

Eine Einführung in die Simulationssoftware

AutoMod

(Version 0.2)



von
Prof. Dr. Hermann-Josef Kruse
Dipl.-Math. (FH) Kemal Çak
Dipl.-Wirt.Math. Ralf Derdau

Dieses Skript ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Skriptes oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Skriptes darf ohne schriftliche Genehmigung der Autoren in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert werden oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Automod ist ein Simulationstool der Firma Applied Materials, Inc. und wird in Deutschland von der Firma *Simplan* vertrieben.

(www.automod.de)

Inhalt

1.	Einleitung.....	2
2.	Erste Schritte mit <i>AutoMod</i>	4
2.1.	Modellbeschreibung	4
2.2.	Startoberfläche	5
2.3.	Maussteuerung.....	5
2.4.	Erstellen eines Modells	6
2.5.	Erstellen eines Systems innerhalb eines Modells	6
2.6.	Speichern des Modells.....	7
2.7.	Zusammenfassung.....	8
3.	Grundlagen der Modellerstellung	9
3.1.	Modellbeschreibung	9
3.2.	Zeichnen der Förderbandabschnitte	9
3.3.	Platzieren von Stationen (<i>Stations</i>)	15
3.4.	Definieren von Prozessen.....	16
3.5.	Hinzufügen von Ladungen.....	18
3.6.	Erste Implementierungsschritte der Systemlogik	21
3.7.	Starten der Simulation	23
3.8.	Zusammenfassung.....	24
4.	Ansichtseinstellungen	25
4.1.	Benutzen des Ansichtswerkzeuges	25
4.2.	Anpassen des Gitternetzes	27
4.3.	Grafische Darstellungen an- und ausschalten	28
4.4.	Benutzen von Tastenkürzeln	29
5.	Ressourcen und Pufferplätze.....	30
5.1.	Modellbeschreibung	30
5.2.	Hinzufügen einer Ressource	30
5.3.	Hinzufügen eines Pufferplatzes	32
5.4.	Bearbeiten der Ankunftsprozeduren	33
5.5.	Zusammenfassung.....	35
6.	Fertigstellung Getränkebereitstellung.....	36
6.1.	Modellbeschreibung	36
6.2.	Hinzufügen weiterer Förderbandabschnitte	37
6.3.	Einbinden eines zweiten Barkeepers.....	40
6.4.	Hinzufügen eines Kollisionsschutzes	40
6.5.	Anpassen der Systemlogik	41
6.6.	Arbeiten mit Ladungsattributen und Variablen	43
6.7.	Hinzufügen von Simulationskontrollabschnitten	45

6.8.	Zusammenfassung.....	46
7.	Statistische Auswertungen	47
7.1.	Betrachtung der automatisch erstellten Statistiken für Ressourcen, Pufferplätze und Prozesse.....	47
7.2.	Betrachtung der Report-Datei	49
7.3.	Auswertung der Variablen und Ladungsattribute.....	50
7.4.	Zusammenfassung.....	52
8.	Modellerweiterung mittels eines Wegesystems	53
8.1.	Modellbeschreibung	53
8.2.	Zeichnen von Förderwegen	53
8.3.	Hinzufügen von Kontrollpunkten	56
8.4.	Sonstige Systemeinstellungen	57
8.5.	Zusammenfassung.....	59
9.	Steuerung der Kellner.....	60
9.1.	Erstellen der Kellner.....	60
9.2.	Verwaltung der Auftragslisten	61
9.3.	Zusammenfassung.....	64
10.	Vervollständigen der Systemlogik.....	65
10.1.	Einbinden der Kellner in den Quellcode.....	65
10.2.	Definieren von Elementen mittels des Quellcodes	67
10.3.	Zusammenfassung.....	70
11.	Einbinden eines grafischen Systems	71
12.	Abbildungsverzeichnis.....	72
13.	Index.....	74

Vorwort

Als wir im Jahre 2010 mit einem Anwenderhandbuch „Eine Einführung in die Simulationssoftware *AutoMod*“ (Kruse/Çak) begannen, war es unsere Absicht, die eigenen Erfahrungen mit dieser Simulationssoftware im Rahmen von einigen Diplom-, Bachelor- und Master-Arbeiten in komprimierter Form zusammenzufassen. Als Zielgruppe waren Studierende des Bachelor-Studienganges *Angewandte Mathematik* und des Master-Studienganges *Optimierung und Simulation* der FH Bielefeld auserkoren, welche sich im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten möglichst eigenständig in die Simulationssoftware einarbeiten und damit konkrete Problemstellungen bearbeiten sollten (und konnten). Dieses Ziel wurde in der Tat erreicht, zumal über die Zeit eine Vielzahl von Abschlussarbeiten auf diesem Wege mit Erfolg gekrönt werden konnte.

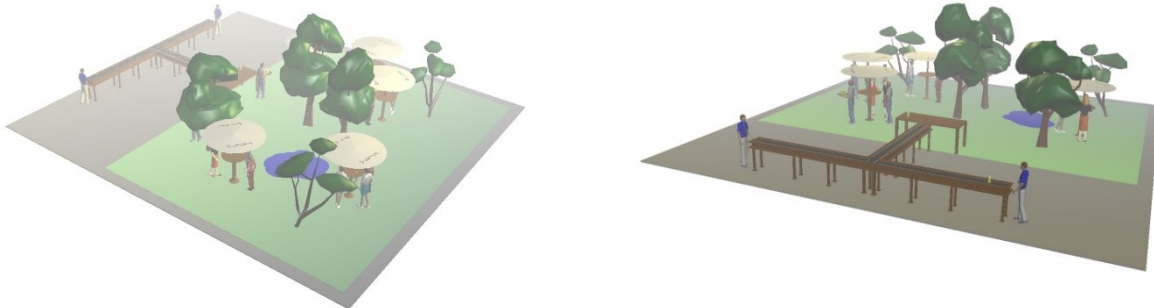
Da die Version 0.1 auch bis heute noch sehr häufig via *ResearchGate* heruntergeladen wird, ist es naheliegend, davon ausgehen zu können, dass ein weit gestreuter Bedarf an einführender oder kursbegleitender Literatur zur Thematik „Modellieren und Simulieren mit *AutoMod*“ besteht. Daher haben wir uns zu einer weiteren Auflage des Manuals entschlossen. Dabei haben wir im Wesentlichen überprüft, inwieweit die aktuelle *AutoMod*-Version 14 mit dem Modell „Biergarten“, welches unter der „alten“ *AutoMod*-Version 12 erstellt wurde, kompatibel geblieben ist. Für diese Überprüfung und für textuelle Ergänzungen konnte Herr Dipl.-Wirt.Math. Ralf Derdau gewonnen werden.

Wir wünschen den Leserinnen und Lesern dieser neuen Version viel Erfolg bei der Einarbeitung ins Modellieren und Simulieren mit *AutoMod*. Für Anmerkungen und Kritiken (aber auch für Lob) steht Ihnen die E-Mail-Adresse mathematik@fh-bielefeld.de zur Verfügung.

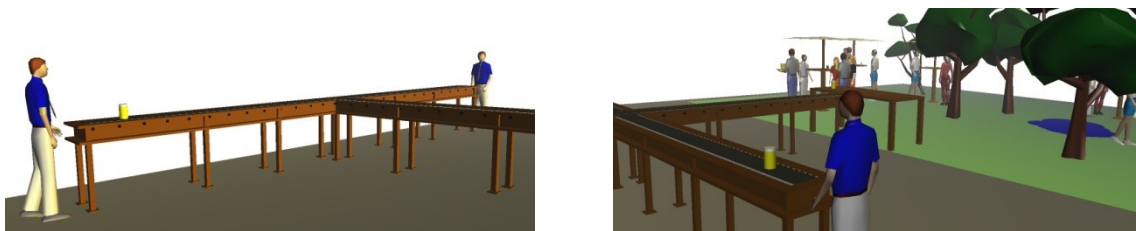
Die notwendigen Grafiken zum Erstellen des Modells können von GitHub (<https://github.com/amit/AutoMod>) heruntergeladen werden. Eine eingeschränkte Version von AutoMod kann über <http://www.automod.com> erhalten werden.

1. Einleitung

In diesem Tutorial sollen die Grundlagen im Umgang mit der Simulationssoftware *AutoMod* vermittelt werden. Dazu wird schrittweise ein Simulationsmodell eines Biergartens erstellt.



Einleitend werden die Startoberfläche sowie die Steuerung der Software näher erläutert. Als nächstes erfolgt das Anlegen des Simulationsmodells. Sobald das Modell erstellt wurde, werden Förderbandabschnitte hinzugefügt, die zum Transport der Getränke (Ladungen) von den Barkeepern (Ressourcen) zu einem Abholpunkt (Pufferplatz) für die Kellner dienen.



Zur Steuerung der Ladungen dienen verschiedene Prozesse, deren Implementierung in einem nächsten Schritt durchgeführt wird, was eine erste Simulation des Modells ermöglicht. Dieses Grundmodell wird hiernach um die Barkeeper und den Abholpunkt erweitert. Ebenfalls erfolgt eine stetige Anpassung des Quellcodes bzw. der Prozesse. Nach einem kurzen Ausflug in die statistischen Auswertungsmöglichkeiten werden dem bestehenden Modell die Kellner mit zugehörigem Wegesystem hinzugefügt.



Durch die Schritt für Schritt Anleitung erlangt der Leser auf einfache Weise erste Grundkenntnisse im Umgang mit der Simulationssoftware *AutoMod*. Für detailliertere Informationen wird mit der Software eine Vielzahl an weiteren Skripten zur Verfügung gestellt. Alle benötigten Grafiken sind dem Tutorial beigelegt und können bei Bedarf beliebig ergänzt oder modifiziert werden.

2. Erste Schritte mit *AutoMod*

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Anlegen eines neuen Modells mittels AutoMod
- Steuerung mit Hilfe der Maus
- Erstellung eines neuen Systems innerhalb eines Modells
- Speicherungsarten der Modelle

2.1. Modellbeschreibung

In den nächsten Kapiteln wird zunächst die Beförderung der Getränke von der Zapfanlage bis zum Abholpunkt mittels eines *Conveyor Systems* abgebildet. Dieses wird später um den zugehörigen Biergarten erweitert. Dem Conveyor System wird das folgende Layout zugrunde gelegt:

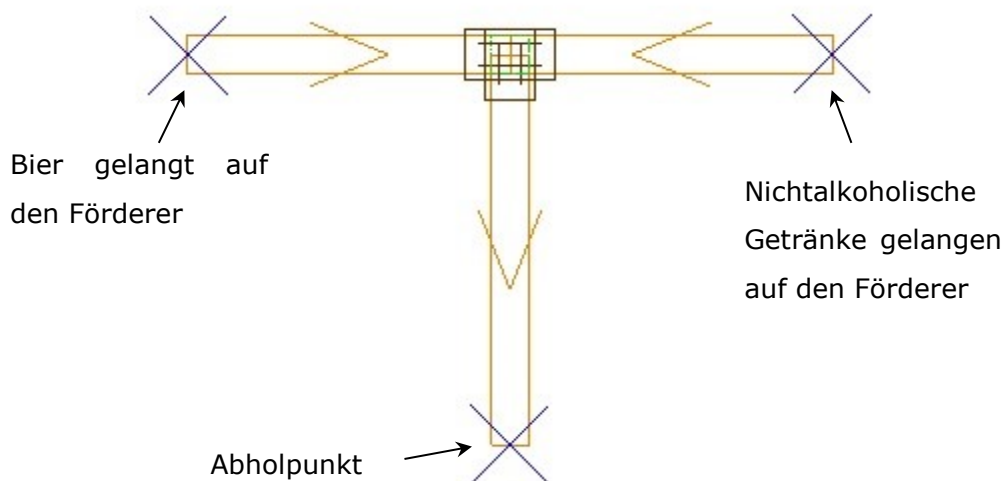


Abbildung 2.1: Layout des Conveyor Systems

In diesem Modell gelangen an zwei Stellen Getränke auf das Fördersystem. An `sta_in1` wird von `R_barkeeper1` das Bier gezapft, während `R_barkeeper2` an `sta_in2` die nichtalkoholischen Getränke auf das Förderband stellt. An der Kreuzung der Förderbänder befindet sich ein Kollisionsschutz, damit die Getränke während des Simulationslaufes nicht zusammenstoßen. Danach werden die Getränke zu dem Abholpunkt `sta_out` befördert an dem sie in der späteren Modellerweiterung von den Kellnern abgeholt werden.

2.2. Startoberfläche

AutoMod beinhaltet zwei verschiedene Arbeitsumgebungen:

- 1) Entwicklungsumgebung (Edit Environment)
- 2) Simulationsumgebung (Simulation Environment)

Die Entwicklungsumgebung dient der Modellerstellung, während die Simulationsumgebung benutzt wird, um die eigentliche Simulation durchzuführen.

Beim Start der Software öffnet sich automatisch die Entwicklungsumgebung, die den folgenden Arbeitsbereich beinhaltet:

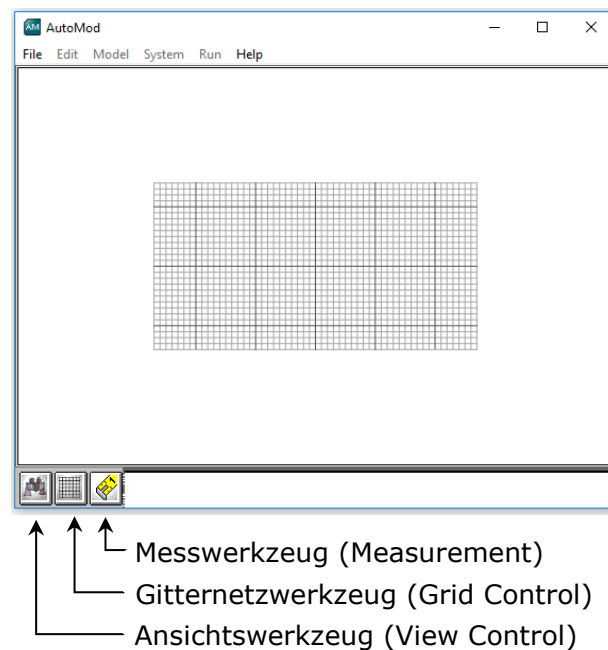


Abbildung 2.2: Arbeitsbereich

2.3. Maussteuerung

Zusätzlich zu der View Control oder den Tastatur-Kürzeln zum Verändern der Modell Ansicht, gibt es auch die Möglichkeit diese Ansicht über die Maus anzupassen:

Um hinein oder heraus zu zoomen, müssen die Tasten Ctrl+Alt-Shift zusammen mit der linken Maustaste gedrückt werden, während man die Maus auf dem Arbeitsblatt bewegt.

Um die Ansicht zu drehen, muss die Taste Alt zusammen mit der linken Maustaste gedrückt werden, während man mit der Maus bewegt.

Zum Verschieben der Ansicht, die Taste Ctrl+Alt zusammen mit der linken Maustaste drücken gedrückt halten, während man die Maus bewegt.

Zum Vergrößern eines Bildschirmausschnittes muss ein Rechteck um diesen gezogen werden. Dazu wird der Mauszeiger in einer der Ecken des gewünschten Rechteckes positioniert und bei gedrückter linker Maustaste der entsprechende Bereich „eingezäunt“.

2.4. Erstellen eines Modells

Um ein neues Modell zu erstellen, müssen folgende Schritte durchgeführt werden:

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „File“ den Unterpunkt „New“ auswählen.

Schritt 2: Anlegen eines neuen Ordners für das Modell.
Hinweis: In dem entsprechenden Pfad dürfen sich keine Leerzeichen befinden!

Schritt 3: Dem Modell den Namen „Biergarten“ geben und bestätigen. Daraufhin öffnet sich die *Process System*-Palette und das Selektionsfenster (Selection window).

Schritt 4: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „Default“ auswählen und die „Distance Units“ auf Meter ändern. (Falls andere Einheiten innerhalb des Modells verwendet werden sollen, sollte diese Einstellung unmittelbar nach dem Erstellen des Modells erfolgen, da sonst evtl. Schwierigkeiten auftreten können.)

2.5. Erstellen eines Systems innerhalb eines Modells

Innerhalb eines Modells können verschiedene Systeme angelegt werden. Dabei wird unterschieden zwischen dem *Process System*, *Movement Systems* und *Static Systems*. Das *Process System* ist das Hauptsystem welches bei der Modellerstellung automatisch angelegt wird und stellt den logischen Teil des Modells dar.

Zusätzlich zu dem *Process System* lassen sich beliebig viele *Movement Systems* in das Modell einbinden. Diese dienen innerhalb der Simulation zur Beförderung von Objekten, welche im Weiteren als *Ladungen (Loads)* bezeichnet werden. In diesem Tutorial werden die folgenden Arten von *Movement Systems* verwendet:

- *Conveyor System*

- *Path Mover System*

Zudem lassen sich beliebig viele Static Systems in das Modell integrieren. Diese dienen zur Darstellung von statischen Elementen wie z.B. Gebäuden und somit zur Gestaltung und Erweiterung der grafischen Darstellung des Simulationslayouts.

Als erstes wird nun das benötigte Conveyor System erstellt:

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „New“ auswählen wodurch das „Create A New System“ Fenster geöffnet wird.

Schritt 2: Aus der Dropdown-Liste „System type“ „Conveyor“ auswählen.

Schritt 3: Das System mit „**conv**“ benennen.
Hinweis: Groß- und Kleinschreibung bei der Benennung der Systeme und Elemente beachten!

Schritt 4: „Create“ anklicken, wodurch sich die Conveyor System-Palette öffnet.

2.6. Speichern des Modells

Bei der Sicherung von *AutoMod*-Modellen wird zwischen gespeicherten und exportierten Modellen unterschieden.

Ein gespeichertes Modell besteht aus einem <Modellname>.dir-Verzeichnis, welches unter anderem eine <Modellname>.mod-Datei enthält. Mittels dieser Datei kann das Modell geöffnet werden. Das gespeicherte Modell dient als „Arbeitsmodell“. Hier können Auswirkungen von Veränderungen im Modell getestet und wieder verworfen werden. Zum Verwerfen der Änderungen muss lediglich das zuletzt exportierte Modell geladen werden.

Beim Exportieren wird ein <Modellname>.arc-Verzeichnis erstellt. In diesem befindet sich eine model.amo-Datei, mit der sich das Modell öffnen lässt. Zusätzlich wird beim Exportieren ein gespeichertes Modell, also ein <Modellname>.dir-Verzeichnis, erstellt. Das exportierte Modell kann auch mit höheren *AutoMod*-Versionen geöffnet werden. Das Exportieren in *AutoMod* ist vergleichbar mit dem Speichern in anderen Anwendungen.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „File“ den Unterpunkt „Export“ auswählen.

Schritt 2: „Yes“ anklicken um das Exportieren des Modells zu bestätigen.

2.7. Zusammenfassung

Innerhalb dieses Kapitels wurde ein Modell mit dem Namen **Biergarten** erstellt, welches zwei Systeme beinhaltet. Zum einem ein Process System mit dem Namen **Biergarten** und zum anderen ein Conveyor System **conv**. Zudem wurde das Modell gespeichert bzw. exportiert.

3. Grundlagen der Modellerstellung

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Zeichnen gerader Förderbandabschnitte (*Sections*)
- Hinzufügen von Ladungen
- Definieren von *Prozessen* (*Processes*)
- Erste Implementationsschritte der Systemlogik
- Starten der Simulation

3.1. Modellbeschreibung

In diesem Kapitel werden zunächst zwei der Förderbänder gezeichnet und Ladungen von einem Ende zum anderen über diese transportiert. Die Ladungen betreten an `sta_in1` das System und werden von dort aus zu `sta_out` befördert (siehe Abbildung 3.1). Dort angekommen, verlassen die Ladungen das System (`send to die`). Alle 180 Sekunden wird an `sta_in1` ein neues Bier auf den Weg zum Abholpunkt geschickt.

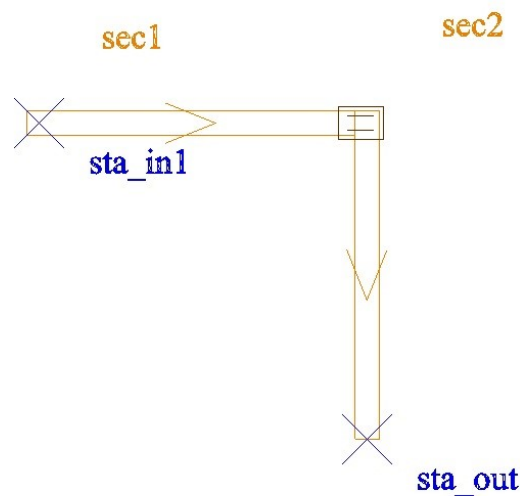


Abbildung 3.1: Modelllayout inklusive der ersten Förderabschnitte

3.2. Zeichnen der Förderbandabschnitte

Vor dem Zeichnen der einzelnen Abschnitte wird zunächst die gewünschte Breite der Förderbänder eingestellt.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „Default...“ auswählen, wodurch sich das „Conveyor Defaults“ Fenster öffnet.

