# Faster Food

Can Fast Food be faster?

**Modul**
System Modeling and Simulation

**Team**
Emanuel Duss
Philipp Koster
Filippo Pitrella
Michael Schefer

**Dozent**
Prof. Dr.-Ing. Andreas Rinkel

# Inhalt

1. Projektteam ..... 4
2. Ausgangslage ..... 4
3. Fragestellung und Ziele ..... 6
3.1. Ziele ..... 6
3.2. Key Performance Indikatoren ..... 6
3.3. „What If“-Questions: ..... 6
3.4. Optimierung ..... 6
3.5. Anforderungen an die Animation ..... 6
4. Modellbildung und Experimentierplan ..... 7
4.1. Modellierung der Ausgangslage und des Simulationsziels ..... 7
4.1.1. Aktivitätsdiagramm ..... 8
4.1.2. Sequenzdiagramm ..... 10
4.2. Isolierung und Abstraktion ..... 12
4.2.1. Kundenstrom ..... 12
4.2.2. Tagesverlauf ..... 12
4.2.3. Getränke ..... 12
4.2.4. Pommes Frites und McFlurry ..... 12
4.2.5. Wetter ..... 12
4.2.6. Verlust der Bestellnummer ..... 12
4.2.7. Vergessen der Bestellung ..... 12
4.2.8. Bearbeitung von Kundenreklamationen ..... 12
4.2.9. Bestellung von Produkten ..... 12
4.2.10. Ablehnungen von Bestellungen ..... 12
4.2.11. Bestellungen pro Kunde ..... 12
4.2.12. Kein Überholen an einer Kasse ..... 12
4.2.13. Verlassen der Warteschlange ..... 13
4.2.14. Mitarbeiter ..... 13
4.3. Generalisierung ..... 14
4.4. Eingangsdaten ..... 14
4.4.1. Produkte ..... 14
4.4.2. Haltbarkeit ..... 14
4.4.3. Kunden ..... 15
4.4.4. Kassen ..... 15
4.5. Testkriterien ..... 16
4.5.1. Anteil Produktebestellungen ..... 16

4.5.2. Anteil der Kundentypen ..... 16
4.5.3. Durchschnittliche Zubereitungszeit ..... 16
4.5.4. Durchschnittliche Bestellungszeit ..... 16
4.6. Szenarien ..... 16
4.7. Experimentierplan ..... 16
5. Umsetzung in Simio ..... 18
5.1. Umsetzung des Systems 1 ..... 18
5.2. Umsetzung des Systems 2 ..... 22
6. Ergebnisdarstellung ..... 23
6.1. Ergebnisse der Tests ..... 23
6.1.1. Anteil der Produktbestellungen ..... 23
6.1.2. Anteil der Kundentypen ..... 23
6.1.3. Durchschnittliche Zubereitungszeit ..... 23
6.1.4. Durchschnittliche Bestellzeit ..... 24
6.2. Beantwortung der What if Questions ..... 24
7. Optimierung ..... 29
8. Animation ..... 29
9. Schlusswort ..... 30
9.1. Willkommene Abwechslung (Non-IT) ..... 30
9.2. Planung & Umsetzung sehr interessant ..... 30
9.3. Realitätstreue zweifelhaft ..... 30
9.4. Zu wenig Know-How mit SIMIO ..... 30
9.5. Gemeinsames Arbeiten schwer ..... 30

# 1. Projektteam

Das Projektteam setzt sich aus folgenden vier Studenten zusammen:


- Emanuel Duss <eduss@hsr.ch>
- Philipp Koster <pkoster@hsr.ch>
- Michael Schefer <mschefer@hsr.ch>
- Filippo Pitrella <fpitrell@hsr.ch>


# 2. Ausgangslage

In einer klassischen McDonalds Filiale (System 1), wird der Kunde direkt vom Kassierer bedient. Das heisst, der Kunde gibt seine Bestellung auf und wartet solange an der Kasse, bis er die Bestellung erhält. Folgen in der Zwischenzeit weitere Kunden, so müssen sie an den anderen Kassen bedient werden oder hinten anstehen.

