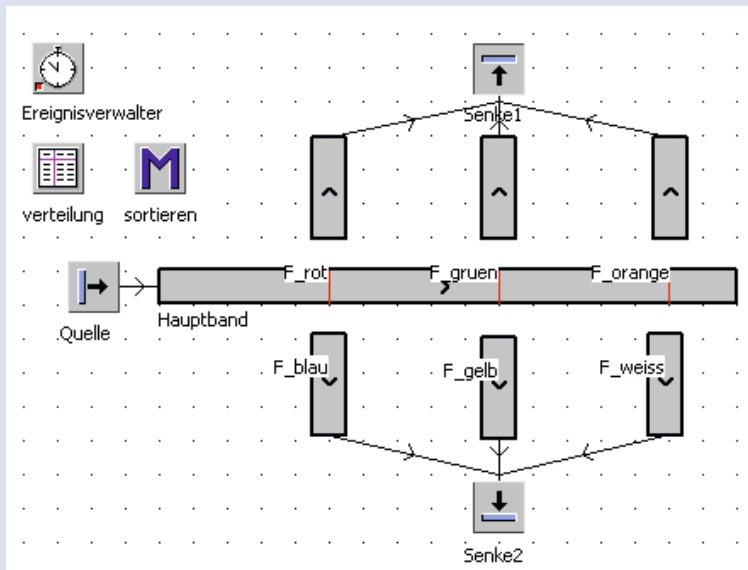


Bild 6.26
Netzwerk-Beispiel
„Farbsortierung“

1. Duplizieren Sie in der Bausteinbibliothek sechs Fördergüter. Benennen Sie diese mit rot, blau, gruen, gelb, orange und weiss. Stellen Sie eine Symbolgröße von 11 x 11 px ein und färben die Symbole mit den betreffenden Farben ein.

Die Quelle soll diese Teile zufällig je 16,7% produzieren. Nehmen Sie in der Quelle die folgenden Einstellungen vor: Abstand: 0,5 Sekunden, BE-Auswahl: zufaellig, Tabelle: Verteilung. Tragen Sie in die Tabelle Verteilung Werte gemäß Bild 6.27 ein.

Bild 6.27
Verteilungstabelle

	1	2
string	BE	Haeufigkeiten
1	.Modelle.Farbsortierung.rot	0.17
2	.Modelle.Farbsortierung.blau	0.17
3	.Modelle.Farbsortierung.gruen	0.17
4	.Modelle.Farbsortierung.gelb	0.17
5	.Modelle.Farbsortierung.orange	0.17
6	.Modelle.Farbsortierung.weiss	0.17

Ziehen Sie die BEs aus der Bausteinbibliothek in die Tabelle, um die absoluten Adressen Ihrer BEs einzutragen. Je nach Lage der BEs in der Bausteinbibliothek erscheinen in der Tabelle andere Adressen (z. B. .BEs.rot). Legen Sie auf der Förderstrecke Hauptband drei Sensoren an (5 m, 10 m und 15 m jeweils Bug). Weisen Sie allen Sensoren die Methode `sortieren` zu. Gehen Sie dabei jeweils folgendermaßen vor: Klicken Sie im Menü der Förderstrecke im Blatt **STEUERUNG** die Schaltfläche **SENSOREN**. Im folgenden Menü klicken Sie auf die Schaltfläche **NEU**. Tragen Sie die Position ein, entscheiden Sie, ob das BE den Sensor mit dem Bug oder dem Heck auslösen soll, und weisen Sie die Methode `sortieren` zu (Bild 6.28).

Bild 6.28
Menü Sensor NEU

Sensor-ID: 1

Position:

Länge

5

[m]

☒ Bug

☐ Heck

☐ Lichtschrankenmodus

Steuerung:

sortieren

...

OK

Abbrechen

Übernehmen

2. Vervollständigen Sie die Sensorliste nach Bild 6.29.

ID	Position	Bug	Heck	L.	Pfad
1	5m	x			sortieren
2	10m	x			sortieren
3	15m	x			sortieren

Bild 6.29
Sensorliste, Beispiel
Farbsortierung

Die Methode `sortieren` soll den Namen des BE prüfen; wenn am Sensor 1 das BE rot eintrifft, soll es auf die Förderstrecke `F_rot` umgelagert werden, wenn es das BE blau ist, auf die Förderstrecke `F_blau` usw.