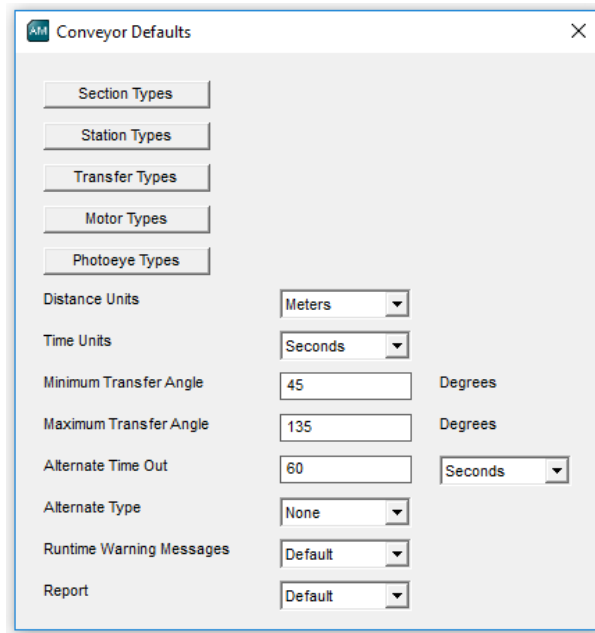


Abbildung 3.2: Das „Conveyor-Defaults“ Fenster

Schritt 2: In diesem Fenster die Schaltfläche „Section Types“ anklicken. Das „Section Type“ Fenster öffnet sich.

Schritt 3: Durch Anklicken der Schaltfläche „Edit“ lässt sich nun das „Edit Conveyor Section Type“ Fenster öffnen.

Schritt 4: In dem ersten Eingabefeld (Width) den Wert von 1 Meter auf 0.3 Meter ändern und durch Klicken auf „OK“ die Eingabe bestätigen. Da hiermit der Standardwert (Default) für dieses Conveyor System geändert wurde, weisen somit alle weiteren Förderabschnitte eine Breite von 0.3 Meter auf.

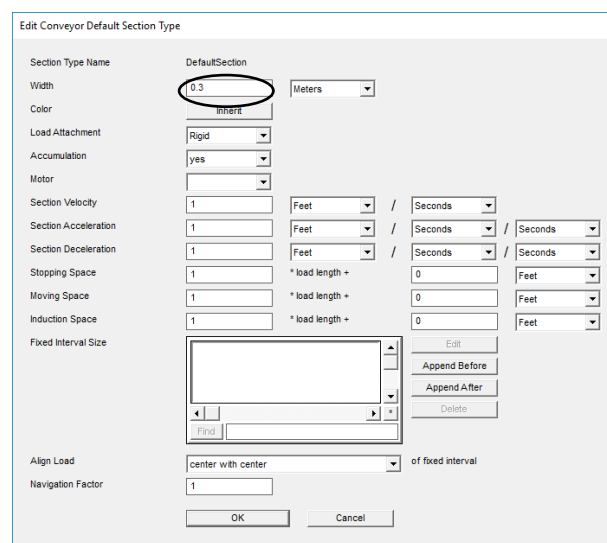


Abbildung 3.3: Das „Edit Conveyor Section Type“ Fenster

Schritt 5: Schließen des „Conveyor Defaults“ Fensters, wodurch sich ebenfalls das „Section Type“ Fenster schließt.

Im Anschluss werden die Abstände innerhalb des Gitternetzes angepasst und der benötigte Ausschnitt herangezoomt.

Schritt 1: Das Gitternetzwerkzeug (siehe Abbildung 2.2: Arbeitsbereich) anklicken, um das „Grid Control“ Fenster zu öffnen.

Schritt 2: Das Feld „Grid Spacing“ gibt den Abstand zwischen den Gitternetzlinien an. Dieser beträgt 1 Meter. Um nach jedem Meter eine Hilfslinie anzuzeigen, wird der Wert „Minor line every“ auf 1 und der Abstand der Hauptlinien (Major line every) auf 5 geändert, mit Eingabe die Änderungen bestätigt und danach das „Grid Control“ Fenster geschlossen. (Für nähere Informationen zu dem „Grid Control“ Fenster siehe Abschnitt 4.2.)

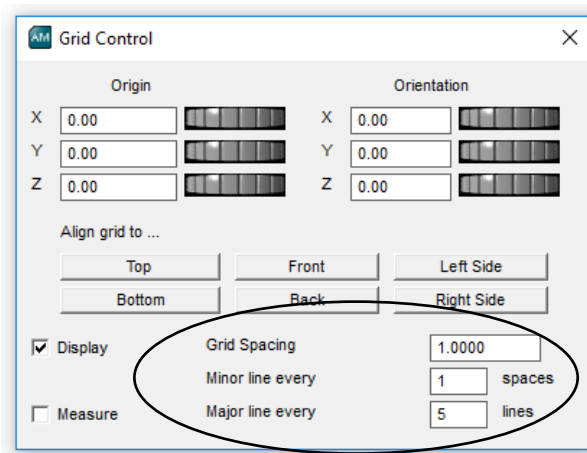


Abbildung 3.4: Anpassen der Gitternetzlinien

Schritt 3: Damit diese Einstellungen auch beim nächsten Öffnen des Modells erhalten bleiben, müssen diese gespeichert werden. Dazu unter dem Menüpunkt „File“ den Unterpunkt „Save Startup Config“ anklicken. Hierdurch wird exakt das im Arbeitsbereichsfenster angezeigte Bild mit den zugehörigen Einstellungen als Startbild gespeichert.

Schritt 4: Um nun den Mittelpunkt des Gitternetzes heran zu zoomen, wird die Ansicht des zugehörigen Koordinatenkreuzes angeschaltet. Dazu zunächst das Ansichtswerkzeug (siehe Abbildung 2.2) öffnen.

Schritt 5: In dem „View Control“ Fenster ein Häkchen bei „Axis Display“ setzen.

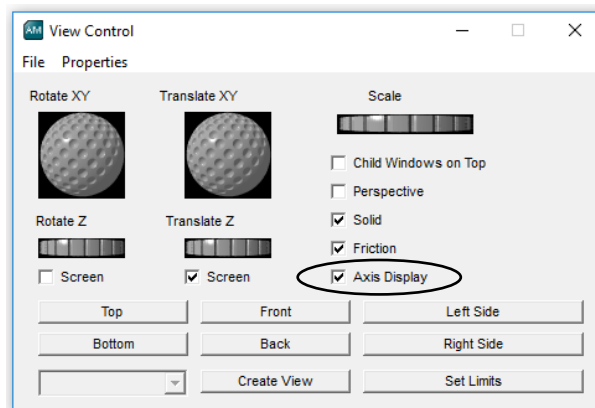


Abbildung 3.5: Anzeigen des Koordinatenkreuzes

Schritt 6: Bei gedrückter linker Maustaste zusammen mit Ctrl+Alt+Shift den diesen Bereich heran zu zoomen (siehe auch Kapitel 2.2“).

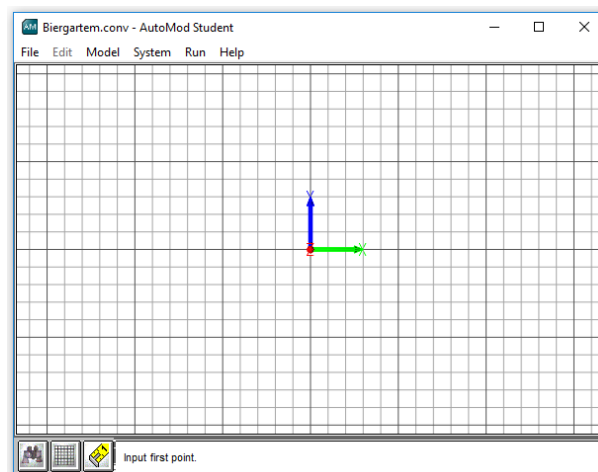


Abbildung 3.6: Zoomansicht des Gitternetzes

Als nächstes werden die Förderbandabschnitte eingezeichnet. Hierbei ist es wichtig, die richtigen Abmessungen zu verwenden. Dazu kann sowohl das Gitternetz als auch das Messwerkzeug benutzt werden.

Schritt 1: Aus der *Conveyor System*-Palette „Single Line“ auswählen. Das „Single Line“ Fenster öffnet sich. Die Standardbenennung der Abschnitte beginnt mit **sec** und endet mit einer sich automatisch hochzählenden Nummer. Der erste Abschnitt wird somit mit bezeichnet. Eine Änderung der Bezeichnung muss nach dem Eingeben des Namens und vor dem Zeichnen des Abschnitts mit Eingabe bestätigt werden.

Schritt 2: Im „Single Line“ Fenster ein Häkchen bei „Orthogonal“ setzen. Damit können die Abschnitte nur in horizontaler oder vertikaler Ausrichtung eingezeichnet werden.

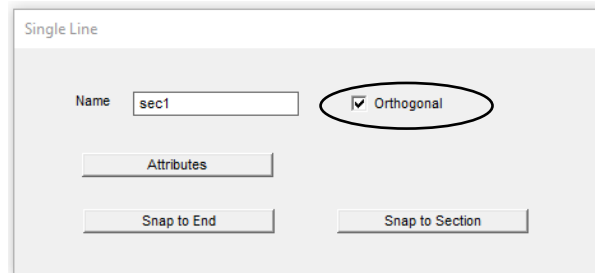


Abbildung 3.7: Das „Single Line Fenster“

Schritt 3: Im Arbeitsbereichsfenster das Messwerkzeug (siehe Abbildung 3.8) anklicken. Das „Measurement Window“ öffnet sich.

Schritt 4: Bei „Track Mouse“ ein Häkchen setzen. Durch die Option „Snap“ wird die zu platzierende Grafik an die Abstände der Gitternetzlinien gebunden. Diese sollte erst ausgeschaltet werden, sobald eine Feinpositionierung erfolgen soll.

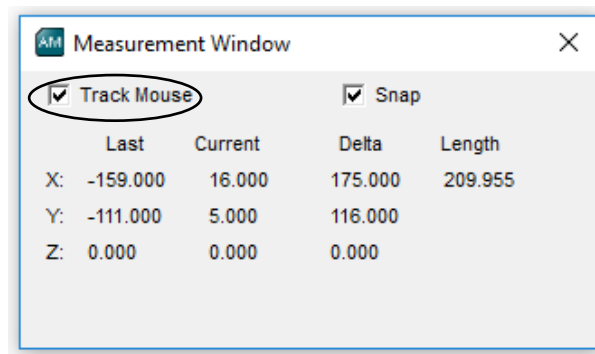


Abbildung 3.8: Das „Measurement Window“ Fenster

Schritt 5: Im Arbeitsbereichsfenster die linke Maustaste drücken und gedrückt halten. Das Platzierungskreuz für den ersten Abschnitt erscheint. Das Kreuz 4 Meter in negativer x-Richtung platzieren. (Im „Measurement Window“ müssen die Einträge in der „Current“-Spalte „-4, 0, 0“ betragen). Zum endgültigen Platzieren des Startpunktes dieses Abschnittes die Maustaste loslassen. Solange nur der Startpunkt gesetzt wurde, kann durch Drücken der Esc-Taste der Abschnitt wieder entfernt werden.

Schritt 6: Die Maus nach rechts zum Ursprung des Koordinatensystems bewegen und durch einen Klick auf die linke Maustaste den Endpunkt des Abschnittes setzen. Da im „Measurement Window“ die Mausbewegung verfolgt wird und

nicht die Länge des Abschnittes kann es sein, dass in der Spalte „Length“ nicht genau 4 Meter angezeigt werden.

Schritt 7: Zum Einzeichnen des zweiten Abschnittes mit der linken Maustaste auf den Ursprung des Koordinatensystems klicken und die Maustaste loslassen.

Schritt 8: Den Mauszeiger 4 Meter in negative y-Richtung bewegen und durch Klicken den Endpunkt festsetzen.

Schritt 9: Das „Measurement Window“ schließen.

Da die Förderbänder nicht exakt aneinander angrenzen, erfolgt als nächstes eine Editierung von **sec1**.

Schritt 1: Aus der Conveyor System-Palette „Select“ auswählen.

Schritt 2: Entweder durch direktes Anklicken oder durch das Ziehen eines Kastens **sec1** auswählen. Bei einer Selektion mittels des Ziehens eines Kastens werden alle Elemente ausgewählt die sich ganz oder teilweise in dem markierten Bereich befinden. Diese Elemente werden daraufhin im „Selection“ Fenster angezeigt.

Schritt 3: Im „Selection“ Fenster **sec1** auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 4: Im „Section Edit“ Fenster den Startwert bezüglich der x-Koordinate auf „-4.15“ und den Endpunkt auf „-0.15“ ändern. Zusätzlich für beide Werte der y-Koordinate „-0.15“ eintragen.

Hinweis: Zum Anzeigen der Verbindung der beiden Förderabschnitte wird zwischen diesen von *AutoMod* automatisch ein sogenannter *Transfer* hinzugefügt.

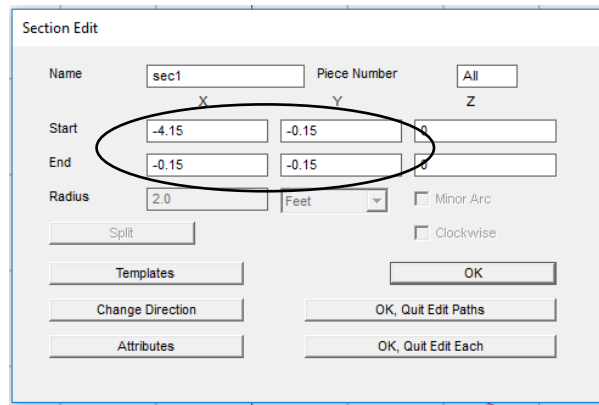


Abbildung 3.9: Das „Section Edit“ Fenster

Das Modell weist an dieser Stelle das in Abbildung 3.10 dargestellte Layout auf.

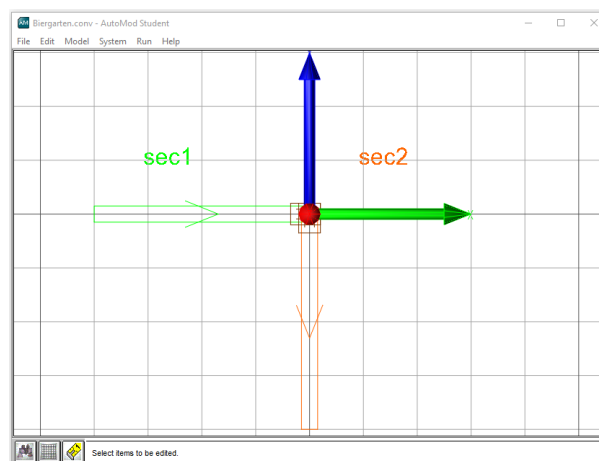


Abbildung 3.10: Layout der ersten zwei Förderabschnitte

Hinweis: Um falsche oder fehlerhaft platzierte Elemente zu löschen, müssen diese selektiert und im Menüpunkt „Edit“ der Unterpunkt „Delete“ angeklickt werden. Das Löschen der ausgewählten Elemente kann ebenfalls über die „Entf“-Taste erfolgen.

3.3. Platzieren von Stationen (*Stations*)

Nachdem die ersten Förderbänder dem Modell hinzugefügt wurden, können nun Stationen platziert werden. Stationen sind Orte, an denen Ladungen in das Conveyor System gelangen oder es verlassen können. Zudem werden sie benutzt, um die Ladungen während einer möglichen Bearbeitung zu stoppen bzw. dienen als Halte- oder Anfahrtspunkte.

In diesem Modell wird das Bier nach dem Zapfen an der Station `sta_in1` auf das Förderband `sec1` gestellt und verlässt an `sta_out` das Conveyor System.

- Schritt 1: Aus der Conveyor System-Palette „Station“ auswählen.
- Schritt 2: Den Namen `sta_in1` in das entsprechende Feld im „Station“ Fenster eintragen und mit Eingabe bestätigen.
- Schritt 3: Im Arbeitsbereichsfenster die linke Maustaste drücken und gedrückt halten.
- Schritt 4: Die Station am Anfang von `sec1` platzieren und die Maustaste loslassen.
- Schritt 5: Im „Station“ Fenster `sta_out` als Namen der nächsten Station eintragen und diese am Ende von `sec2` platzieren.
- Schritt 6: Exportieren des Modells.

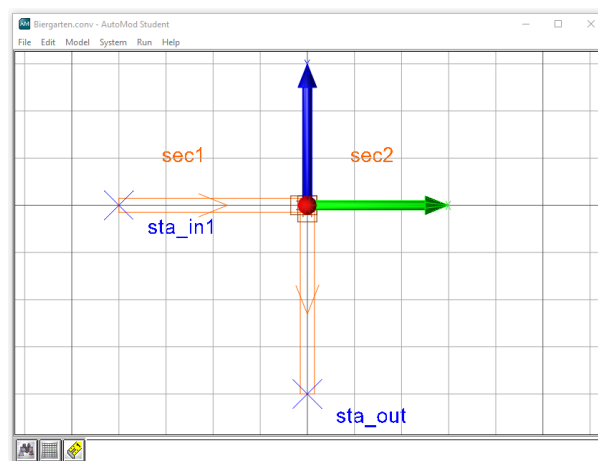


Abbildung 3.11: Layout des vorläufigen Conveyor Systems inklusive Stations

3.4. Definieren von Prozessen

Nach dem Erstellen des Conveyor Systems muss nun die Programmlogik erstellt werden, um das Bier über das Förderband zu transportieren. Dazu muss zunächst in das Process System gewechselt werden.

- Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „Open“ auswählen. Das „Open A System“ Fenster öffnet sich.

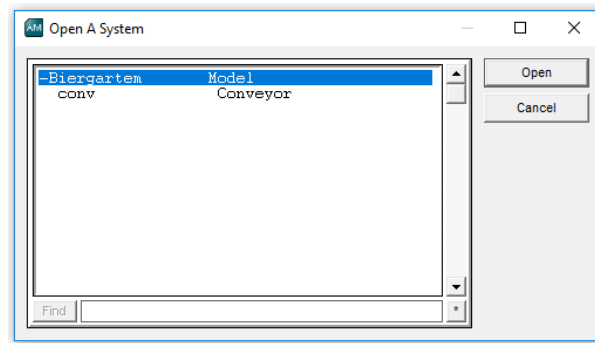


Abbildung 3.12: Öffnen eines Prozess inkl. Zugehöriger Conveyor Systeme

Schritt 2: **Biergarten** auswählen und „Open“ anklicken. Damit wurde von dem Conveyor System **conv** in das Process System **Biergarten** gewechselt und die Process System-Palette erscheint.

Als nächstes werden zwei Prozesse definiert, die dazu dienen die Ladungsbewegungen in dem Modell zu steuern. Der erste Prozess **P_enterconv** enthält die Logik, um das Bier auf das Förderband **sec1** zu stellen. Der zweite Prozess **P_travel** wird benötigt, um das Bier zum Abholpunkt zu befördern und daraufhin aus der Simulation zu entfernen.

Schritt 1: In der Process System-Palette „Process“ anklicken.

Schritt 2: In dem „Process“ Fenster „New“ anklicken, woraufhin sich das „Define A Process“ Fenster öffnet.

Schritt 3: Den neuen Prozess **P_enterconv** benennen.
Hinweis: Es sind keine Leerzeichen und Umlaute bei der Namensgebung erlaubt!

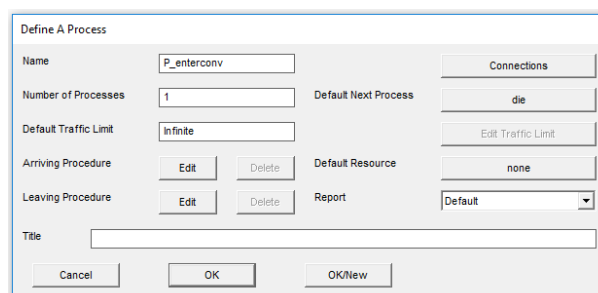


Abbildung 3.13: Das „Define A Process“ Fenster

Schritt 4: „OK/New“ anklicken, um den zweiten Prozess zu definieren.

Schritt 5: Den zweiten Prozess **P_travel** benennen und anschließend „OK“ anklicken. Die beiden Prozesse sind nun im „Process“ Fenster zu sehen.

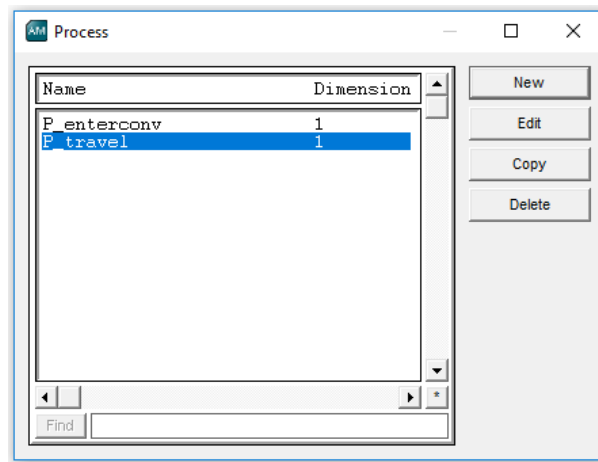


Abbildung 3.14: Das „Process“ Fenster

3.5. Hinzufügen von Ladungen

In *AutoMod* wird die Programmlogik bzw. die einzelnen Prozesse von den Ladungen ausgeführt und nicht, wie in den meisten anderen Programmiersprachen, systematisch bearbeitet. Es lassen sich beliebig viele unterschiedliche Ladungstypen (*load types*) definieren um beispielsweise unterschiedliche Produkte darzustellen.