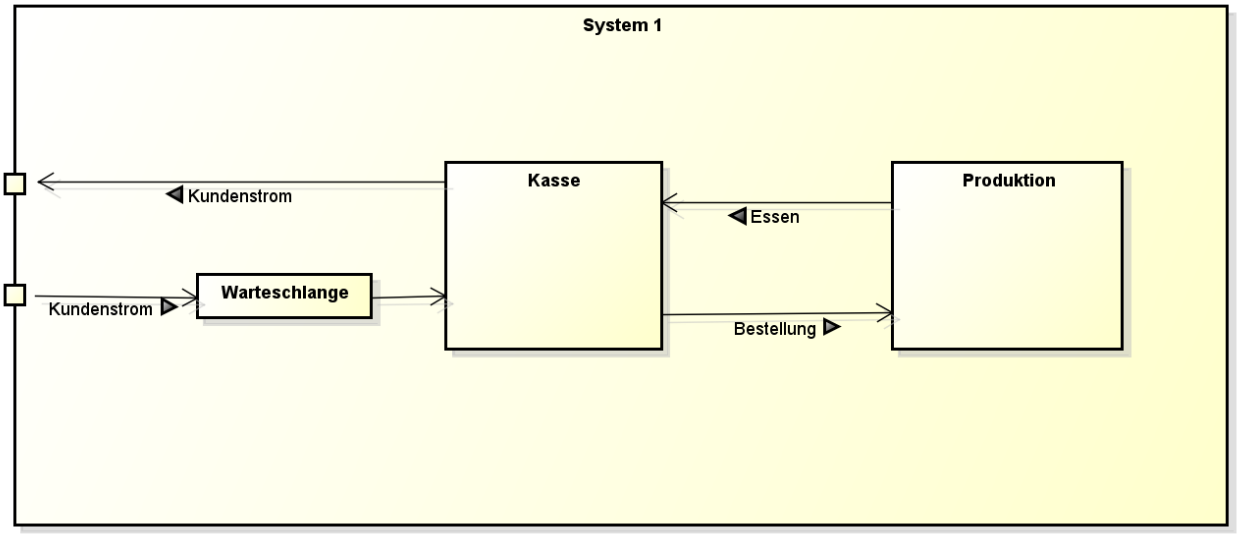


*Abbildung 1: System 1*

Alternativ gibt es Filialen (System 2), in denen der Kunde seine Bestellung beim Kassierer aufgibt und daraufhin eine Nummer erhält. Sobald der Kunde die Nummer erhalten hat, gibt dieser die Kasse wieder frei und der Kassierer kann den nächsten Kunden bedienen. Wenn die Bestellung fertig zubereitet und verpackt ist, wird die Nummer ausgerufen, woraufhin der jeweilige Kunde seine Bestellung abholen kann.