Schritt 1: Auswählen von „Loads“ aus der Process System-Palette.

Schritt 2: In dem „Loads“ Fenster den „New“ Button neben der „Load Types“ Auswahlliste anklicken.

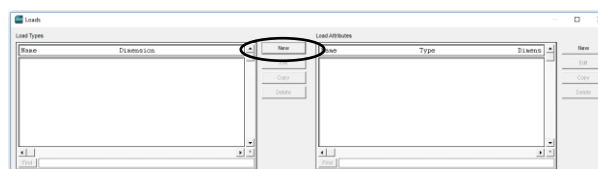


Abbildung 3.15: Das „Loads“ Fenster

Schritt 3: Im „Define A Load Type“ Fenster den Namen **LT_beer** eintragen und den „New Creation“ Button anklicken.

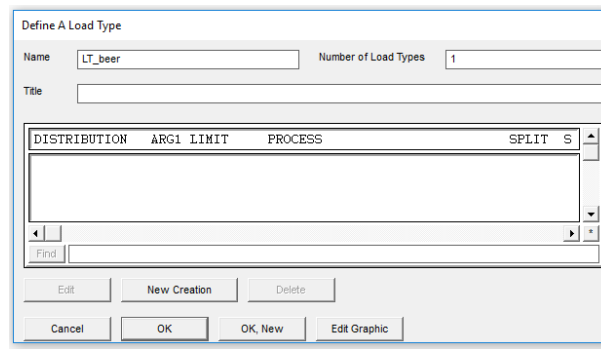


Abbildung 3.16: Das „Define A Load Type“ Fenster

Schritt 4: „First Process“ anklicken und in dem „First Process“ Fenster **P_enterconv** auswählen und mit „OK“ bestätigen.

Schritt 5: Um den zeitlichen Abstand festzulegen, in dem die Ladungen erstellt werden sollen, in dem Feld „Mean“ den Wert 180 eintragen und die Verteilung (*Distribution*) auf „Constant“ belassen. Dadurch wird alle 180 Sekunden eine Ladung vom Typ **LT_beer** in den Prozess **P_enterconv** geschickt.

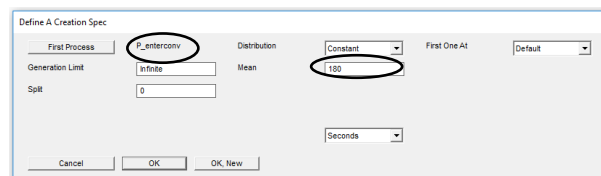


Abbildung 3.17: Das „Define A Creation Spec“ Fenster

Zusätzlich lässt sich ein Generierungslimit (*Generation Limit*) für den entsprechenden Ladungstyp festlegen. In diesem Modell wird das Generierungslimit auf „Infinite“ belassen und somit durchgehend Ladungen dieses Typs in dem festgelegten zeitlichen Intervall in den Prozess geschickt.

Schritt 6: Nach dem Bestätigen mit „OK“ erscheint die Verteilung in der Auswahlliste des „Define A Load Type“ Fensters.

Schritt 7: Nach abermaligem Bestätigen mit „OK“ erscheint der Ladungstyp **LT_beer** nun in der Load Types Auswahlliste des „Loads“ Fensters.

Als nächstes wird die Grafik der Ladung bearbeitet.

Schritt 1: Im „Loads“ Fenster **LT_beer** auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Im „Edit A LoadType“ Fenster „Edit Graphic“ auswählen, wodurch sich das „Edit LoadType Graphics“ Fenster öffnet.

Schritt 3: Die „Shape Definition“ Dropdown-Liste durch Anklicken öffnen und „Import“ anklicken. Die dem Tutorial beigelegte Datei „beerglas.cel“ auswählen und „Öffnen“ anklicken.

Schritt 4: Um die Grafik bearbeiten zu können, muss diese platziert werden. Dazu im „Edit LoadType Graphics“ Fenster „Place“ anklicken. Den Cursor im Arbeitsbereichsfenster platzieren und die linke Maustaste drücken und gedrückt halten. Die Grafik erscheint und kann bis zum endgültigen Platzieren durch Loslassen der linken Maustaste frei verschoben werden.
Hinweis: Die Position, an der die Grafik platziert wird, hat keinen Einfluss auf die spätere Darstellung innerhalb der Simulation.

Schritt 5: Zur Veränderung der Größe der Ladungsgrafik zunächst ein Häkchen bei „Scale All“ setzen. Dadurch kann die Größe für alle Koordinatenrichtungen gleichzeitig geändert werden. Um den ursprünglichen Radius des Bierglases von 1 Meter auf 5 Zentimeter zu ändern, eine der Koordinaten in der Spalte „Scale“ anklicken und den Wert auf 0.05 ändern.

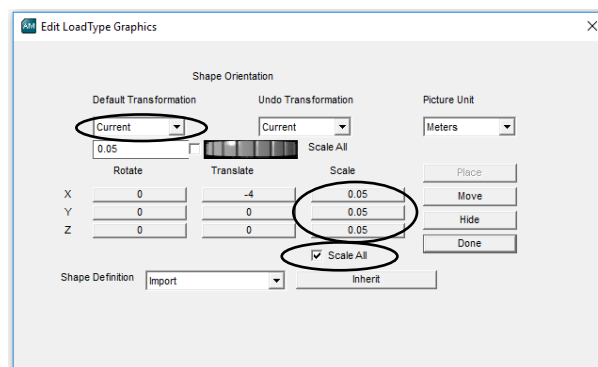


Abbildung 3.18: Das „Edit LoadType Graphics“ Fenster

Schritt 6: Nach dem Anpassen der Größe der Grafik wird diese nun bis zum Start der Simulation versteckt. Dazu im „Edit LoadType Graphics“ Fenster „Hide“ anklicken und mit „Yes“ bestätigen.

Schritt 7: „Done“ anklicken, um das Fenster „Edit LoadType Graphics“ Fenster zu schließen und mittels „OK“ das „Edit A LoadType“ Fenster ebenfalls schließen.

3.6. Erste Implementierungsschritte der Systemlogik

Nachdem der erste Ladungstyp definiert und diesem ein Startprozess zugewiesen wurde, kann nun als nächstes die Systemlogik implementiert werden, um den Ladungen Anweisungen zu geben.

Diese Anweisungen werden in sogenannten Ankunftsprozeduren (*Arriving Procedures*) geschrieben, die von den Ladungen ausgeführt werden, sobald diese in dem entsprechenden Prozess ankommen. Zudem gibt es noch weitere Arten von Prozeduren, jedoch werden in diesem Tutorial lediglich Ankunftsprozeduren verwendet.

Die Prozeduren werden in einer Textdatei, einer sogenannten Quellcodedatei (*Source File*) geschrieben. Ein Modell kann mehrere Quellcodedateien enthalten, die wiederum mehrere Prozeduren beinhalten können. Hier wird nur eine Quellcodedatei verwendet, welche alle benötigten Prozeduren enthält.

Zunächst muss eine Quellcodedatei erstellt werden.

Schritt 1: In der Process System-Palette „Source Files“ anklicken.

Schritt 2: Im „Source Files“ Fenster „New“ anklicken, den Namen `logic.m` eingeben und mit „OK“ bestätigen. Hinweis: Die Namen der Quellcodedateien müssen auf `.m` enden.

Schritt 3: Zum Bearbeiten der Quellcodedatei „`logic.m`“ aus der Auswahlliste auswählen und „Edit“ anklicken. Mittels eines Texteditors wird ein leeres Dokument geöffnet.

In einem nächsten Schritt müssen nun die Ankunftsprozeduren für die beiden erstellten Prozesse `P_enterconv` und `P_travel` geschrieben werden. Innerhalb des Prozesses `P_enterconv` wird das Bier an `sta_in1` auf die Förderbahn gestellt und dann in den Prozess `P_travel` geschickt, in welchem dieses zu `sta_out` gelangt und danach aus der Simulation entfernt wird.

Jede Ankunftsprozedur beginnt mit der Kopfzeile `begin <prozessname> arriving procedure` und endet mit der Zeile `end`. Innerhalb der Prozedur können Anweisungen bzgl. der Ladungen gemacht werden. Im Folgenden werden die Anweisungen `move`, `travel` und `send` verwendet.

- **move:**
Mittels der **move**-Anweisung werden Ladungen an einen bestimmten Platz im Modell verschoben. Dadurch können diese unter anderem von einem Movement System in ein anderes bewegt werden.
- **travel:**
Befindet sich eine Ladung in einem Movement System, kann diese mittels der **travel**-Anweisung innerhalb des Systems bewegt werden.
- **send:**
Die Ladung kann mittels der **send** Anweisung von einem Prozess zum anderen geschickt oder aus der Simulation entfernt werden.

Schritt 1: Einfügen der folgenden beiden Prozeduren in die Quellcodedatei `logic.m`, wobei auf Groß- und Kleinschreibung geachtet werden muss. Alle Wörter bzw. Zeilen, die sich zwischen `/*` und `*/` befinden, dienen als Kommentare.

```
begin P_enterconv arriving procedure
    move into conv.sta_in1    /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
    send to P_travel         /* Die Ladung wird in den Prozess P_travel geschickt */
end

begin P_travel arriving procedure
    travel to conv.sta_out    /* Die Ladung wird von sta_in1 zu sta_out befördert */
    send to die              /* Die Ladung verlässt die Simulation */
end
```

Die nächste Befehlszeile innerhalb einer Prozedur wird erst dann ausgeführt, sobald die vorherige abgearbeitet wurde, d.h. die Ladung verlässt beispielsweise erst das System, nachdem sie bei `sta_out` angekommen ist. Zudem können sich mehrere Ladungen gleichzeitig in einem Prozess befinden. Die Abarbeitung erfolgt mittels zeitlich sortierter Ereignislisten.

Schritt 2: Unter dem Menüpunkt „File“ den Unterpunkt „Save“ auswählen und den Editor schließen. Hinweis: Sollte beim Schließen des Editors eine Fehlermeldung angezeigt werden, im „Error Correction“ Fenster „Return To Edit“ anklicken und den Quelltext nochmals überprüfen.

Schritt 3: Exportieren des Modells.

3.7. Starten der Simulation

Da nun dem Modell alles Notwendige hinzugefügt wurde, kann die Simulation gestartet bzw. das Modell ausgeführt (*Run*) werden.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „Run“ den Unterpunkt „Run Model“ auswählen und mit „Yes“ bestätigen, wodurch sich die Simulationsumgebung öffnet. Diese ist unterteilt in drei verschiedene Fenster.

- Das *Statusfenster* (Status) dient zur Anzeige der Simulationszeit und gibt Informationen darüber, ob die Simulation pausiert (*Paused*) ist oder gerade läuft (*Continuing*).
- Das *Nachrichtenfenster* (Messages) zeigt Simulationsnachrichten und Fehler an.
- Im *Simulationsfenster* ist die animierte Simulation zu sehen.

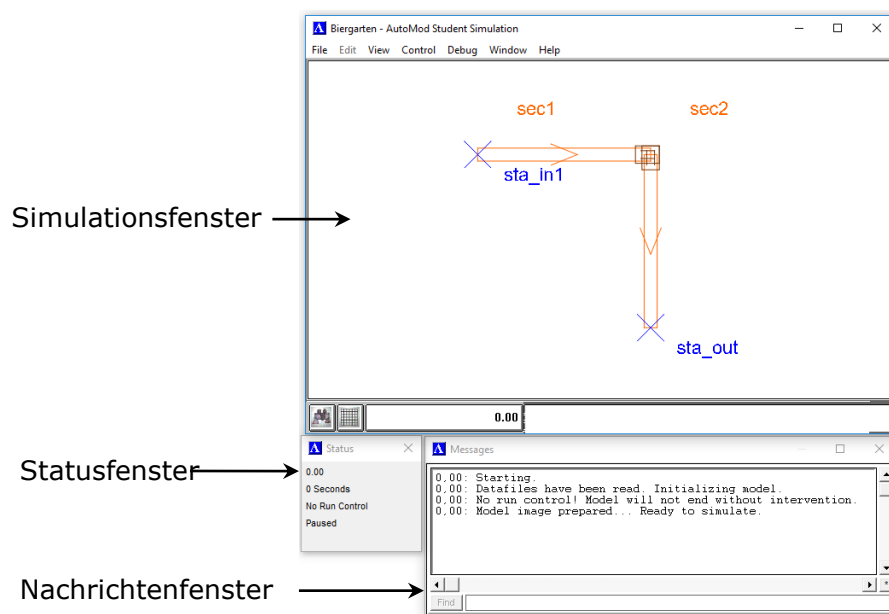


Abbildung 3.19: Die Simulationsumgebung

Schritt 2: Mittels der rechten Maustaste und dem Selektionswerkzeug (standardmäßig bei Simulationsstart ausgewählt) lässt sich der gewünschte Bildschirmausschnitt heranzoomen.

Schritt 3: Um die Simulation zu starten unter dem Menüpunkt „Control“ den Unterpunkt „Continue“ auswählen oder die Taste „p“ drücken. Zum Pausieren der Simulation unter dem Menüpunkt „Control“ den Unterpunkt „Pause“ auswählen oder abermals die Taste „p“ betätigen.

Schritt 4: Die Darstellung der Elemente erfolgt standardmäßig als Drahtgittermodell (*Wireframe*). Mittels der Taste „w“ kann zwischen dem Drahtgittermodell und der Darstellung von massiven Elementen (*Solid*) gewechselt werden.

Schritt 5: Die Simulationsgeschwindigkeit kann durch Auswahl des Unterpunktes „Animation Step...“ unter dem Menüpunkt „Control“ angepasst werden. Eine andere Möglichkeit besteht im Drücken der Taste „d“, um die Simulation zu verlangsamen und der Taste „D“ um die Simulation zu beschleunigen.

Schritt 6: Die Simulationsumgebung schließen, um in die Arbeitsumgebung zurückzukehren. Hinweis: Wird die Simulationsumgebung nicht durch den Unterpunkt „Exit“ im Menüpunkt „File“ beendet, kann es vorkommen, dass diese nicht richtig beendet wird und somit weiterhin Arbeitsspeicher belegt.

3.8. Zusammenfassung

Innerhalb dieses Kapitels wurden zwei Förderbänder eingezeichnet und editiert sowie die zwei Stationen `sta_in1` und `sta_out` hinzugefügt. Im Anschluss wurde der Ladungstyp `LT_beer` mit zugehöriger Grafik erstellt. Des Weiteren wurde die Ablauflogik des Modells mithilfe der beiden Prozesse `P_enterconv` und `P_travel` definiert. Abschließend wurde die Simulation gestartet.

4. Ansichtseinstellungen

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Benutzen des Ansichtswerkzeuges
- Speichern von Ansichten (*Views*)
- Anpassen des Gitternetzes
- Grafische Darstellungen an- und ausschalten
- Benutzen von Tastenkürzeln

4.1. Benutzen des Ansichtswerkzeuges

Das Ansichtswerkzeug kann durch Anklicken des entsprechenden Symbols im Arbeitsbereichsfensters (siehe Abbildung 2.2: Arbeitsbereich) geöffnet werden. Mit Hilfe dieses Werkzeuges lassen sich u.a. verschiedene Betrachtungswinkel auswählen. Zudem kann eine Anpassung der Gitternetzgröße vorgenommen werden.

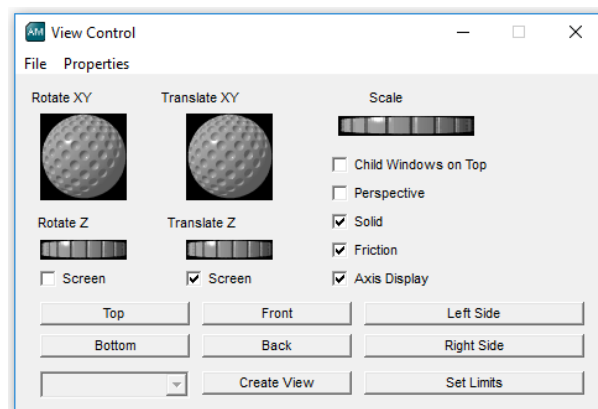


Abbildung 4.1: Das „View Control“ Fenster

Die verschiedenen Funktionen des Ansichtswerkzeuges:

- Rotate:
Drehung des Modells um die entsprechenden Achsen.
- Translate:
Das Modell wird entlang der entsprechenden Achse verschoben.
- Scale:
Vergrößerung oder Verkleinerung der Modellansicht.
- Child Windows on Top:
Sorgt dafür, dass die jeweilige Systempalette und die Dialogfenster immer im Vordergrund dargestellt werden.
- Perspective:
Die perspektivische Ansicht wird an- oder ausgeschaltet.

- **Solid:**
Wechsel zwischen der Ansicht als Drahtgittermodell und der Darstellung mittels massiver Elemente.
- **Friction:**
Sorgt für eine kontinuierliche Bewegung bezüglich Rotationen, Verschiebungen und Änderungen der Größeneinstellungen. Sobald „Friction“ ausgeschaltet ist, erfolgt eine kontinuierliche Weiterführung der vorgenommenen Änderung (z.B. einer Rotation) bis diese explizit gestoppt wird. Dies kann mittels des Anschaltens von „Friction“ oder dem Drücken der Leertaste erfolgen.
- **Axis Display:**
Schaltet die Darstellung des Koordinatenkreuzes an.
- **Screen:**
Ist „Screen“ ausgeschaltet, erfolgen die vorgenommenen Bewegungen entlang der Weltkoordinaten bzw. entlang des ursprünglichen Koordinatensystems. Ansonsten werden alle Bewegungen in Bezug auf die Bildschirmkoordinaten, welche sich aus der aktuellen Bildschirmansicht ergeben, gemacht.
- **Top:**
Draufsicht auf das Modell (bzgl. der positiven z-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Front:**
Vorderansicht des Modells (bzgl. der negativen y-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Bottom:**
Ansicht von unten auf das Modell (bzgl. der negativen z-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Back:**
Rückansicht des Modells (bzgl. der positiven y-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Right Side:**
Ansicht von rechts auf das Modell (bzgl. der positiven x-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Left Side:**
Ansicht von links auf das Modell (bzgl. der negativen x-Achse des Weltkoordinatensystems).
- **Create View:**
Dient zum Speichern von benutzerdefinierten Ansichten. Hierfür wird „Create View“ angeklickt, die zu speichernde Ansicht eingestellt und mittels „New“ diese unter dem gewünschten Namen gespeichert. Diese können mittels der Dropdown-Liste des „View Control“ Fensters ausgewählt werden.

- Set Limits:
Dient zur Anpassung der Größe des Gitternetzes.

4.2. Anpassen des Gitternetzes

Da sich das Gitternetz beim Öffnen des Modells automatisch der Modellgröße anpasst, ist es des Öffneren von Nöten, dieses manuell anzupassen, um beispielsweise weitere Elemente einzeichnen zu können.

Zur Anpassung der Größe des Gitternetzes dienen die Einstellungen innerhalb des „Set Limits“ Fensters. Dieses kann über das Ansichtswerkzeug (siehe Abbildung 2.2) erreicht werden.

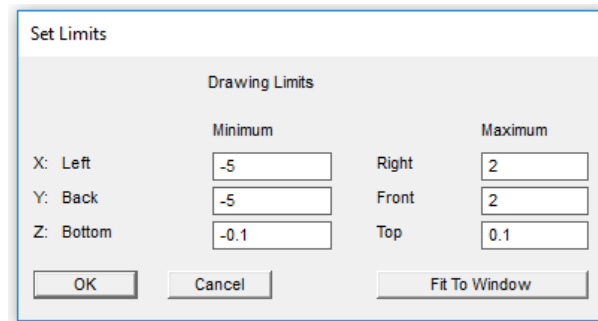


Abbildung 4.2: Das „Set Limits“ Fenster

In die einzelnen Felder lassen sich die Begrenzungen des Gitternetzes bezüglich der einzelnen Achsen einstellen. Zusätzlich kann die Gitternetzgröße mittels des „Fit To Window“ Buttons der Modellgröße angepasst werden.

Mit Hilfe des Gitternetzwerkzeuges (siehe Abbildung 2.2) können zudem Einstellungen bezüglich der Position des Gitternetzes und der Abstände der Gitternetzlinien vorgenommen werden.

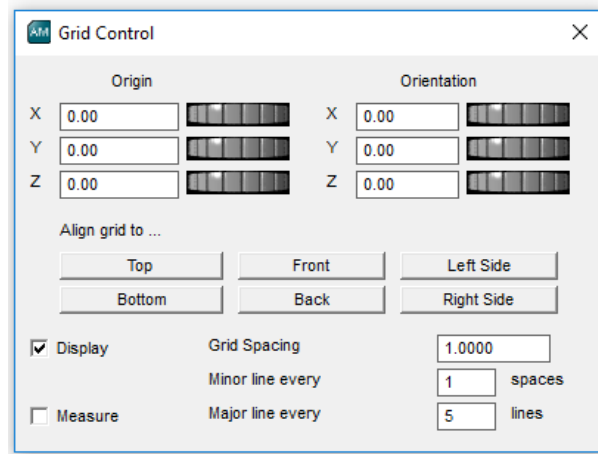


Abbildung 4.3: Das „Grid Control“ Fenster

Die verschiedenen Funktionen des Gitternetzwerkzeuges:

- **Origin:**
Verschieben des Gitternetzes entlang der einzelnen Achsen.
- **Orientation:**
Rotieren des Gitternetzes um die entsprechenden Achsen.
- **Align grid to ...:**
Versetzen des Gitternetzes an voreingestellte Positionen. Dadurch können grafische Elemente leichter in unterschiedlichen Raumorientierungen platziert werden.
- **Display:**
An- und Ausschalten der Darstellung des Gitternetzes.
- **Measure:**
Öffnen des Messwerkzeuges.
- **Grid Spacing:**
Einstellen der Abstände der Gitternetzlinien unter Verwendung des eingestellten Maßsystems.
- **Minor line every:**
Einstellen der Abstände zwischen den Hilfslinien (dünne graue Linien).
- **Major line every:**
Einstellen der Abstände zwischen den Hauptlinien (dicke graue Linien) basierend auf der Anzahl an Hilfslinien.

4.3. Grafische Darstellungen an- und ausschalten

Um die Darstellung von Texten und grafischen Elementen zu verändern, dient das unter dem Menüpunkt „View“, Unterpunkt „Display“ erreichbare „Display“ Fenster.

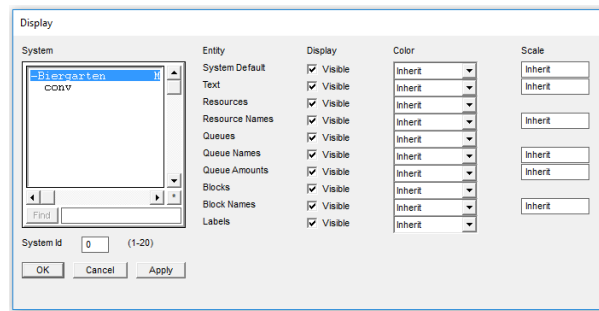


Abbildung 4.4: Das „Display“ Fenster

In der Auswahlliste „System“ kann das System ausgewählt werden, indem Einstellungsänderungen vorgenommen werden sollen. Mittels der „Display“ Checkboxes kann die Anzeige von systemspezifischen Elementen an- bzw. ausgeschaltet werden. Zudem stellen die einzelnen „Color“ Dropdown-Listen verschiedene Farben zur Verfügung. Die Spalte „Scale“ dient zur Änderung der Elementgrößen. Durch Drücken des „Apply“ Buttons werden die vorgenommenen Änderungen übernommen und im Arbeitsbereichsfenster sichtbar.

4.4. Benutzen von Tastenkürzeln

AutoMod stellt zur komfortableren Bedienung verschiedene Tastenkürzel zur Verfügung. Einige der wichtigsten Tastenkürzel sind:

- D: Erhöhen der Simulationsgeschwindigkeit (Simulationsumgebung).
- d: Verringerung der Simulationsgeschwindigkeit (Simulationsumgebung).
- p: Pausieren oder Fortsetzen der Simulation (Simulationsumgebung).
- w: Wechseln zwischen Drahtgittermodell und massiver Darstellung.
- X/Y/Z: Rotieren der Ansicht um die entsprechende Achse im Uhrzeigersinn.
- x/y/z: Rotieren der Ansicht um die entsprechende Achse gegen den Uhrzeigersinn.

Weitere Tastenkürzel sind in der Hilfe von *AutoMod* zu finden. Diese ist im Menüpunkt „Help“ unter dem Unterpunkt „Help“ zu finden oder lässt sich per Taste „h“ öffnen.

5. Ressourcen und Pufferplätze

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Hinzufügen einer Ressource (*Resource*)
- Hinzufügen eines Pufferplatzes (*Queue*)
- Bearbeiten der Ankunftsprozeduren.

5.1. Modellbeschreibung

In diesem Kapitel wird dem Modell ein Barkeeper in Form einer Ressource hinzugefügt. Zudem wird eine Zeitverzögerung für das Zapfen des Bieres in die Prozeduren eingefügt und hinter `sta_out` ein Pufferplatz zur Bereitstellung der Getränke für die Kellner des Biergartens.

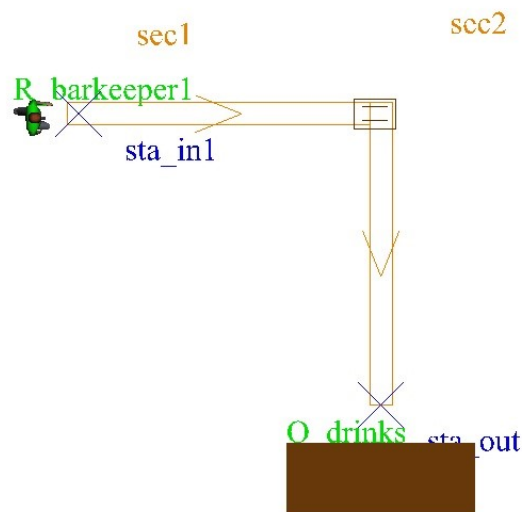


Abbildung 5.1: Modelllayout inklusive Ressource und Pufferplatz

5.2. Hinzufügen einer Ressource

Ressourcen dienen zur Abbildung von Objekten, die Ladeeinheiten modifizieren, wie z.B. Maschinen oder Arbeitern. Dem Modell wird eine Ressource an `sta_in1` hinzugefügt, die einen Barkeeper verkörpern soll.

Schritt 1: Aus der Prozess System-Palette „Resources“ auswählen.

Schritt 2: Den „New“-Button neben der „Resources“ Auswahlliste anklicken.

Schritt 3: Der Ressource den Namen **R_barkeeper1** geben.

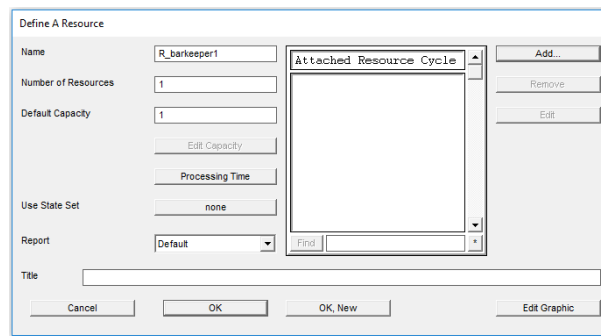


Abbildung 5.2: Das „Define A Resource“ Fenster

Schritt 4: Um die Grafik zu platzieren, auf „Edit Graphic“ klicken.

Schritt 5: Zur realistischeren Darstellung wird eine menschliche Grafik importiert. Dazu aus der Dropdown-Liste „Import“ auswählen.

Schritt 6: In dem *AutoMod*-Installationsverzeichnis den Pfad „/demos/graphics/vrml“ und dort die Datei „man_inherit.cel“ auswählen.

Schritt 7: Die Grafik vor der Station **sta_in1** durch Klicken auf „Place“ und gedrückter linker Maustaste platzieren. Hinweis: Zur freien Platzierung im „Measurement“ Fenster die Option „Snap“ deaktivieren.

Schritt 8: Um die Größe des Barkeepers anzupassen, ein Häkchen bei „Scale All“ machen und in der Spalte „Scale“ den Wert 0.2 eintragen.

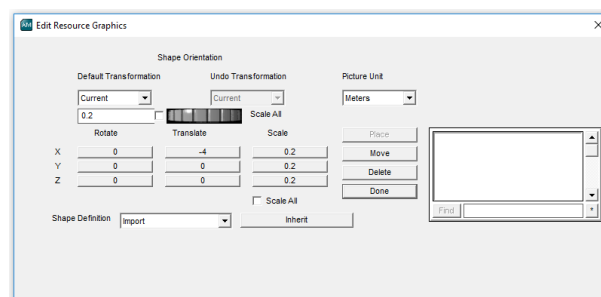


Abbildung 5.3: Das „Edit Resource Graphics“ Fenster

5.3. Hinzufügen eines Pufferplatzes

Pufferplätze dienen zur Abbildung temporärer Aufenthaltsorte für die Ladeeinheiten wie z.B. Arbeitsplätzen. Die Ladeeinheiten werden mittels der **move** Anweisung auf einen Pufferplatz versetzt. Dadurch verlassen diese beispielsweise ein Förderband oder ein Fahrzeug.

Dem Modell wird nun ein Pufferplatz in der Nähe von Station **sta_out** hinzugefügt, welcher als Abholpunkt der Getränke dient.

Schritt 1: Aus der Prozess System-Palette „Queues“ auswählen und „New“ anklicken

Schritt 2: Den Pufferplatz mit **Q_drinks** bezeichnen.

Schritt 3: Die „Default Capacity“ auf den Wert „Infinite“ ändern. Dadurch existiert keine Begrenzung bezüglich der Kapazität des Pufferplatzes.

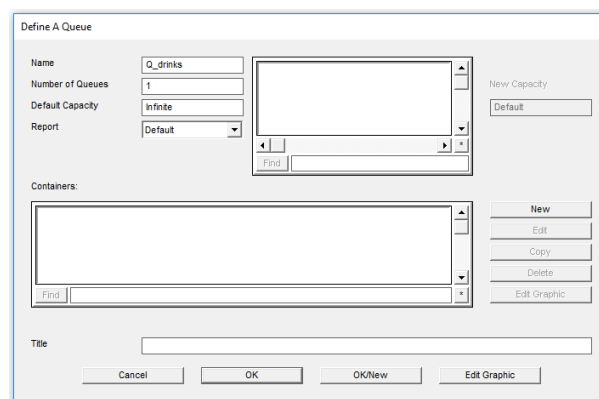


Abbildung 5.4: Das „Define A Queue“-Fenster

Schritt 4: „Edit Graphic“ anklicken, mittels „Import“ die mitgelieferte „table.cel“ einlesen und unterhalb der Station **sta_out** mit dem Mittelpunkt auf dem Schnittpunkt der beiden Hauptgitternetzlinien platzieren. Im Anschluss das Fenster durch „Done“ schließen.

Schritt 5: Im „Define A Queue“ Fenster „New“ anklicken, um einen Container anzulegen.

Schritt 6: Um die Getränke grafisch neben bzw. voreinander auf dem Tisch darzustellen, die in Abbildung 5.5 zu sehenden Einstellungen vornehmen.

Hinweis: Auf diese Weise wird der Pufferplatz in 40 Teilplätze unterteilt. Sobald mehr Getränke abgestellt werden müssen, werden die Plätze innerhalb des Containers doppelt belegt und die Grafiken überlappen somit.

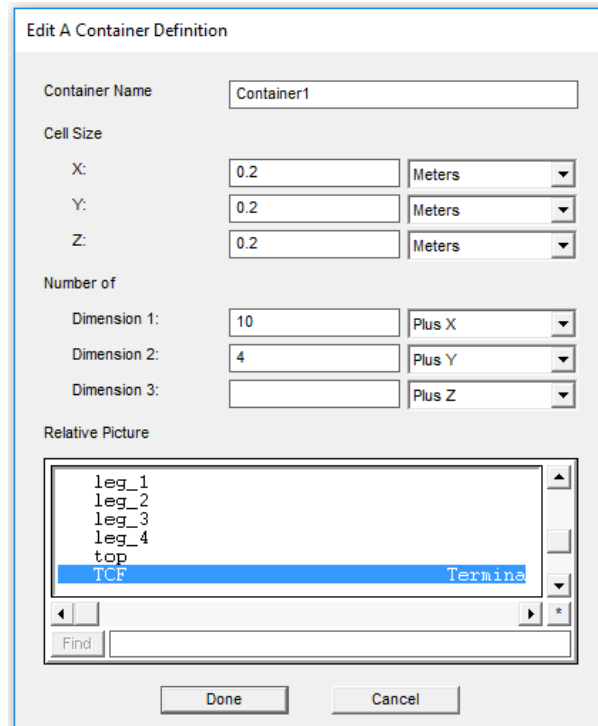


Abbildung 5.5: Das „Edit A Container Definition“ Fenster

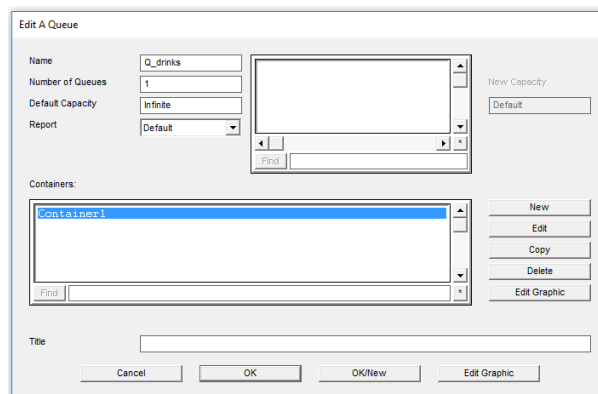


Abbildung 5.6: Das „Define A Queue“ Fenster

5.4. Bearbeiten der Ankunftsprozeduren

Um den Barkeeper und den Pufferplatz für die Getränkeabholung in die Simulation zu integrieren, müssen die Ankunftsprozeduren erweitert werden.

In Kapitel 3.5 „Hinzufügen von Ladungen“ wurde festgelegt, dass jede 180 Sekunden eine Ladung in das System geschickt und damit ein Bier bestellt wird. Um nun den Vorgang des Zapfens durch den Barkeeper abzubilden, wird die Ladung nun zusätzlich zeitlich verzögert.

Dabei wird eine gleichverteilte Zufallsgröße im Intervall zwischen 20 und 40 Sekunden zugrunde gelegt. Die zugehörige *AutoMod*-Syntax lautet `uniform 30,10 sec`. Der erste Wert repräsentiert hierbei den Mittelwert und der zweite gibt die positive bzw. negative Abweichung von diesem an.

Nachdem das Bier im Anschluss von dem Barkeeper auf das Förderband gestellt und zu `sta_out` befördert wurde, wird es vom Förderband entfernt und auf den Pufferplatz gestellt. Dort angelangt verbleibt es für eine kurze Zeit und verlässt daraufhin das System. Dazu wird eine Normalverteilung mit einem Erwartungswert von 60 Sekunden und einer Standardabweichung von 5 Sekunden verwendet.

Um diese Vorgänge in der Logik zu implementieren, werden folgende Anweisungen benötigt.

- `use`:
Mittels der `use`-Anweisung wird eine Kapazität einer Ressource für einen bestimmten Zeitraum gebunden und im Anschluss wieder freigegeben.
- `wait`:
Durch die `wait`-Anweisung kann die Abarbeitung des Quellcodes durch die jeweilige Ladeinheit verzögert werden, d.h. die nachfolgende Zeile im Quellcode wird erst nach Ablauf der eingestellten Zeit ausgeführt.

Schritt 1: In der Prozess System-Palette „Source Files“ anklicken, `logic.m` auswählen und „Edit“ drücken.

Schritt 2: Einfügen der neuen Zeilen in die Prozeduren.

```
begin P_enterconv arriving procedure
    use R_barkeeper1 for uniform 30, 10 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird
                                           für 20-40 Sekunden gebunden */
    move into conv.sta_in1 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
    send to P_travel /* Die Ladung wird in den Prozess P_travel geschickt */
end

begin P_travel arriving procedure
    travel to conv.sta_out /* Die Ladung wird von sta_in1 zu sta_out befördert */
    move into Q_drinks /* Die Ladung gelangt vom Förderband auf den Pufferplatz */
    wait for normal 60, 5 sec /* Zeitliche Verzögerung der Ladung */
    send to die /* Die Ladung verlässt die Simulation */
end
```

Schritt 3: Speichern des Quellcodes und Schließen des *AutoMod*-Editors.

Schritt 4: Das Modell exportieren und die Simulation starten.

Hinweis: Sobald die Kapazität des Barkeepers gebunden wird, dieser also am Zapfen ist, ändert sich die Farbe des Hemdes von blau zu grün. Im Fall einer Störung (welcher hier nicht berücksichtigt wird) ändert sich die Farbe zu rot.

5.5. Zusammenfassung

Innerhalb dieses Kapitels wurde eine Ressource zur Abbildung eines Barkeepers hinzugefügt. Zudem wurde das Modell um einen Pufferplatz mit zugehörigem Container, der als Abholpunkt der Getränke dient ergänzt sowie der Quellcode dementsprechend erweitert. Mittels des Modells lässt sich damit bislang das Zapfen des Bieres, dessen Beförderung zu einem Abholplatz und die dortige Bereitstellung simulieren.

6. Fertigstellung Getränkebereitstellung

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Hinzufügen von weiteren Förderbandabschnitten und Stationen.
- Einbinden eines zweiten Barkeepers.
- Hinzufügen eines Kollisionsschutzes (*Block*).
- Anpassen der Systemlogik
- Arbeiten mit Ladungsattributen und Variablen.
- Hinzufügen von Simulationskontrollabschnitten (*Run Control Snaps*).

6.1. Modellbeschreibung

Da neben Bier auch antialkoholische Getränke bereitgestellt werden sollen, wird das Modell um einen weiteren Förderbandabschnitt sowie um eine zusätzliche Ressource `R_barkeeper2` erweitert. Durch den zusätzlichen Förderabschnitt entsteht ein Kreuzungspunkt. Damit an dieser Stelle die Getränke nicht aufeinanderstoßen, wird ein Kollisionsschutz `B_protect` eingesetzt. Um nachvollziehen zu können, wie viel Zeit die Getränke bis zur Bereitstellung benötigen, werden die Ladungen mit Attributen versehen. Zudem wird eine Simulationskontrolle definiert, die dafür sorgt, dass die Simulation automatisch nach 8 Stunden stoppt.

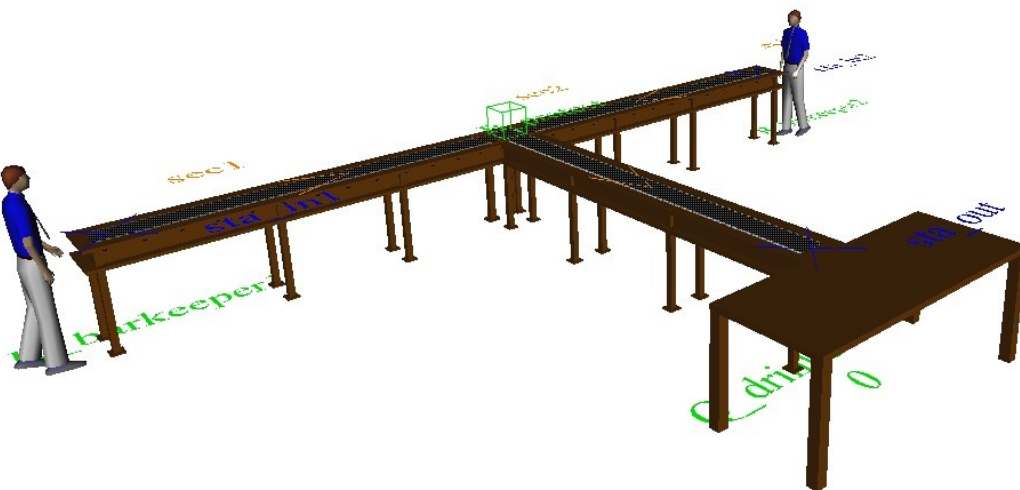


Abbildung 6.1: Modelllayout des gesamten Förderbandsystems

6.2. Hinzufügen weiterer Förderbandabschnitte

In diesem Abschnitt wird nun der fehlende Förderbandabschnitt hinzugefügt und auf diesem eine weitere Station `sta_in2`.

Schritt 1: Wechseln in das System `conv`.

Schritt 2: Mit Hilfe des Auswahlwerkzeuges `sec1` per Doppelklick selektieren. Hinweis: Im „Selection“ Fenster alle zugehörigen Elemente selektiert lassen.

Schritt 3: Aus dem Menüpunkt „Edit“ den Unterpunkt „Copy“ auswählen.

Schritt 4: Im „Copy“ Fenster auf „Flip Vertical“ klicken, um das Förderband um 180° zu rotieren. Dieses anschließend 4 Meter entlang der x-Achse verschieben. Hierfür in der Spalte „X“ im Feld „To“ den Wert 4 eingetragen.

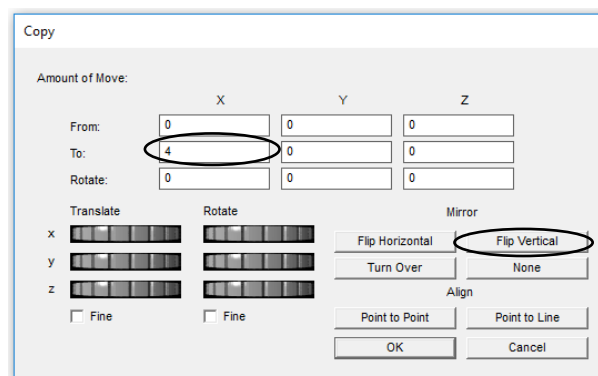


Abbildung 6.2: Das „Copy“ Fenster

Schritt 5: Bestätigen der Eingaben mit der „OK“ Schaltfläche, wodurch das Förderband an der entsprechenden Stelle eingefügt wird.

Schritt 6: Die kopierte Station `sta_in1_1` auswählen und im „Selection“ Fenster „Edit“ anklicken.

Schritt 7: Im „Station Edit“ Fenster die Station `sta_in1_1` in `sta_in2` umbenennen und ebenfalls mit „OK“ bestätigen.

Nachdem das Förderband komplett abgebildet wurde, wird als nächstes die grafische Darstellung der Fördertechnik angepasst.

Schritt 1: Im Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „Default“ anklicken.

Schritt 2: Die Schaltfläche „Section Types“ anklicken und im „Section Type“ Fenster „Templates“ auswählen.