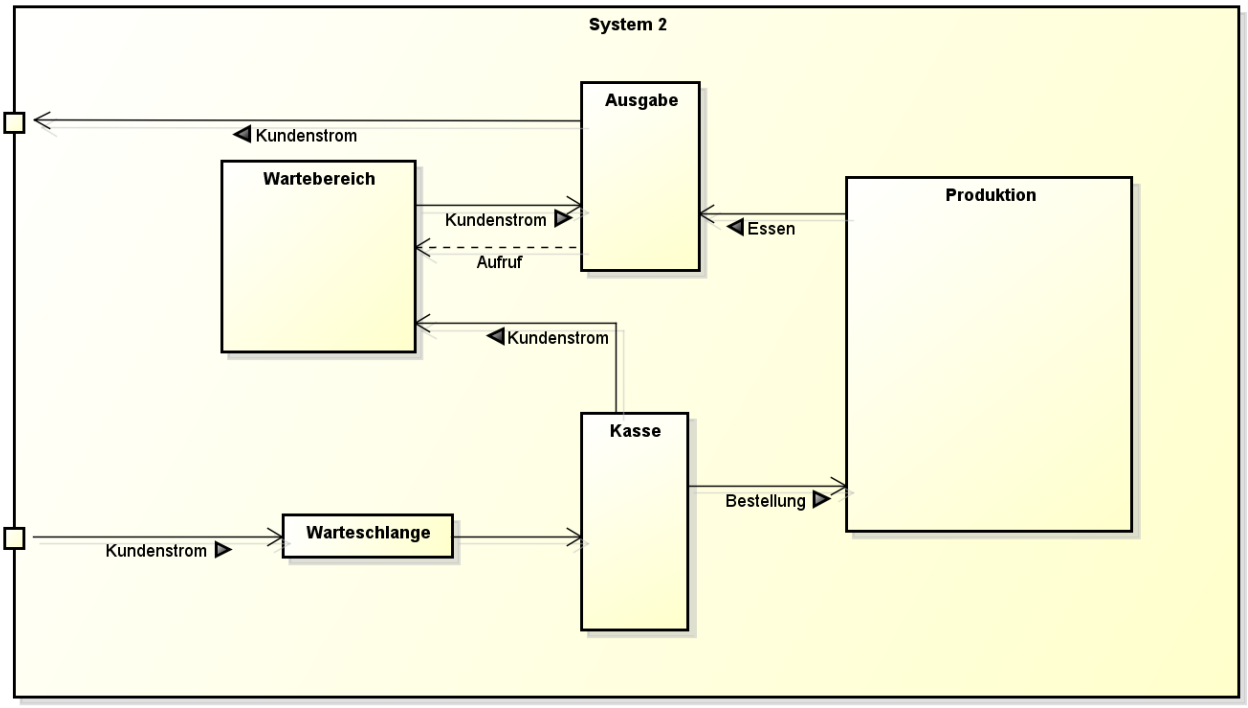


*Abbildung 2: System 2*

# 3. Fragestellung und Ziele

## 3.1. Ziele

Mit der Simulation möchten wir folgende Fragen beantworten können:

- Wie viele Kunden können maximal pro Stunde bedient werden?
- Wie lange ist die durchschnittliche Wartezeit eines Kunden?
- Wie viele Kassen werden noch benötigt?

## 3.2. Key Performance Indikatoren

An folgenden Kennzahlen lässt sich die Leistung des Betriebs messen:

- Auslastung der Produktionsmaschinen
- Auslastung der Kassensysteme
- Länge der Warteschlangen

## 3.3. „What If"-Questions:

Folgende What If Questions wollen wir mit einer Modellierung beantworten:

- Wie verändert sich der Durchsatz beim Wechsel von System 1 auf 2 (Welches System ist für den Kunden attraktiver, wo ist die Wartezeit kürzer?)
- Wie gross muss der Wartebereich sein, damit es funktioniert?
- Wie viel soll vorproduziert werden? Was hat das für eine Auswirkung auf die Wartezeit?
- Wie lange bleiben vorproduzierte Produkte liegen? Wann werden sie weggeworfen? Wie kann man das optimieren?
- Wie viele Kunden brauche ich um das System zu wechseln. (Welches System ist besser bei welcher Anzahl Kunden)

## 3.4. Optimierung

Folgende Grössen sollen optimiert werden:

- Kundendurchsatz
- Anzahl Kassen
- Anzahl vorproduzierte Produkte

## 3.5. Anforderungen an die Animation

Es werden zwei Animationen erstellt. Die erste Animation zeigt die Situation in System 1 (direktes Servieren der Produkte an der Kasse). Die zweite Animation zeigt die Situation in System 2 (Abgeben einer Bestellnummer).

Die Animation soll den Fluss der Kunden aufzeigen. Wichtig dabei sind die Anstehzeit am Schalter sowie die Wartezeit auf die Bestellung. Diese soll direkt in der Animation eingeblendet werden. Anzeigen, ob die Ressourcen arbeiten oder nicht arbeiten.

Die Animation soll so dargestellt werden, damit man die Filiale erkennt und die Wege der Personen geografisch nachvollziehbar sind.

# 4. Modellbildung und Experimentierplan

## 4.1. Modellierung der Ausgangslage und des Simulationsziels

Modelliert werden die Aufnahme der Bestellung, die Zubereitung des Menüs, sowie die Auslieferung an den Kunden. Die beiden Systeme werden dabei in Teilbereiche aufgeteilt.

Das System 1 besteht aus den Bereichen Eingang / Ausgang,  Kassen und Produktion. Ein Mitarbeiter an der Kasse ist zuständig für die Aufnahme und Bearbeitung einer Bestellung. Er stellt das Menü zusammen und bereitet Getränke sowie Pommes Frites vor. Die Produktion ist für die Zubereitung der Burger zuständig. Der Kunde wartet an der Kasse bis seine Bestellung abgearbeitet ist.

Das System 2 besteht aus den Bereichen Eingang / Ausgang, Kassen, Produktion, Wartebereich und Ausgabe. Der Kassierer ist hier nur noch für die Aufnahme der Bestellung verantwortlich. Das Zusammenstellen des Menüs sowie die Zubereitung von Getränken und Pommes Frites werden von den Mitarbeitern der Ausgabe übernommen. Die Aufgabe der Produktion ist gleich wie in System 1. Der Kunde wartet nach Aufgabe der Bestellung im Wartebereich, bis er sein Essen bei der Ausgabe abholen kann.