Schritt 3: „Import“ auswählen und die dem Tutorial beigefügte Datei „conveyor.gtx“ auswählen.

Schritt 4: Mittels „>Add>“ die Grafik zu „Attached Graphics Templates“ hinzufügen und mit „OK“ bestätigen.

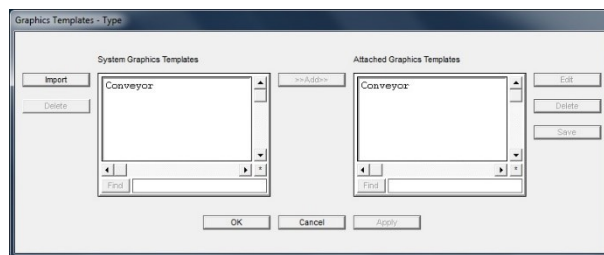


Abbildung 6.3: Das „Graphics Templates – Type“ Fenster

Um die geänderten Grafiken der Förderbänder anzuzeigen, sind folgende Schritte notwendig:

Schritt 1: Wechseln Sie in das System „Biergarten“ und rufen Sie in Menüpunkt „Run“ „Run Model“ aus.

Schritt 2: Dort im Menüpunkt „View“ den Unterpunkt „Display“ auswählen.

Schritt 3: Im „Display“ Fenster das **conv** System selektieren und in der „Sections“ Dropdown-Liste anstatt „Standard“ den Eintrag „Templates“ einstellen.

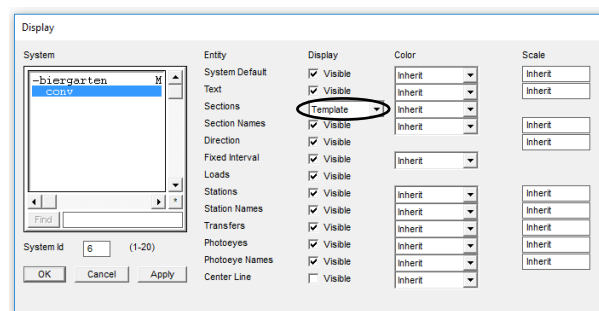


Abbildung 6.4: Änderungen im „Display“ Fenster

In einem nächsten Schritt wird nun **sec2** soweit verlängert, dass dieses mit der Grafik des Abholpunktes abschließt. Dazu schließen Sie die zunächst die Simulation und öffnen das Conveyor-System.

Schritt 1: **sec2** selektieren.

Schritt 2: Im „Selection“ Fenster **sec2** auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 3: Den „End“ Wert in der „Y“ Spalte auf -4.38 ändern.

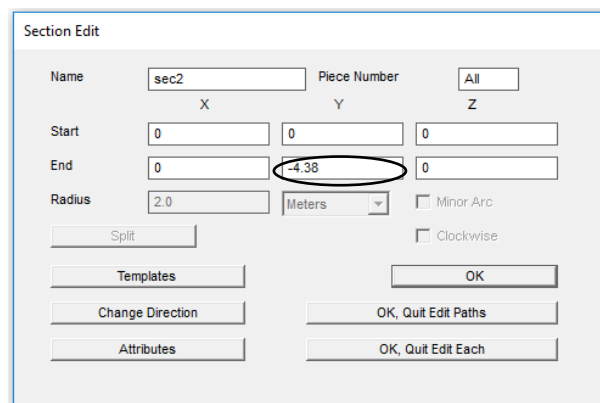


Abbildung 6.5: Änderungen im „Section Edit“ Fenster

Schritt 4: **sta_out** selektieren und „Edit“ anklicken.

Schritt 5: Im „Station Edit“ Fenster den „Distance“ Wert auf 4.38 ändern, damit sich die Station weiterhin am Ende des Förderbandes befindet und mit „OK“ bestätigen.

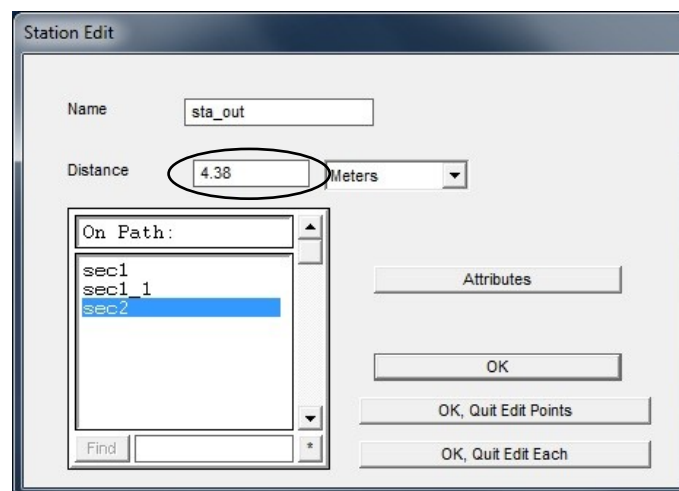


Abbildung 6.6: Das „Station Edit“ Fenster

6.3. Einbinden eines zweiten Barkeepers

Am Anfang des neuen Förderbandes wird nun ein zweiter Barkeeper platziert.

Schritt 1: In das Prozess System wechseln.

Schritt 2: Aus der Process System-Palette „Resources“ auswählen.

Schritt 3: `R_barkeeper1` selektieren, „Copy“ anklicken und diesen mit `R_barkeeper2` benennen.

Schritt 4: `R_barkeeper2` auswählen und anschließend „Edit“ anklicken.

Schritt 5: „Edit Graphic“ anklicken und die Grafik des Barkeepers vor `sta_in2` positionieren. Hinweis: Zur Feinpositionierung im „Measurement“ Fenster die Option „Snap“ deselektieren.

Schritt 6: Im „Edit Resource Graphics“ Fenster in der „Rotate“ Spalte für „Z“ den Wert 180 eintragen um die Grafik zu drehen.

6.4. Hinzufügen eines Kollisionsschutzes

Durch das neue Förderband ist eine Kreuzung im Modell entstanden. Damit an dieser Stelle die Getränke nicht kollidieren, wird ein *Block* hinzugefügt. Ein Block ist ein quaderförmiger Bereich, dem eine Kapazität zugewiesen werden kann. Somit kann die Anzahl an Ladungen in diesem Bereich kontrolliert werden.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Blocks“ auswählen.

Schritt 2: „New“ auswählen und mit `B_protect` benennen.

Schritt 3: „Edit Graphic“ anklicken und mittels „Place“ den Block auf der Kreuzung platzieren.

Schritt 4: Die Größe des Blocks auf „0.08“ ändern und ihn passend auf der Kreuzung positionieren.

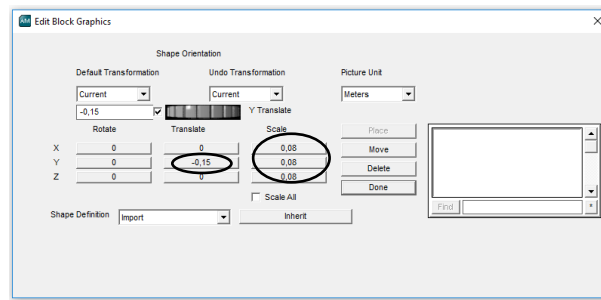


Abbildung 6.7: Das „Edit Block Graphics“ Fenster

Schritt 5: Das Modell exportieren.

6.5. Anpassen der Systemlogik

In diesem Abschnitt werden das zweite Förderband sowie der zweite Barkeeper in das Modell eingebunden. Dazu muss der Prozess `P_enterconv` modifiziert, ein neuer Ladungstyp `LT_nonalc` angelegt und der Quellcode erweitert werden.

6.5.1. Modifikation des Prozesses `P_enterconv`

Aus dem einen Prozess `P_enterconv` werden zwei Prozesse `P_enterconv(1)` und `P_enterconv(2)` erstellt. Dazu wird er zu einem „arrayed“ Prozess modifiziert. Dies ist sinnvoll, da beide Prozesse nahezu denselben Quellcode enthalten sollen.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Process“ anklicken, `P_enterconv` auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Für „Number of Processes“ den Wert „2“ eintragen und mit „OK“ bestätigen.

Da der ursprüngliche Prozess `P_enterconv` durch diese Änderung nicht mehr existent ist, muss der Startprozess für die Ladung `LT_beer` neu festgelegt werden.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Loads“ auswählen, `LT_beer` auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Im „Edit A Load Type“ Fenster die Verteilung auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 3: Auf „First Process“ klicken, `P_enterconv(1)` auswählen und bestätigen.

6.5.2. Hinzufügen eines neuen Ladungstyps

Da zusätzlich zum Bier auch nichtalkoholische Getränke abgebildet werden sollen, muss ein neuer Ladungstyp hinzugefügt werden.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Loads“ auswählen und „New“ anklicken.

Schritt 2: Dem Ladungstypen den Namen `LT_nonalc` geben und „New Creation“ anklicken.

Schritt 3: Unter „Mean“ den Wert 300 eintragen, um abzubilden, dass alle 5 Minuten ein nichtalkoholisches Getränk bestellt wird.

Schritt 4: „First Process“ anklicken, als Startprozess `P_enterconv(2)` auswählen und anschließend zweimaliges Bestätigen mittels „OK“

Schritt 5: Im „Edit A LoadType“ Fenster „Edit Graphic“ anklicken.

Schritt 6: Aus der Dropdown-Liste Import auswählen und die mitgelieferte „nonalcglas.cel“ einlesen und beliebig im Modell platzieren.

Schritt 7: Die Größe der Ladung auf „0.03“ ändern und „Hide“ anklicken. Mittels „Done“ und „OK“ die Erstellung des Ladungstyps abschließen.

6.5.3. Erweiterung des Quellcodes

Nach der Modifikation des Prozesses `P_enterconv` und dem Hinzufügen eines neuen Ladungstyps kann nun der Quellcode soweit erweitert werden, dass die nicht alkoholischen Getränke nach dem Einschenken an `sta_2` auf das Förderband gelangen und im Anschluss zum Abholplatz befördert werden.

Innerhalb eines „arrayed“ Prozesses kann mittels `procindex` auf die Nummer des Teilprozesses zugegriffen werden. Hier startet beispielsweise das Bier in dem Prozess `P_enterconv(1)` und die Ladeeinheiten erhalten somit den `procindex 1`.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Source Files“ auswählen und „logic.m“ öffnen.

Schritt 2: Folgende Änderungen der Prozeduren vornehmen:

```
begin P_enterconv arriving procedure
if procindex = 1 then
begin
use R_barkeeper1 for uniform 30, 10 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird
für 20-40 Sekunden gebunden */
move into conv.sta_in1 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
end
else
begin
use R_barkeeper2 for uniform 20, 5 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird
für 15-20 Sekunden gebunden */
move into conv.sta_in2 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
end
send to P_travel /* Die Ladung wird in den Prozess P_travel geschickt */
end

begin P_travel arriving procedure
travel to conv.sta_out /* Die Ladung wird von sta_in1 zu sta_out befördert */
move into Q_drinks /* Die Ladung gelangt vom Förderband auf den Pufferplatz */
wait for normal 60, 5 sec /* Zeitliche Verzögerung der Ladung */
send to die /* Die Ladung verlässt die Simulation */
end
```

Schritt 3: Exportieren des Modells.

6.6. Arbeiten mit Ladungsattributen und Variablen

Im Folgenden wird die Zeit gemessen, die sich eine Ladeeinheit im System befindet. Dies erfolgt mit Hilfe eines *Ladungsattributs*. Ein Ladungsattribut dient dazu, jeder Ladung eine individuelle Information anzuhängen, die wiederum für die einzelnen Ladungen variieren kann. Das Anlegen eines Ladungsattributs erfolgt für alle Ladungen. Innerhalb des Quellcodes kann dann auf das Attribut der einzelnen Ladungen zugegriffen werden.

Zunächst wird das Ladungsattribut *A_time* definiert und die aktuelle Simulationszeit zum Zeitpunkt der Bestellung gespeichert. Sobald die Ladung an dem Abholpunkt angekommen ist, wird von der aktuellen Simulationszeit *A_time* subtrahiert, um die Aufenthaltsdauer zu bestimmen.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Loads“ auswählen und neben der Load Attributes Auswahlliste „New“ anklicken.

Schritt 2: Das Ladungsattribut *A_time* benennen, als „Type“ aus der Dropdown-Liste „Time“ auswählen und mit „OK“ bestätigen.

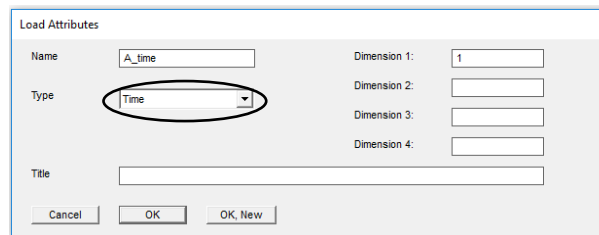


Abbildung 6.8: Das „Load Attributes“ Fenster

Um den Getränkedurchsatz zu messen, wird in einem nächsten Schritt eine Variable **V_drinks** angelegt. Auf die Inhalte von Variablen kann durch alle Ladungen zugegriffen werden, daher ist es sinnvoll, Daten, die das Gesamtsystem betreffen, in Variablen zu speichern und ladungsspezifische Informationen in Ladungsattributen.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Variables“ auswählen und „New“ anklicken.

Schritt 2: Die Variable **V_drinks** benennen und mit „OK“ bestätigen.

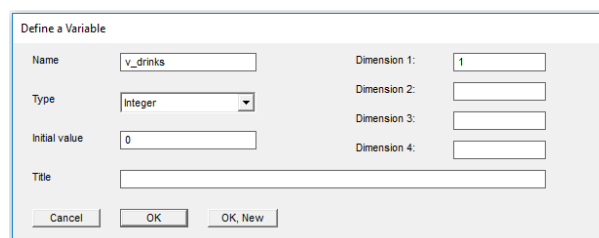


Abbildung 6.9: Das „Define A Variable“ Fenster

Nachdem ein Ladungsattribut zur Messung der Zeit sowie eine Variable für die Messung des Durchsatzes der Getränke definiert wurden, werden die notwendigen Änderungen im Quellcode vorgenommen, um die gewünschten Messungen durchzuführen.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Source Files“ auswählen und „logic.m“ öffnen.

Schritt 2: Folgende Änderungen der Prozeduren vornehmen:


```

begin P_enterconv arriving procedure
set A_time to ac          /*Dem Attribut wird die aktuelle Simulationszeit
                           zugewiesen */
if procindex = 1 then
begin
  use R_barkeeper1 for uniform 30, 10 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird
                                           für 20-40 Sekunden gebunden */
  move into conv.sta_in1 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
end
else
begin
  use R_barkeeper2 for uniform 20, 5 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird
                                           für 15-20 Sekunden gebunden */
  move into conv.sta_in2 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
end

  send to P_travel        /* Die Ladung wird in den Prozess P_travel geschickt */
end

begin P_travel arriving procedure

  travel to conv.sta_out  /* Die Ladung wird von sta_in1 zu sta_out befördert */
  move into Q_drinks      /* Die Ladung gelangt vom Förderband auf den Pufferplatz */
  set A_time to ac - A_time /* Dem Attribut wird die Zeitdifferenz zwischen Bestellung
                           und Ankunft am Abholpunkt zugewiesen*/
  print this load "Zeit bis zur Bereitstellung: " A_time to message
                           /* Die Zeit bis zur Bereitstellung der Getränke wird im
                           Message Fenster ausgegeben */
  inc V_drinks by 1       /* Der Wert der Variablen wird um 1 erhöht */
  wait for normal 60, 5 sec /* Zeitliche Verzögerung der Ladung */
  send to die             /* Die Ladung verlässt die Simulation */
end

```

6.7. Hinzufügen von Simulationskontrollabschnitten

Simulationskontrollabschnitte dienen unter anderem dazu, die Simulation zeitlich zu begrenzen. Zudem ist es möglich, verschiedene Abschnitte (*Snap*s) zu definieren, um z.B. Statistiken für bestimmte Zeitintervalle zu erstellen. Diese stehen im Anschluss an die Simulation in der Datei „biergarten.report“ im Modellverzeichnis zur Verfügung. Im Folgenden wird die Simulation auf eine Dauer von 8 Stunden begrenzt, die in 2 gleiche Abschnitte unterteilt ist.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Run Control“ auswählen und „New“ anklicken.

Schritt 2: Im „Define Snap Control“ Fenster eine „Snap Length“ von 4 Stunden einstellen und „Number of Snaps“ auf 2 setzen.

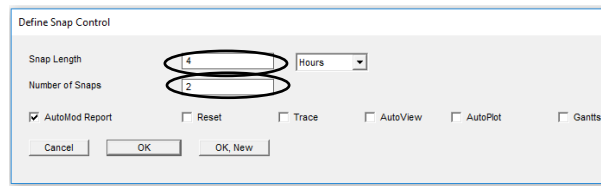


Abbildung 6.10: Das „Define Snap Control“ Fenster

Schritt 3: Die Eingaben mit „OK“ bestätigen.

6.8. Zusammenfassung

Nachdem in diesem Kapitel die Förderabschnitte inklusive der Stationen für den Transport der nichtalkoholischen Getränke integriert wurden, wurde zudem der zweite Barkeeper modelliert. Um ein Zusammenstoßen der Getränke auf der entstandenen Kreuzung zu verhindern, musste ein Kollisionsschutz hinzugefügt werden. Im Anschluss an das Erstellen der benötigten Elemente wurden diese mittels des Anpassens der Systemlogik in die Simulation integriert. Abschließend erfolgte eine Einführung in die Benutzung von Ladungsattributen und Variablen sowie Simulationskontrollabschnitten zur Ermittlung von wichtigen Kennzahlen. Die Auswertung dieser und weiterer automatisch erstellter Statistiken ist Inhalt des nächsten Kapitels.

7. Statistische Auswertungen

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Betrachtung der automatisch erstellten Statistiken für Ressourcen, Pufferplätze und Prozesse
- Betrachtung der Report-Datei
- Auswertung der Variablen und Ladungsattribute

7.1. Betrachtung der automatisch erstellten Statistiken für Ressourcen, Pufferplätze und Prozesse

Während der Simulation werden von AutoMod bezüglich der verwendeten Elemente automatisch Statistiken generiert. Diese werden während der Simulation durchgehend aktualisiert und lassen sich zu jedem Zeitpunkt betrachten.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „Run“ den Unterpunkt „Run Model“ auswählen, um die Simulationsumgebung zu öffnen.

Schritt 2: Unter dem Menüpunkt „Control“ den Unterpunkt „Set Alarm...“ auswählen (oder: „STRG+a“) und den Wert „4 Stunden“ eintragen, um die Simulation nach 4 Stunden automatisch zu pausieren.

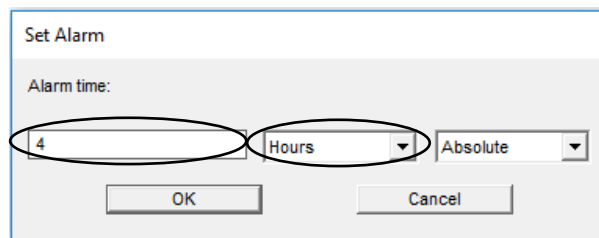


Abbildung 7.1: Das „Set Alarm“ Fenster

Schritt 3: Mittels der Taste „p“ die Simulation starten. Mittels des Unterpunktes „Turn off Animate“ unter den Menüpunkt „Control“ (oder: „g“) lässt sich die Animation an- bzw. ausschalten.

Schritt 4: Im Anschluss an das automatische Stoppen der Simulation nach 4 Stunden unter dem Menüpunkt „View“ den Unterpunkt „Reports...“ auswählen.

Schritt 5: Im „Report“ Fenster das gewünschte Element auswählen, um die zugehörige Statistik anzeigen zu lassen.

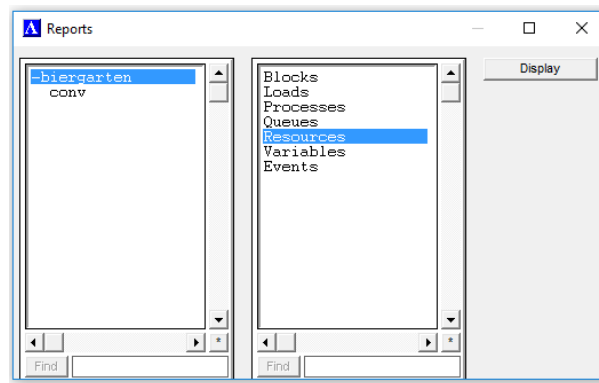


Abbildung 7.2: Report auswählen

Die Statistik der Barkeeper (Ressourcen) zeigt, das insgesamt 79 Biere gezapft sowie 47 nichtalkoholische Getränke eingeschenkt wurden (siehe „Total“). Die Spalte „Cur“ lässt erkennen, dass zum aktuellen Zeitpunkt keiner der Barkeeper beschäftigt ist, d.h. dass keine Kapazitäten der Ressourcen gebunden sind. Die durchschnittlich gebundene Kapazität des ersten Barkeepers betrug 0.17, des zweiten Barkeepers 0.07 („Average“). In der Spalte „Capacity“ ist die maximale Kapazität der Ressourcen aufgelistet, wohingegen „Max“ anzeigt, wie viele dieser Kapazitäten maximal gleichzeitig gebunden wurden. Dementsprechend gibt „Min“ die Mindestanzahl der gebundenen Kapazitäten an. Die durchschnittliche Auslastung der Barkeeper ist in der Spalte „Util“ zu finden. „Av_Time“ gibt die durchschnittliche Zapf- bzw. Einschenkdauer der Barkeeper an, während „Av_Wait“ die Zeitspanne zwischen dem Eingang der Bestellung und ihrer Bearbeitung widerspiegelt. Der „Status“ zeigt an, ob die Ressource verfügbar ist. Dabei wird zwischen „Up“ (verfügbar) oder „Down“ (nicht verfügbar) unterschieden, wodurch Störungen simuliert werden können. Dies sowie die Möglichkeit benutzerdefinierte Zustände (*States*) zu definieren wird innerhalb dieses Tutorials nicht weiter behandelt.

T	B	Name	Total	Cur	Average	Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait	Status	State
		R_barkeeper1	79	0	0.17	1	1	0	0.166	30.18	0.00	Up	----
		R_barkeeper2	47	0	0.07	1	1	0	0.067	20.54	0.00	Up	----

Abbildung 7.3: Das „Resources Report“ Fenster

In dem „Queues Report“ Fenster wird neben dem erstellten Pufferplatz *Q_drinks* ein weiterer Pufferplatz namens *Space* aufgeführt. Bei der Erstellung einer Ladeeinheit befindet diese sich zunächst auf diesem Pufferplatz. Erst durch die Ausführung einer *move* Anweisung wird der physische Aufenthaltsort der Ladeeinheit geändert. In dem erstellten Modell findet die erste *move* Anweisung bei dem Platzieren auf dem jeweiligen Förderabschnitt statt, d.h. die Ladeeinheit befindet sich während des Einschenkens bzw.

Zapfvorgangs auf dem Pufferplatz *Space*. Daher setzt sich die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 26.58 Sekunden aus der durchschnittlichen Bearbeitungsdauer der Barkeeper unter Berücksichtigung der jeweiligen Getränkeanzahl $\left(\frac{79 \times 30.18 \text{ sec} + 47 \times 20.54 \text{ sec}}{126}\right)$ zusammen. Abgesehen von den Spalten „Status“ und „State“ sind die Einträge analog der der Ressourcen.

T	B	Name	Total	Cur	Average	Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
		Q_drinks	126	0	0.53	Infinite	2	0	0.000	60.20	0.00
		Space	126	0	0.23	Infinite	2	0	0.000	26.58	0.00

Abbildung 7.4: Das „Queues Report“ Fenster

Da bis zu diesem Zeitpunkt des Tutorials innerhalb des Prozesses *P_enterconv* lediglich die Bearbeitung durch die Barkeeper erfolgt und dieser als Startprozess dient, ist die Statistik dieses Prozesses identisch mit der der Ressourcen. Die aufgeführten Spalten sind analog zu denen der Statistik der Pufferplätze.

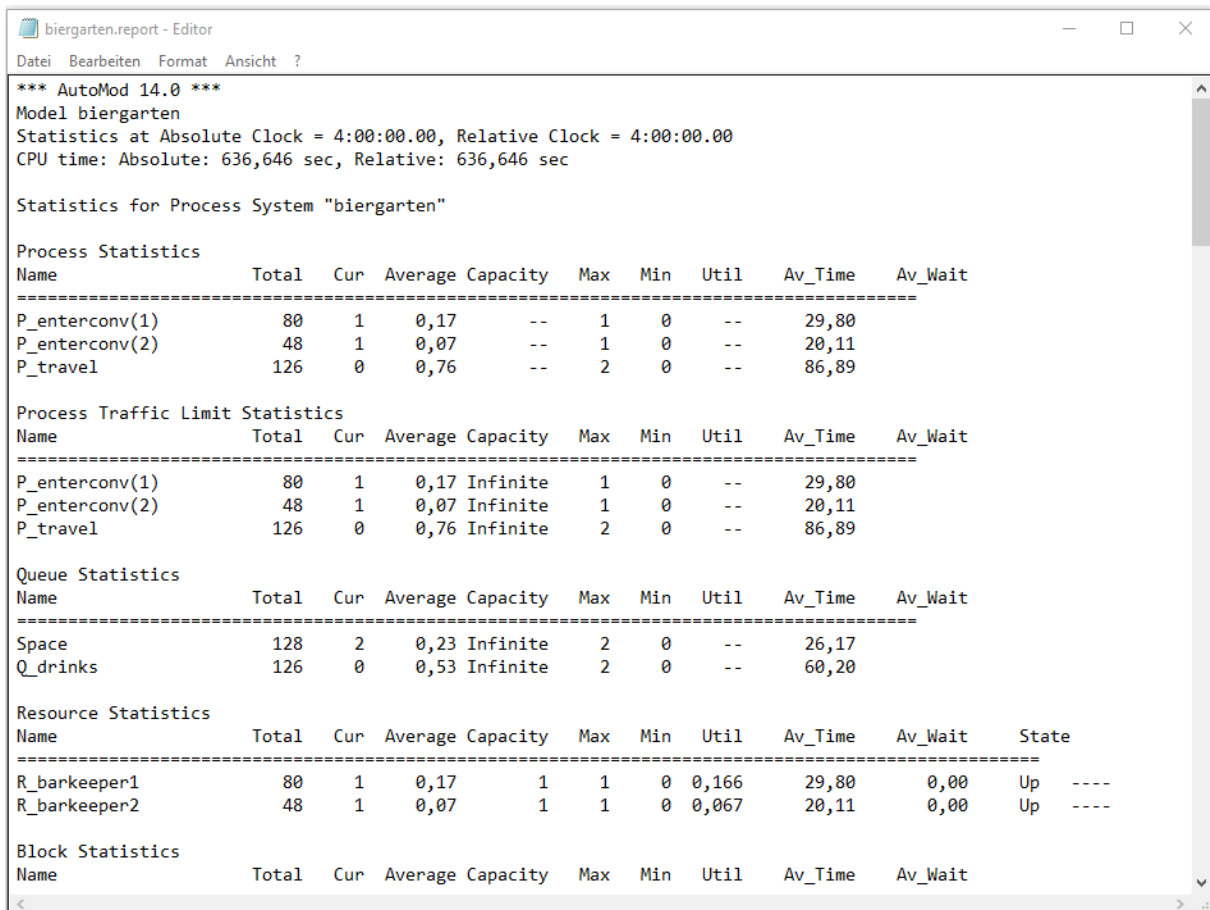
T	B	Name	Total	Cur	Average	Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
		P_enterconv(1)	79	0	0.17	Infinite	1	0	0.000	30.18	0.00
		P_enterconv(2)	47	0	0.07	Infinite	1	0	0.000	20.54	0.00
		P_travel	126	0	0.76	Infinite	2	0	0.000	86.93	0.00

Abbildung 7.5: Das „Processes Report“ Fenster

Neben den Statistiken bezüglich dieser Elemente werden noch diverse weitere von *AutoMod* zur Verfügung gestellt. Da die Statistiken während des Simulationsdurchlaufes aktualisiert werden, sind sie sehr hilfreich, um beispielsweise einen Überblick darüber zu gewinnen, wo sich die Ladeeinheiten zum aktuellen Zeitpunkt befinden.

7.2. Betrachtung der Report-Datei

Die Report-Datei „biergarten.report“ im Modellverzeichnis beinhaltet die Statistiken aller Simulationsabschnitte für alle Elemente des Modells. Die Erstellung erfolgt nach Ablauf der gesamten benutzerdefinierten Simulationszeit (hier: 8 Stunden) und dem Schließen der Simulationsumgebung.



*** AutoMod 14.0 ***
 Model biergarten
 Statistics at Absolute Clock = 4:00:00.00, Relative Clock = 4:00:00.00
 CPU time: Absolute: 636,646 sec, Relative: 636,646 sec

Statistics for Process System "biergarten"

Process Statistics

Name	Total	Cur	Average Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
P_enterconv(1)	80	1	0,17	--	1	0	--	29,80
P_enterconv(2)	48	1	0,07	--	1	0	--	20,11
P_travel	126	0	0,76	--	2	0	--	86,89

Process Traffic Limit Statistics

Name	Total	Cur	Average Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
P_enterconv(1)	80	1	0,17 Infinite	1	0	--	29,80	
P_enterconv(2)	48	1	0,07 Infinite	1	0	--	20,11	
P_travel	126	0	0,76 Infinite	2	0	--	86,89	

Queue Statistics

Name	Total	Cur	Average Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
Space	128	2	0,23 Infinite	2	0	--	26,17	
Q_drinks	126	0	0,53 Infinite	2	0	--	60,20	

Resource Statistics

Name	Total	Cur	Average Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait	State
R_barkeeper1	80	1	0,17	1	1	0 0,166	29,80	0,00	Up ----
R_barkeeper2	48	1	0,07	1	1	0 0,067	20,11	0,00	Up ----

Block Statistics

Name	Total	Cur	Average Capacity	Max	Min	Util	Av_Time	Av_Wait
------	-------	-----	------------------	-----	-----	------	---------	---------

Abbildung 7.6: Auszug aus der Report-Datei.

7.3. Auswertung der Variablen und Ladungsattribute

Die definierten Variablen lassen sich wie auch die anderen Reports jederzeit während der Simulation betrachten. Hierbei ist darauf zu achten, dass eine Aktualisierung der Werte dieser Elemente erst erfolgt, wenn die Simulation pausiert wird oder am Ende der Simulationszeit angelangt ist. Die Variablen werden allerdings nicht in der Report-Datei gelistet und lassen sich somit nur während der Simulation überprüfen.

Schritt 1: Simulationsumgebung öffnen.

Schritt 2: Unter dem Menüpunkt „View“ den Unterpunkt „Variables“ auswählen.

Schritt 3: Mittels der Taste „p“ die Simulation starten und nach einiger Zeit wieder pausieren, um die Wertänderung der Variablen zu verfolgen.

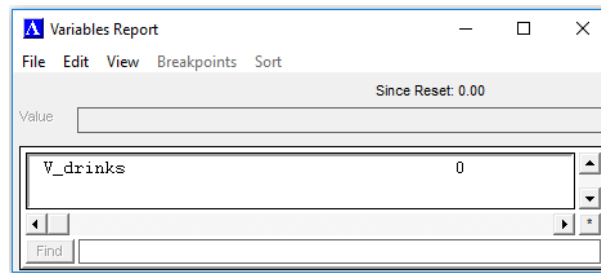


Abbildung 7.7: Das „Variables Report“ Fenster

Da die Ladungsattribute für jede Ladeeinheit einen individuellen Wert aufweisen, tauchen diese nicht in den allgemeinen Statistiken auf. Um sich diesen Wert für eine Ladeeinheit anzusehen, muss die Statistik der jeweiligen Ladeeinheit aufgerufen werden.

Schritt 1: In der Simulationsumgebung unter dem Menüpunkt „View“ den Unterpunkt „Loads“ auswählen, wodurch alle sich momentan im System befindlichen Ladeeinheiten angezeigt werden. Sollte sich zum aktuellen Zeitpunkt keine Ladeeinheit im System befinden, ist die angezeigte Liste leer.

Schritt 2: Die Simulation solange fortsetzen, bis sich eine oder mehrere Ladeeinheiten im System befinden (z.B. nach 4 Stunden und 1 Minute).

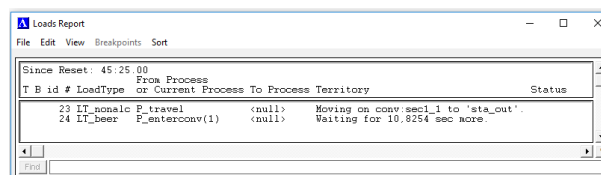


Abbildung 7.8: Das „Loads Report“ Fenster

Schritt 3: Eine Ladeeinheit aus der Liste auswählen und mittels eines Doppelklicks die zugehörige Statistik öffnen. Im unteren Teil des „Load \times Load Attributes“ Fensters werden die benutzerdefinierten Attribute mit ihrem aktuellen Wert angezeigt.

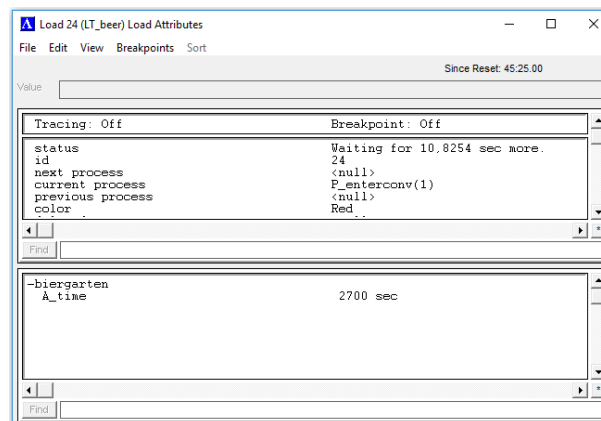


Abbildung 7.9: Das „Load 127 Load Attributes“ Fenster

7.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die von *AutoMod* automatisch zur Verfügung gestellten Statistiken näher betrachtet. Dabei wurden sowohl die elementspezifischen Statistiken inklusive der im Anschluss an die Simulation erstellte Report-Datei als auch die Überwachung von Variablen und benutzerdefinierten Ladungsattributen behandelt.

8. Modellerweiterung mittels eines Wegesystems

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Zeichnen von Förderwegen (*Paths*)
- Hinzufügen von Kontrollpunkten (*Control Points*)

8.1. Modellbeschreibung

In diesem Abschnitt werden die Wege der Kellner sowie Kontrollpunkte, die diese ansteuern können, hinzugefügt. Dazu wird ein Path Mover System verwendet.

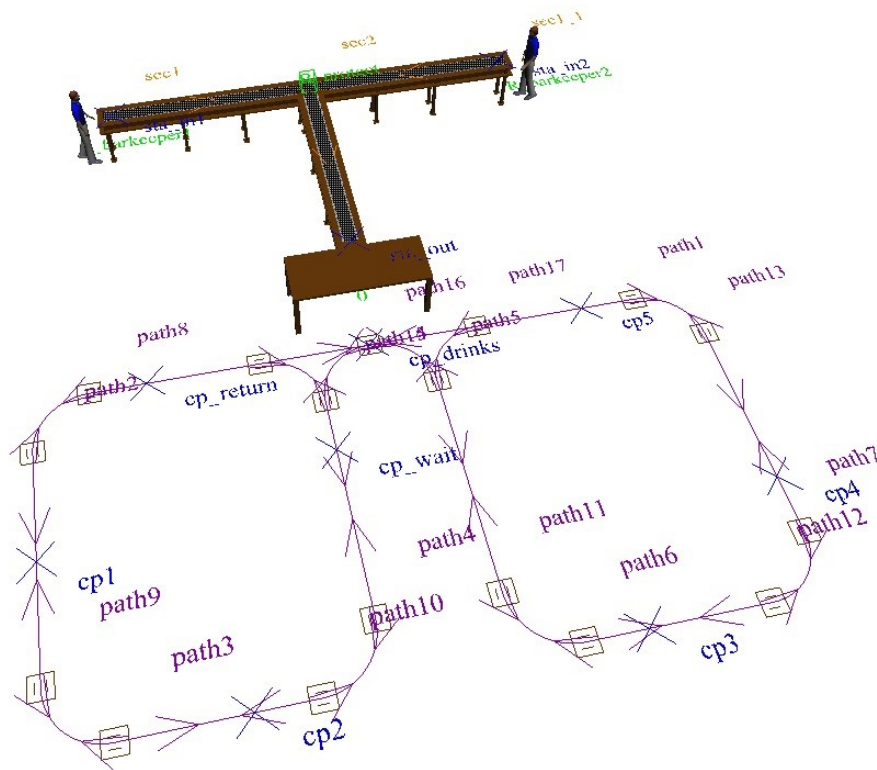


Abbildung 8.1: Modelllayout inkl. der Förderwege

8.2. Zeichnen von Förderwegen

Als erstes wird nun das benötigte Path Mover System erstellt:

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „New“ auswählen.

Schritt 2: Aus der Dropdown-Liste „Path Mover“ auswählen.

Schritt 3: Das System mit „**pm**“ benennen.

Hinweis: Groß- und Kleinschreibung bei der Benennung der Systeme und Elemente beachten!

Schritt 4: „Create“ anklicken, wodurch sich die Path Mover System-Palette öffnet.

Um die benötigten Wege leichter einzeichnen zu können, muss die Größe des Gitternetzes sowie die Linien des Gitternetzes angepasst werden.

Schritt 1: Das Ansichtswerkzeug auswählen und im „View Control“ Fenster „Set Limits“ anklicken.

Schritt 2: Die Werte für das Gitternetz der Abbildung entsprechend ändern und mit „OK“ bestätigen.

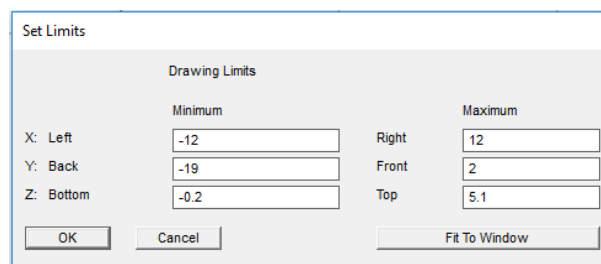


Abbildung 8.2: Einstellungen für das Gitternetz

Schritt 3: Das Gitternetzwerkzeug öffnen und den Abstand der Hilfslinien auf „1“ sowie den Abstand der Hauptlinien auf „5“ ändern.

Das Zeichnen von Förderwegen ist dem der Förderbänder sehr ähnlich.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Single Line“ auswählen.

Schritt 2: Da in diesem Tutorial Wege benötigt werden, auf denen das Personal in beide Richtungen laufen kann, muss die Schaltfläche „Attributes“ angeklickt und im „Guide Path“ Fenster der „Guide Path Type“ auf „Two Directional“ geändert werden.

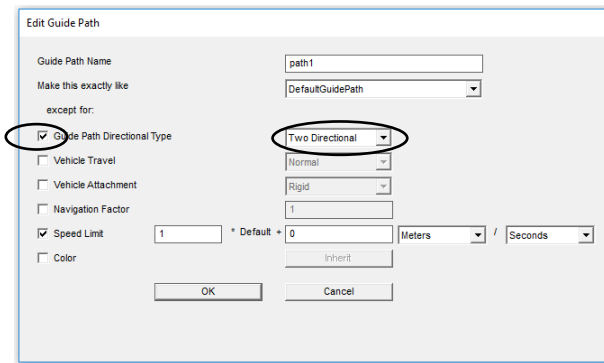


Abbildung 8.3: Das „Guide Path“ Fenster

Schritt 3: Die Wege entsprechend der Abbildung 8.4 einzeichnen. Da die Darstellung in *Automod* nicht sehr übersichtlich ist sind in den nächsten Abbildungen die einzelnen Objekte klarer dargestellt. Die Darstellung in *Automod* wird dann in Abbildung 8.8 gezeigt. Das Einzeichnen der Wege erfolgt analog dem Einzeichnen der Förderbandabschnitte.

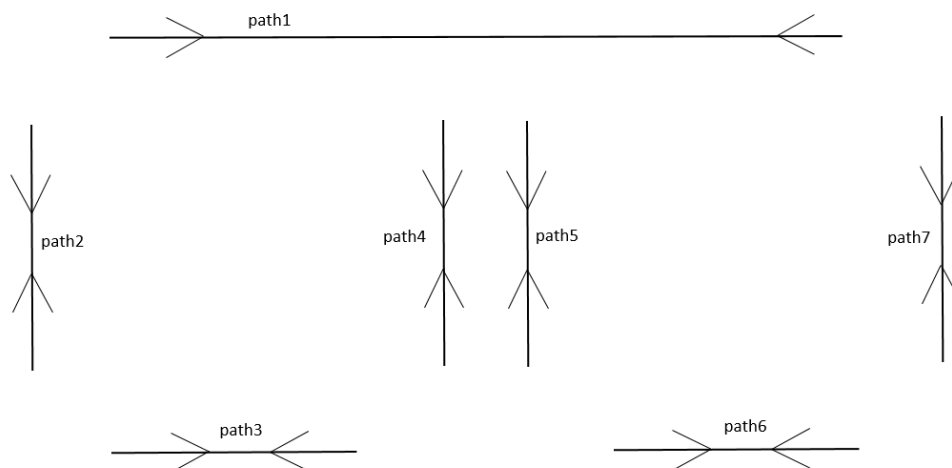


Abbildung 8.4: Layout der geraden Wegabschnitte

Nachdem die geraden Wege eingezeichnet wurden, müssen diese nun verbunden werden. Dazu wird die automatische Füllfunktion (*Fillet*) von *AutoMod* verwendet.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Fillet“ auswählen.

Schritt 2: Da die Füllfunktion zwei Pfade miteinander verbindet, die zwei gewünschten Pfade via Anklicken oder Kastenziehen selektieren. Beim Auswählen von **path1** und **path2** entsteht beispielsweise die in Abbildung 8.5 gezeigte Verbindung. Hinweis: Die „Trim“ Funktion verkürzt die Pfade, um diese mit einer Kurve mit dem angegebenen Radius passend zu verbinden. Durch den

Abstand der Pfade zueinander ist eine Verkürzung hier nicht notwendig und daher ist es irrelevant, ob diese Funktion aktiviert ist.

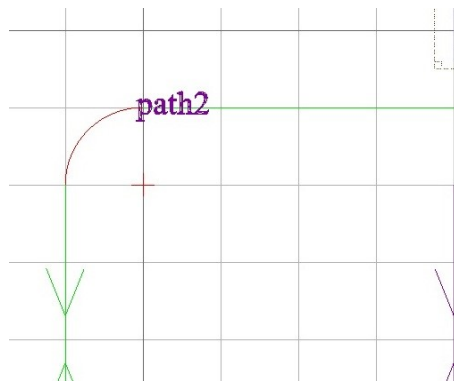


Abbildung 8.5: Automatische Verbindung zwischen path1 und path2

Schritt 3: Die Wege entsprechend der Abbildung 8.6 verbinden.

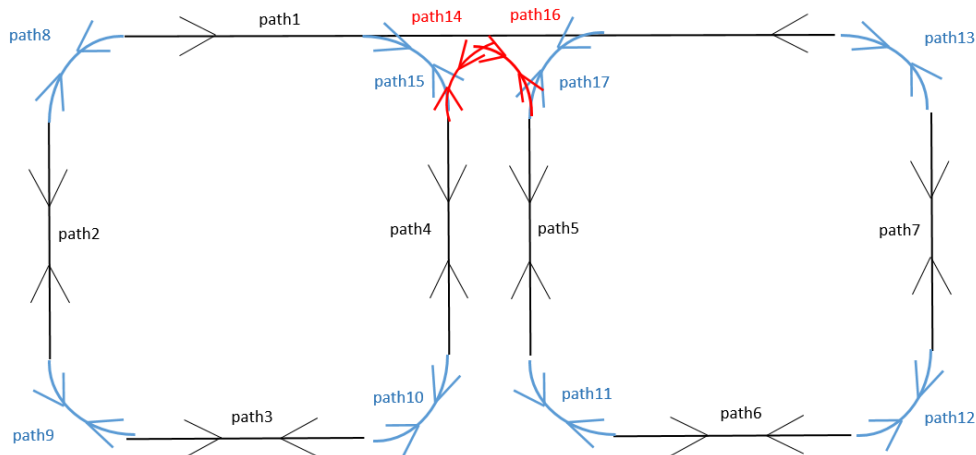


Abbildung 8.6: Layout des Path Mover Systems inkl. der Füllpfade

8.3. Hinzufügen von Kontrollpunkten

Um Anlaufpunkte für die Kellner abzubilden, werden als nächstes Kontrollpunkte gesetzt. Dies erfolgt analog zum Setzen der Stationen im Conveyor System

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Control Point“ auswählen.

Schritt 2: Die Kontrollpunkte entsprechend der Abbildung 8.7 platzieren.

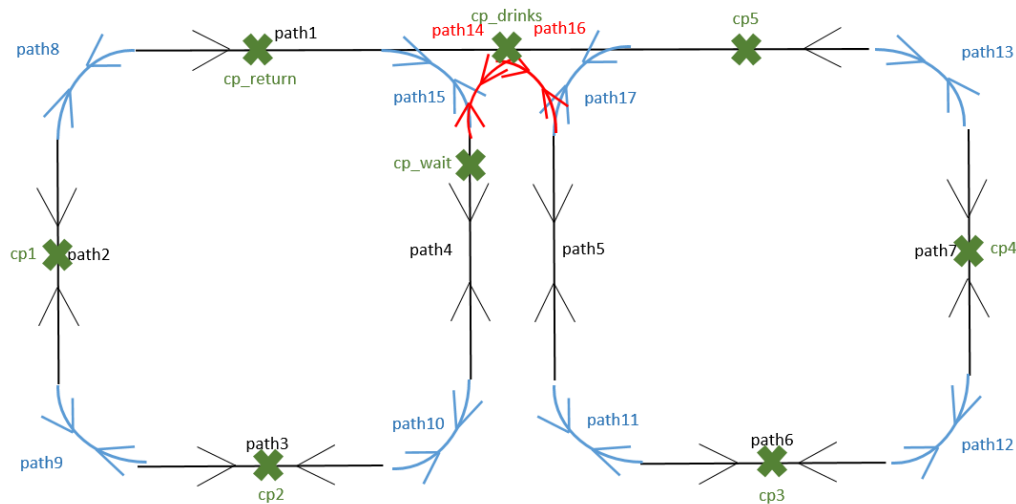


Abbildung 8.7: Layout des Path Mover Systems inkl. der Kontrollpunkte

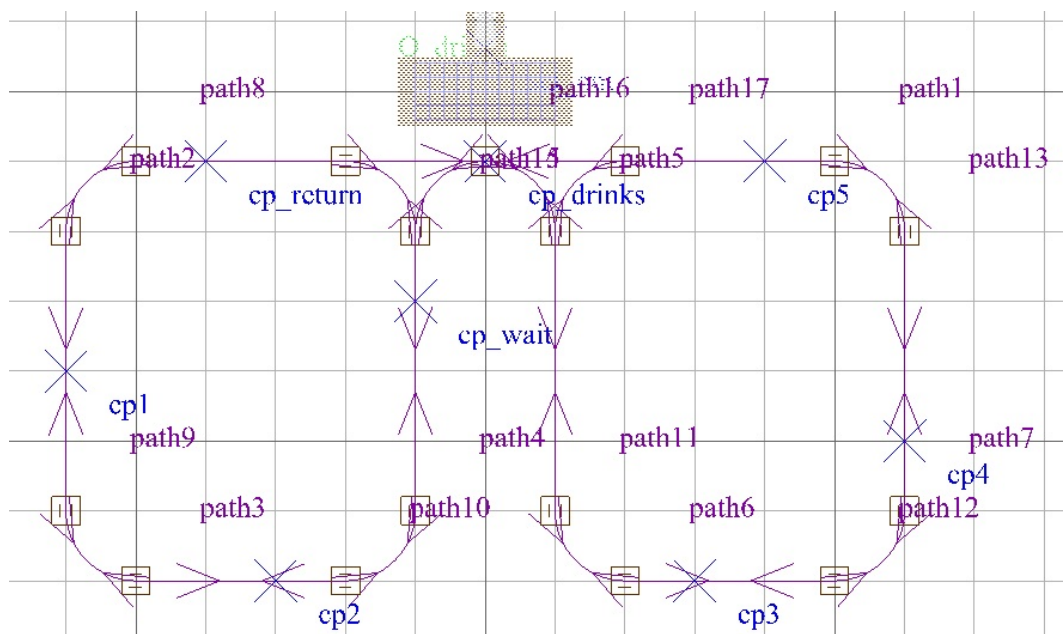


Abbildung 8.8: Layout in der Automod-Ansicht

8.4. Sonstige Systemeinstellungen

Die Benutzung der gleichen Pfade durch die Kellner kann dazu führen, dass diese sich gegenseitig behindern. Ist dies der Fall wird von *AutoMod* eine Kollisionswarnung im „Message“ Fenster ausgegeben und das Laufverhalten der Kellner wird verfälscht. Daher sollte dies unterbunden werden. Zudem muss eine weitere Einstellung geändert werden, damit sich die Kellner drehen und nicht rückwärtslaufen.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „System“ den Unterpunkt „Default...“ auswählen.

Schritt 2: Im „Path Mover Defaults“ Fenster das Häkchen neben „Accumulate between control points“ entfernen, um die Kollisionsproblematik zu beheben.

Schritt 3: Für „Maximum Rotation Angle“ den Wert „180“ eintragen, damit um das Rückwärtslaufen zu unterbinden.

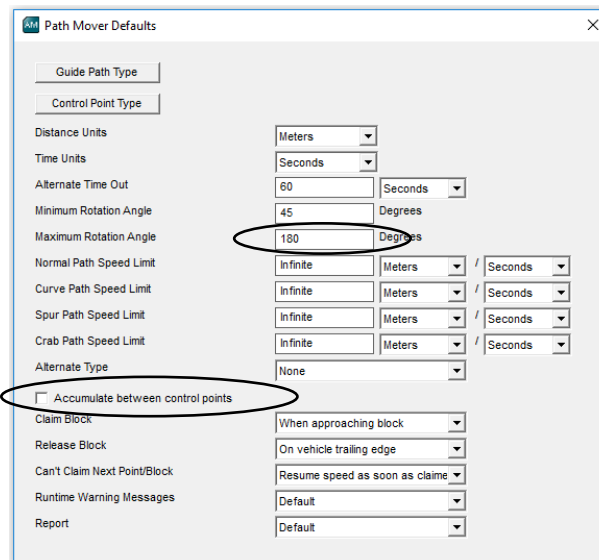


Abbildung 8.9: Das „Path Mover Defaults“ Fenster

Innerhalb der Simulation laufen die Kellner weiterhin durcheinander durch, behindern sich allerdings nicht mehr gegenseitig.

Da die voreingestellte Drehgeschwindigkeit zu niedrig ist, muss diese angepasst werden.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Vehicle“ auswählen.

Schritt 2: „DefVehicle“ auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 3: „Default“ aus der „Specifications by Load Type“ Liste auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 4: Für „Rotation Velocity“ den Wert „90“ eintragen, womit ein Kellner für eine 180° Drehung 2 Sekunden benötigt und mit „OK“ bestätigen.

8.5. Zusammenfassung

Innerhalb dieses Kapitels wurden die Laufwege für die Kellner im Biergarten modelliert. Dazu wurden zunächst die geraden Wege eingezeichnet und im Anschluss automatisch verbunden. Zudem wurden Kontrollpunkte hinzugefügt, welche als Anlaufpunkte für die Kellner dienen.

9. Steuerung der Kellner

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Erstellen der Kellner
- Verwaltung der Auftragslisten

9.1. Erstellen der Kellner

Um die Getränke vom Abholpunkt zu den einzelnen Tischen zu transportieren, werden Fahrzeuge (*Vehicles*) angelegt, die als Kellner dienen. Zudem wird den Kellnern eine passende Grafik zugewiesen.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Vehicle“ auswählen.

Schritt 2: „DefVehicle“ aus der Auswahlliste auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 3: Im „Edit A Vehicle Definition“ Fenster „Number of Vehicles“ auf 2 ändern, um 2 Kellner zu erstellen.

Als nächstes wird die Grafik der Kellner angepasst.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Segment“ auswählen und dann auf „Edit“ und in dem neuen Fenster auf „Edit Graphic“ klicken.

Schritt 2: Aus der Dropdown-Liste „Import“ auswählen, die mitgelieferte „waiter.cel“ einlesen und beliebig im Modell platzieren.

Schritt 3: Die Größe der Grafik auf „0.03“ ändern und mittels „Done“ bestätigen. Hinweis: Für den nächsten Schritt wird die Grafik benötigt, deshalb die Grafik nicht mittels „Hide“ ausblenden.

Damit die Kellner in der Lage sind, mehr als ein Getränk gleichzeitig auf ihrem Tablett zu transportieren, muss die Kapazität des *Segments* geändert werden. Zusätzlich wird ein Container angelegt, um die Getränke nebeneinander auf dem Tablett anzuordnen.

Schritt 1: Im „Edit A Segment Definition“ Fenster für „Segment Capacity(Loads)“ den Wert „4“ eintragen.

Schritt 2: Neben der Containerauswahlliste die Schaltfläche „New“ anklicken.

Schritt 3: Im „Edit A Container Definition“ Fenster für „Dimension 1“ sowie „Dimension 2“ den Wert „2“ eintragen.

Schritt 4: Unter „Relative Picture“ den Eintrag „TCF“ auswählen und mittels „Done“ bestätigen.

Schritt 5: Aus der Containerauswahlliste „Container1“ auswählen und „Edit Graphic“ anklicken.

Schritt 6: Den Z-Wert unter „Translate“ auf „0“ ändern und zweimal mit „Done“ bestätigen.

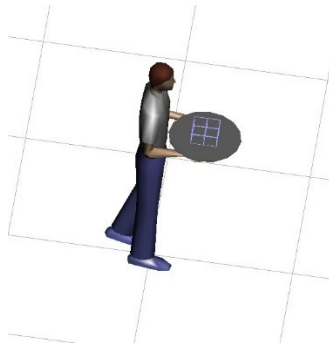


Abbildung 9.1: Kellner inkl. Container für die Getränke

9.2. Verwaltung der Auftragslisten

Nachdem die Kellner erstellt und die Grafik dieser eingefügt wurde, müssen ihnen nun die anstehenden Aufgaben zugeordnet werden. Diese geschieht unter Verwendung verschiedener Listen.

Im ersten Schritt wird eine sogenannte „Named List“ erstellt, um den Kellnern einen Startpunkt zuweisen zu können.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Named List“ auswählen.

Schritt 2: „New“ anklicken, die Liste mit **start** benennen und mit „Create“ bestätigen.

Schritt 3: Im „Edit Named List“ aus der „Location Selection List“ Auswahlliste den Kontrollpunkt **cp_wait** auswählen und zu der „List Items“ Liste hinzufügen. Anschließend die Eingaben mit „Done“ bestätigen.

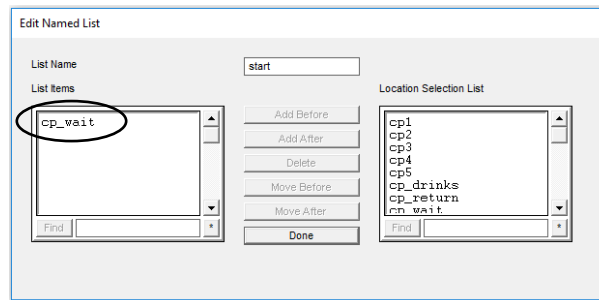


Abbildung 9.2: Das „Edit Named List“ Fenster

Schritt 4: Aus der Path Mover System-Palette „Vehicle“ auswählen.

Schritt 5: In dem „Vehicles“ Fenster „Edit“ anklicken.

Schritt 6: Die „Vehicle Start List“ Schaltfläche (momentan: „Random“) anklicken und aus der Auswahlliste die „Named List“ **start** auswählen.

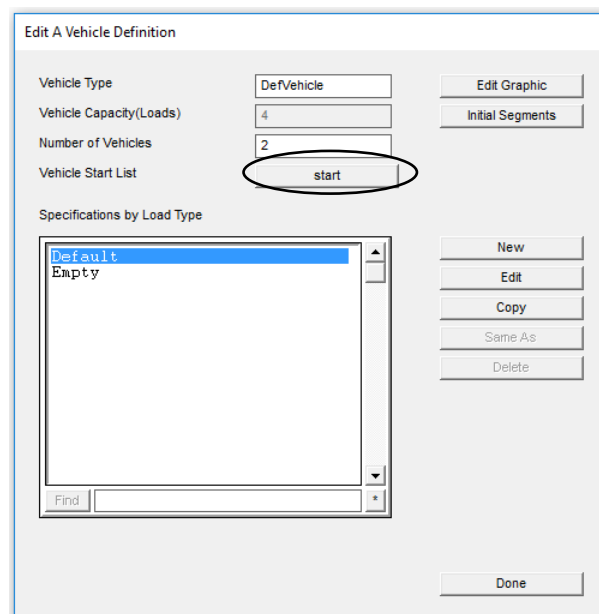


Abbildung 9.3: Das „Edit A Vehicle Definition“ Fenster

Nachdem der Startpunkt für die Kellner festgesetzt wurde, werden nun die Arbeitslisten (*Work List*) erstellt, damit die Kellner wissen, an welchen Kontrollpunkten Aufgaben anstehen könnten.

Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Work List“ auswählen.

Schritt 2: „New“ anklicken, den Kontrollpunkt **cp1** auswählen und anschließend mittels „New“ bestätigen. Somit kann eine Liste erstellt werden, die diejenigen

Punkte enthält, an denen von **cp1** aus nach anstehenden Aufgaben gesucht wird.

Schritt 3: „Add Before“ bzw. „Add After“ auswählen. Da die Auswahlliste noch keine Einträge beinhaltet, ist es irrelevant welche der beiden Schaltflächen genutzt wird. Nach der Auswahl im „Add Work List Locations“ **All** auswählen, damit die Kellner an allen Kontrollpunkten nach Aufgaben suchen und „Add“ anklicken. Im Anschluss mit „Done“ bestätigen.

Schritt 4: Da die Kellner von allen Kontrollpunkten aus nach anstehenden Aufgaben suchen sollen, wird die „Work List“ von **cp1** für die restlichen Kontrollpunkte kopiert. Hierzu aus der Auswahlliste **cp1** auswählen und „Same As“ anklicken.

Schritt 5: Im „Same As Work List“ Fenster einen Kontrollpunkt auswählen und „Same As“ anklicken.

Schritt 6: Schritt 4 und Schritt 5 solange wiederholen, bis für alle Kontrollpunkte eine Work List existiert.

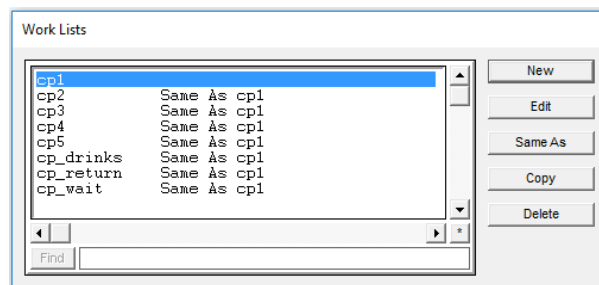


Abbildung 9.4: Das „Work Lists“ Fenster

Hinweis: Bei der Benutzung der „Same As“ Funktion sind die Listen identisch mit der Ursprungsliste. Wird diese geändert, werden somit alle zugehörigen Listen ebenfalls modifiziert. Bei der Verwendung von „Copy“ dagegen wirkt sich eine Änderung der Ursprungsliste nicht auf die anderen Listen aus.

Als letztes kann noch eine Warteposition der Kellner festgelegt werden, zu der sie zurückkehren, falls keine weiteren Aufgaben anstehen. Hat ein Kellner an diesem Kontrollpunkt seine Aufgabe erledigt, durchsucht er zunächst die entsprechende „Work List“ nach Aufgaben. Stehen keine weiteren Aufgaben an, durchsucht er die zu dem aktuellen Kontrollpunkt gehörige „Park List“. Daher muss für jeden Kontrollpunkt, an dem der Kellner Getränke bzw. leere Gläser abgeben kann eine „Park List“ erstellt werden.

- Schritt 1: Aus der Path Mover System-Palette „Park List“ auswählen.
- Schritt 2: „New“ anklicken, einen Kontrollpunkt auswählen und „New“ anklicken.
- Schritt 3: „Add Before“ oder „Add After“ anklicken, `cp_wait` auswählen und „Add“ anklicken.
- Schritt 4: Für die übrigen Kontrollpunkte die Liste wie bereits für die „Work Lists“ mittels „Same As“ erstellen.

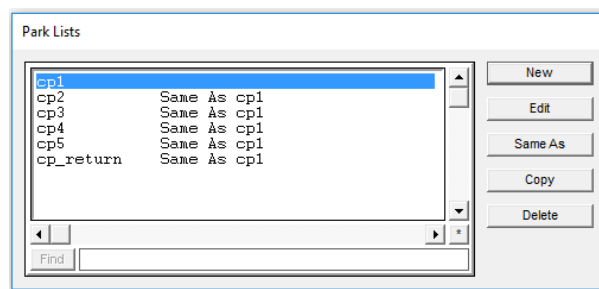


Abbildung 9.5: Das „Park Lists“ Fenster

9.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Steuerung der Kellner integriert. Dazu wurde ein Startpunkt festgelegt, Arbeitslisten und Parklisten erstellt.

10. Vervollständigen der Systemlogik

Was in diesem Kapitel beschrieben wird:

- Einbinden der Kellner in den Quellcode
- Definieren von Elementen mittels des Quellcodes

10.1. Einbinden der Kellner in den Quellcode

Um die Kellner nutzen zu können, müssen diese in den Quellcode integriert werden. Dazu ist die Einführung einiger neuer Anweisungen nötig:

- `create`:
Die `create`-Anweisung dient zur Erstellung einer neuen Ladung. Hierbei müssen der gewünschte Ladungstyp sowie der Zielprozess angegeben werden.
- `nextof`:
Innerhalb der `nextof`-Anweisung können verschiedene Werte angegeben werden. Es wird nacheinander immer der nächste Wert zurückgegeben. Auf den letzten angegebenen Wert folgt wieder der erste usw. Beispielsweise wird mittels der Anweisung `nextof(a,b,c)` zunächst der Wert `a` zurückgegeben. Wird diese Anweisung abermals aufgerufen, wird der Wert `b`, dann der Wert `c` und daraufhin wieder der Wert `a` zurückgegeben. Dabei muss diese Anweisung nicht von derselben Ladung aufgerufen werden, allein die Anzahl der bisherigen Aufrufe ist entscheidend.
- `clone`:
Die `clone`-Anweisung dient zur Erstellung einer Kopie der aufrufenden Ladung inklusive aller ihrer Eigenschaften und Attributwerte. Hierbei kann ein neuer Ladungstyp für die geklonte Ladung angegeben werden, der Zielprozess dagegen muss festgelegt werden.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Source Files“ auswählen und „logic.m“ öffnen.

Schritt 2: Folgende Änderungen der Prozeduren vornehmen:

```

/*****
Die model initialization function wird einmalig
vor dem Start der Simulation aufgerufen.
*****/
begin model initialization function

    create 5 loads of LT_init to P_start /* Anstatt mit der Load Creation zu arbeiten, wird
                                         nun innerhalb dieser Funktion für jeden Tisch
                                         eine Startladung vom Ladungstypen LT_init
                                         erzeugt */

    return 0 /* Eine Funktion muss stets einen Wert zurückgeben. Da dieser hier nicht
              benötigt wird, kann ein beliebiger Wert verwendet werden (hier: 0) */

end /* of model initialization function */

/*****
Innerhalb dieser Prozedur werden drei verschiedene
Ladungsattribute (A_table, A_deliver_loc, A_table_loc
zur Identifikation des Zieltisches zugewiesen.
Zusätzlich wird der Getränktyp mittels eines
Attributes gespeichert (A_type).
Da zu Beginn der Simulation jeder Gast ein Getränk
erhalten soll, wird innerhalb einer Schleife je nach
Anzahl der Personen an den jeweiligen Tisch ein Getränk
mit den zugehörigen Attributwerten in den Prozess
P_enterconv geklont.
*****/
begin P_start arriving procedure

    set A_table to nextof (1,2,3,4,5) /* Der Startladung wird mittels eines Attributes die
                                         Tischnummer zugewiesen */
    set V_customers to nextof (3,4,2,2,4) /* In der Variablen wird die Anzahl der Personen an
                                         den Tischen gespeichert */
    set A_deliver_loc to nextof (pm.cp1,pm.cp2,pm.cp3,pm.cp4,pm.cp5) /* In dem Attribut wird die Anfahrposition
                                         des jeweiligen Tisches innerhalb des
                                         Path Mover Systems gespeichert */

    set i = 1 /* Zählvariable für die folgende Schleife */
    while i <= V_customers do /* Die Schleife wird für jede Person an dem jeweiligen Tisch durchlaufen */
    begin
        if A_table = 1 then set A_table_loc to Q_table1(i) /* In dem Attribut wird der Zielpufferplatz
                                                             auf dem jeweiligen Tisch gespeichert */
        else if A_table = 2 then set A_table_loc to Q_table2(i)
        else if A_table = 3 then set A_table_loc to Q_table3(i)
        else if A_table = 4 then set A_table_loc to Q_table4(i)
        else if A_table = 5 then set A_table_loc to Q_table5(i)
        set A_type to nextof ("beer", "nonalc", "beer") /* Das Attribut erhält als Wert den
                                                         Ladungstypen */
        if A_type = "beer" then clone 1 load to P_enterconv(1) /* Entsprechend des Ladungstypen wird eine Ladung
                                                                in den Prozess P_enterconv geklont */
        else clone 1 load to P_enterconv(2)
        set i to i + 1
    end /* of while i <= V_customers */
end /* of P_start arriving procedure */

/*****
In dieser Prozedur wird die Zeit des Getränkeeinschenkens
durch den jeweiligen Barkeeper sowie die Platzierung der
Ladung auf dem Förderband abgebildet.
*****/
begin P_enterconv arriving procedure

    set A_time to ac /* Dem Attribut wird die aktuelle Simulationszeit
                     zugewiesen */

    if proindex = 1 then
    begin
        set this load type to LT_beer /* Der Ladungstyp wird auf LT_beer geändert */
        use R_barkeeper1 for uniform 30, 10 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird für
                                                  20-40 Sekunden gebunden */
        move into conv.sta_in1 /* Die Ladung gelangt an sta_in1 auf das Förderband */
    end
    else
    begin
        set this load type to LT_nonalc /* Der Ladungstyp wird auf LT_nonalc geändert */
        use R_barkeeper2 for uniform 20, 5 sec /* Die Kapazität des Barkeepers wird für
                                                  15-25 Sekunden gebunden */
        move into conv.sta_in2 /* Die Ladung gelangt an sta_in2 auf das Förderband */
    end

    send to P_travel /* Die Ladung wird in den Prozess P_travel geschickt */

end /* of P_enterconv arriving procedure */

```



```

/*****
Innerhalb dieser Prozedur werden die Ladungen über das
Förderbandssystem zum Abholpunkt befördert.
*****/
begin P_travel arriving procedure

    travel to conv.sta_out      /* Die Ladung wird von sta_in1 zu sta_out befördert */
    move into Q_drinks          /* Die Ladung gelangt vom Förderband auf den Pufferplatz */
    set A_time to ac - A_time   /* Dem Attribut wird die Zeitdifferenz zwischen Bestellung
                                und Ankunft am Abholpunkt zugewiesen */
    print this load "Zeit bis zur Bereitstellung: " A_time to message /* Die Zeit bis zur
                                Bereitstellung der Getränke wird im Message Fenster
                                ausgegeben */
    inc V_drinks by 1           /* Der Wert der Variablen wird um 1 erhöht */
    send to P_deliver           /* Die Ladung wird in den Prozess P_deliver geschickt */

end /* of P_travel arriving procedure */

/*****
In dieser Prozedur wird die Ladung von einem Kellner
zu dem entsprechenden Tisch befördert. Im Anschluss an
eine gewisse Verweildauer wird die Ladung zum Rückgabe-
punkt gebracht. Zum Zeitpunkt der Rückgabe wird eine
nächste identische Bestellung in Auftrag gegeben. Dazu
wird eine Ladung in die Prozedur P_enterconv geklont.
*****/
begin P_deliver arriving procedure

    move into pm.cp_drinks /* Durch die move Anweisung wird ein Kellner angefordert.
                                Die Anweisung gilt erst als ausgeführt sobald dieser
                                an dem Kontrollpunkt angelangt ist. Damit wechselt die
                                Ladung in das Path Mover System */
    travel to A_deliver_loc /* Die Ladung wird zu dem jeweiligen Tisch befördert */
    move into A_table_loc /* Die Ladung gelangt auf den passenden Pufferplatz */

    wait for uniform 25, 5 min /* Die Ladung verbleibt für 20 bis 30 Minuten
                                in dem Pufferplatz. Hierdurch wird das Trinken
                                des Getränkes abgebildet */
    if A_type = "beer" then set this load type to LT_beer_empty /* Der Ladungstyp wird auf LT_beer_empty geändert */
    else set this load type to LT_nonalc_empty /* Der Ladungstyp wird auf LT_nonalc_empty geändert */

    move into A_deliver_loc /* Die Ladung fordert einen Kellner an */
    travel to pm.cp_return /* Der Kellner befördert die Ladung zum Rückgabepunkt */
    if A_type = "beer" then clone 1 load to P_enterconv(1) /* Es wird entsprechend des Ladungstypes
                                                            eine neue Ladung in den Prozess
                                                            P_enterconv(1) bzw. P_enterconv(2)
                                                            geklont */
    else clone 1 load to P_enterconv(2)

    send to die /* Die Ladung verlässt die Simulation */

end /* of P_deliver arriving procedure */

```

10.2. Definieren von Elementen mittels des Quellcodes

Nachdem der Quellcode angepasst wurde und der Editor geschlossen wird, fordert *AutoMod* den Benutzer auf die unbekannten Elemente zu definieren. Dies ist nun der Fall, da nicht wie in den vorherigen Kapiteln alle verwendeten Elemente im Vorfeld deklariert worden sind.

Schritt 1: Zunächst aus der „Define as“ Dropdown-Liste den entsprechenden Elementtypen auswählen (hier für **LT_init**: Load Type).

Schritt 2: In der zu dem Element gehörigen Parametermaske, die sich automatisch durch Klicken auf „Define as“ öffnet, die entsprechenden Einstellungen vornehmen (hier müssen keine weiteren Einstellungen geändert werden, daher mit „OK“ bestätigen).

Schritt 3: Die übrigen Elemente entsprechend der Tabelle deklarieren.

Element	Typ	Zusätzliche Einstellungen
P_start	Process	---
A_table	Load Attribute	---
V_customers	Variable	---
A_deliver_loc	Load Attribute	Type: Location
i	Variable	---
A_table_loc	Load Attribute	Type: QueuePtr
Q_table1	Queue	Number of Queues: 3
Q_table2	Queue	Number of Queues: 4
Q_table3	Queue	Number of Queues: 2
Q_table4	Queue	Number of Queues: 2
Q_table5	Queue	Number of Queues: 4
A_type	Load Attribute	Type: String
P_deliver	Process	---
LT_beer_empty	Load Type	---
LT_nonalc_empty	Load Type	---

Tabelle 10.1: Einstellungen für die Elemente

Um die neu deklarierten Elemente vollständig nutzen zu können, müssen einige weitere Einstellungen vorgenommen werden.

Zunächst werden nun die neu deklarierten Pufferplätze platziert.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Queues“ auswählen, **Q_table1** aus der Auswahlliste auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Im „Edit A Queue“ Fenster „Edit Graphics“ anklicken.

Schritt 3: **Q_table1(1)** auswählen und mittels „Place“ die Grafik zunächst an einem beliebigen Platz im Modell platzieren.

Schritt 4: Die Einstellungen entsprechend der Abbildung 10.1 ändern

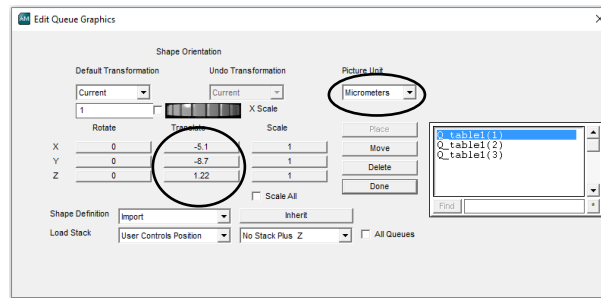


Abbildung 10.1: Einstellungen für den Pufferplatz `Q_table1(1)`

Schritt 5: Die übrigen Pufferplätze entsprechend der folgenden Tabelle platzieren. Dabei ebenfalls die „Picture Unit“ auf „Micrometers“ umstellen, damit die Grafik der Pufferplätze während der Simulation nicht sichtbar ist.

Element	Translate		
	X	Y	Z
<code>Q_table1(2)</code>	-4.7	-9	1.22
<code>Q_table1(3)</code>	-5	-9.3	1.22
<code>Q_table2(1)</code>	-3.3	-13	1.22
<code>Q_table2(2)</code>	-3.2	-13.3	1.22
<code>Q_table2(3)</code>	-2.7	-13.2	1.22
<code>Q_table2(4)</code>	-2.7	-12.8	1.22
<code>Q_table3(1)</code>	2.4	-11.1	1.22
<code>Q_table3(2)</code>	3	-11.3	1.22
<code>Q_table4(1)</code>	4.7	-9.6	1.22
<code>Q_table4(2)</code>	4.8	-9.2	1.22
<code>Q_table5(1)</code>	3.2	-6.8	1.22
<code>Q_table5(2)</code>	3.25	-7.1	1.22
<code>Q_table5(3)</code>	3.65	-7.1	1.22
<code>Q_table5(4)</code>	3.8	-6.3	1.22

Tabelle 10.2: Einstellungen der Pufferplätze

Desweiteren müssen die Grafiken für die neu erstellten Ladungstypen eingebunden werden, mit Ausnahme von `LT_init`, da für diesen Ladungstypen keine grafische Darstellung benötigt wird.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Loads“ auswählen, `LT_beer_empty` aus der Auswahlliste auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Im „Edit A LoadType“ Fenster „Edit Graphic“ anklicken.

Schritt 3: Die beigefügte „beerglas_empty.cel“ Datei importieren.

Schritt 4: Die Grafik platzieren, ihre Größe auf „0.03“ (mittels „Scale All“) ändern und anschließend „Hide“ anklicken.

Schritt 5: Schritte 1-4 für den Ladungstypen `LT_nonalc_empty` mit der entsprechenden „.cel“ Datei wiederholen.

Als letztes muss noch die anfangs erstellte Ladungserstellung gelöscht werden, da die Ladungsgenerierung nun mittels der „model initialization function“ innerhalb des Quellcodes ausgeführt wird.

Schritt 1: Aus der Process System-Palette „Loads“ auswählen, `LT_beer` auswählen und „Edit“ anklicken.

Schritt 2: Die vorhandene Ladungsgenerierung auswählen und „Delete“ anklicken.

Schritt 3: Schritt 1-2 für den Ladungstypen `LT_nonalc` wiederholen.

10.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde der Quellcode vervollständigt und mittels diesem neue Elemente deklariert, welche teilweise im Nachhinein noch weiter modifiziert wurden. Damit ist der logische Teil der Simulation abgeschlossen und es folgt lediglich eine weitere kosmetische Verfeinerung des Modells.

11. Einbinden eines grafischen Systems

Um die Simulation realistischer wirken zu lassen wurden zu diesem Tutorial zwei statische Systeme beigelegt, welche lediglich eingebunden werden müssen.

Schritt 1: Unter dem Menüpunkt „File“ den Unterpunkt „Insert...“ auswählen.

Schritt 2: Die beigelegte Datei „stat_env.sys“ auswählen.

Schritt 3: Schritt 1-2 für die Datei „stat_parasols.sys“ wiederholen.

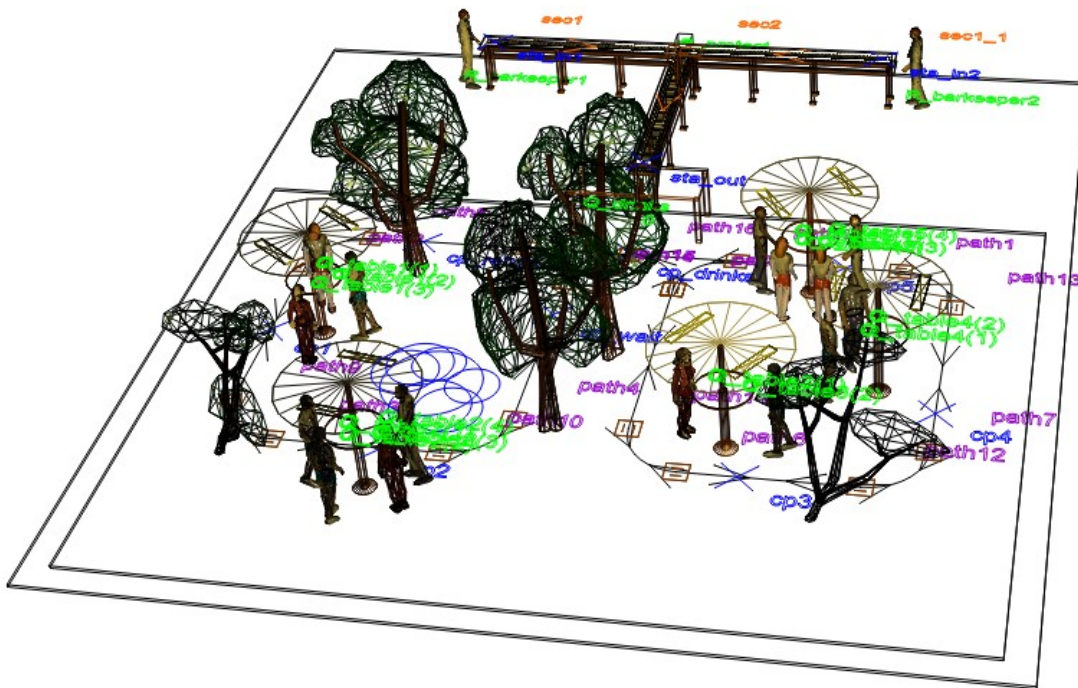


Abbildung 11.1: Finales Simulationslayout

12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Layout des Conveyor Systems	4
Abbildung 2.2: Arbeitsbereich	5
Abbildung 3.1: Modelllayout inklusive der ersten Förderabschnitte	9
Abbildung 3.2: Das „Conveyor-Defaults“ Fenster	10
Abbildung 3.3: Das „Edit Conveyor Section Type“ Fenster	10
Abbildung 3.4: Anpassen der Gitternetzlinien	11
Abbildung 3.5: Anzeigen des Koordinatenkreuzes	12
Abbildung 3.6: Zoomansicht des Gitternetzes	12
Abbildung 3.7: Das „Single Line Fenster“	13
Abbildung 3.8: Das „Measurement Window“ Fenster	13
Abbildung 3.9: Das „Section Edit“ Fenster	15
Abbildung 3.10: Layout der ersten zwei Förderabschnitte	15
Abbildung 3.11: Layout des vorläufigen Conveyor Systems inklusive Stations	16
Abbildung 3.12: Öffnen eines Prozess inkl. Zugehöriger Conveyor Systeme	17
Abbildung 3.13: Das „Define A Process“ Fenster	17
Abbildung 3.14: Das „Process“ Fenster	18
Abbildung 3.15: Das „Loads“ Fenster	18
Abbildung 3.16: Das „Define A Load Type“ Fenster	19
Abbildung 3.17: Das „Define A Creation Spec“ Fenster	19
Abbildung 3.18: Das „Edit LoadType Graphics“ Fenster	20
Abbildung 3.19: Die Simulationsumgebung	23
Abbildung 4.1: Das „View Control“ Fenster	25
Abbildung 4.2: Das „Set Limits“ Fenster	27
Abbildung 4.3: Das „Grid Control“ Fenster	28
Abbildung 4.4: Das „Display“ Fenster	29
Abbildung 5.1: Modelllayout inklusive Ressource und Pufferplatz	30
Abbildung 5.2: Das „Define A Resource“ Fenster	31
Abbildung 5.3: Das „Edit Resource Graphics“ Fenster	31
Abbildung 5.4: Das „Define A Queue“-Fenster	32
Abbildung 5.5: Das „Edit A Container Definition“ Fenster	33
Abbildung 5.6: Das „Define A Queue“ Fenster	33
Abbildung 6.1: Modelllayout des gesamten Förderbandsystems	36
Abbildung 6.2: Das „Copy“ Fenster	37
Abbildung 6.3: Das „Graphics Templates – Type“ Fenster	38
Abbildung 6.4: Änderungen im „Display“ Fenster	38
Abbildung 6.5: Änderungen im „Section Edit“ Fenster	39

Abbildung 6.6: Das „Station Edit“ Fenster	39
Abbildung 6.7: Das „Edit Block Graphics“ Fenster	41
Abbildung 6.8: Das „Load Attributes“ Fenster	44
Abbildung 6.9: Das „Define A Variable“ Fenster	44
Abbildung 6.10: Das „Define Snap Control“ Fenster	46
Abbildung 7.1: Das „Set Alarm“ Fenster	47
Abbildung 7.2: Report auswählen	48
Abbildung 7.3: Das „Resources Report“ Fenster	48
Abbildung 7.4: Das „Queues Report“ Fenster	49
Abbildung 7.5: Das „Processes Report“ Fenster	49
Abbildung 7.6: Auszug aus der Report-Datei.	50
Abbildung 7.7: Das „Variables Report“ Fenster	51
Abbildung 7.8: Das „Loads Report“ Fenster	51
Abbildung 7.9: Das „Load 127 Load Attributes“ Fenster	52
Abbildung 8.1: Modelllayout inkl. der Förderwege	53
Abbildung 8.2: Einstellungen für das Gitternetz	54
Abbildung 8.3: Das „Guide Path“ Fenster	55
Abbildung 8.4: Layout der geraden Wegabschnitte	55
Abbildung 8.5: Automatische Verbindung zwischen <code>path1</code> und <code>path2</code>	56
Abbildung 8.6: Layout des Path Mover Systems inkl. der Füllpfade	56
Abbildung 8.7: Layout des Path Mover Systems inkl. der Kontrollpunkte	57
Abbildung 8.8: Layout in der Automod-Ansicht	57
Abbildung 8.9: Das „Path Mover Defaults“ Fenster	58
Abbildung 9.1: Kellner inkl. Container für die Getränke	61
Abbildung 9.2: Das „Edit Named List“ Fenster	62
Abbildung 9.3: Das „Edit A Vehicle Definition“ Fenster	62
Abbildung 9.4: Das „Work Lists“ Fenster	63
Abbildung 9.5: Das „Park Lists“ Fenster	64
Abbildung 10.1: Einstellungen für den Pufferplatz <code>Q_table1(1)</code>	69
Abbildung 11.1: Finales Simulationslayout	71

13. Index

Ankunftsprozeduren.....	21, 33	move	22
Conveyor System	6	nextof	65
Drahtgittermodell	24	send	22
Entwicklungsumgebung	5	send to die.....	9
Fahrzeuge	60	travel	22
anlegen	60	Prozesse.....	9
Grafik.....	60	definieren	16
Förderbänder	9	Pufferplatz	30
Förderwege	53	Grafik.....	32
Füllfunktion.....	55	hinzufügen.....	32
Generierungslimit	19	Quellcodedatei	21
Gitternetz	25	bearbeiten	21
Kollisionsschutz	36	erstellen	21
Kollisionswarnung	57	Report-Datei	47
Kontrollpunkt	53	Ressource.....	30
Koordinatenkreuz	11	hinzufügen.....	30
Ladungen	6	Simulation	23
Ladungsattribute	36	Geschwindigkeit	24
Ladungserstellung	70	pausieren	23
Ladungsgrafik	20	starten	23
Ladungstypen	18	Simulationsfenster	23
Listen		Simulationskontrollabschnitte.....	36
Auftragslisten.....	60	Simulationsumgebung	5
Ereignislisten.....	22	Startprozess	41
Named List	61	Static Systems	6
Maussteuerung.....	5	Stationen	
model initialization function	70	platzieren	15
Movement Systems	6	Statistiken	45
Nachrichtenfenster	23	Statusfenster	23
Path Mover System.....	7	Variablen.....	36
Process System	6	Verteilung	
Programmcode		Gleichverteilung.....	34
arriving procedure	21	Normalverteilung	34
begin	21	Werkzeuge	
clone.....	65	Gitternetz	28
create	65	Messen.....	28