### 4.1.1. Aktivitätsdiagramm

**System 1:** Die Kunden betreten das Restaurant und bestellen nach dem Warten an der Kasse ihr Menü. Nach dem Zahlen wartet der Kunde an der Kasse bis er das Menü erhält. Ein möglicher Ablauf wird im folgenden Aktivitätsdiagramm visualisiert:

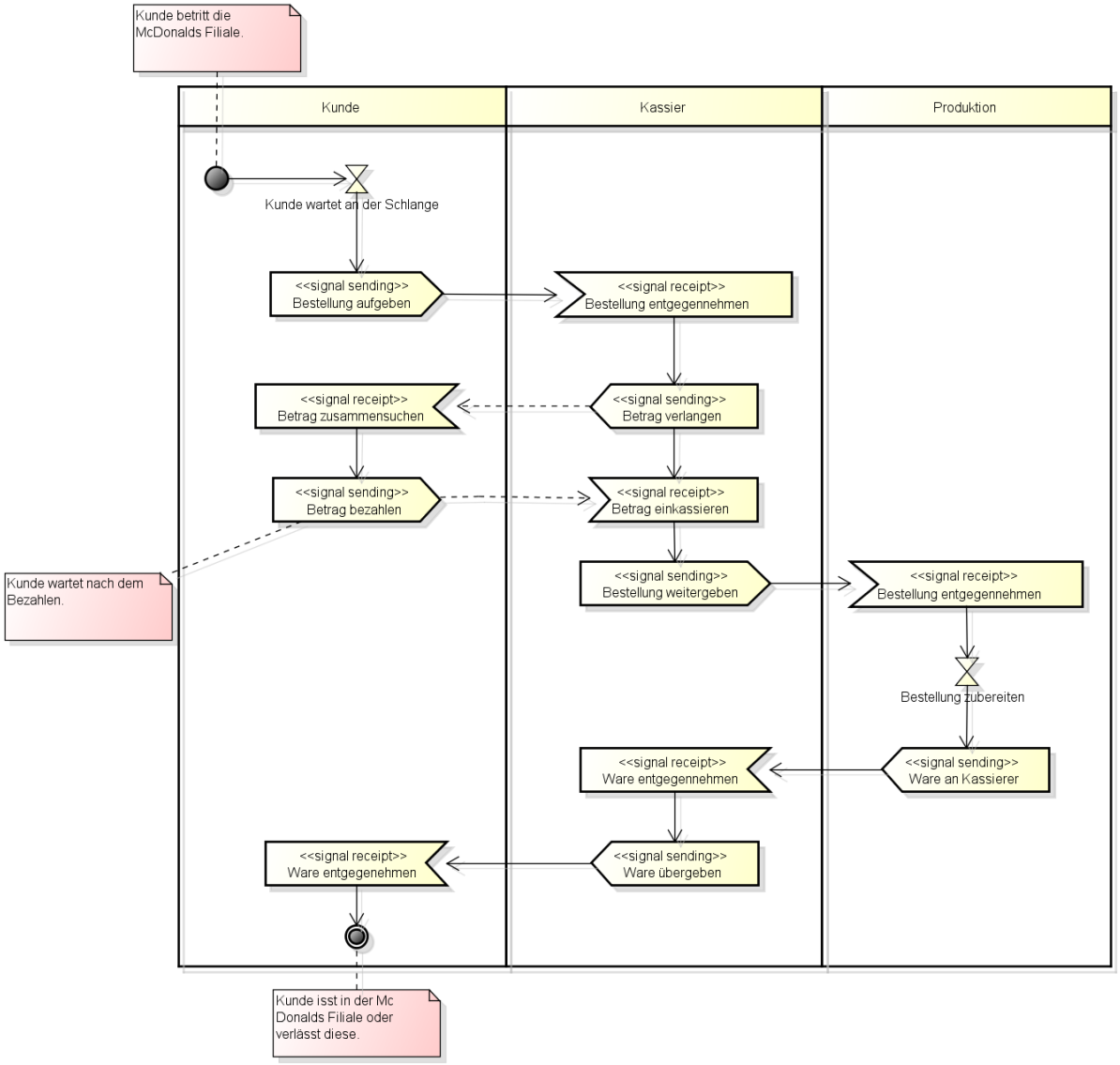


*Abbildung 3: Aktivitätsdiagramm System 1*

**System 2:** Hier wartet der Kunde nicht mehr an der Kasse, bis er das Menü erhält, sondern erhält umgehend nach der Zahlung einen Bon. Mit diesem Bon kann der Kunde, sobald die entsprechende Nummer aufleuchtet, die Bestellung abholen. Ein möglicher Ablauft wird in folgendem Aktivitätsdiagramm visualisiert:

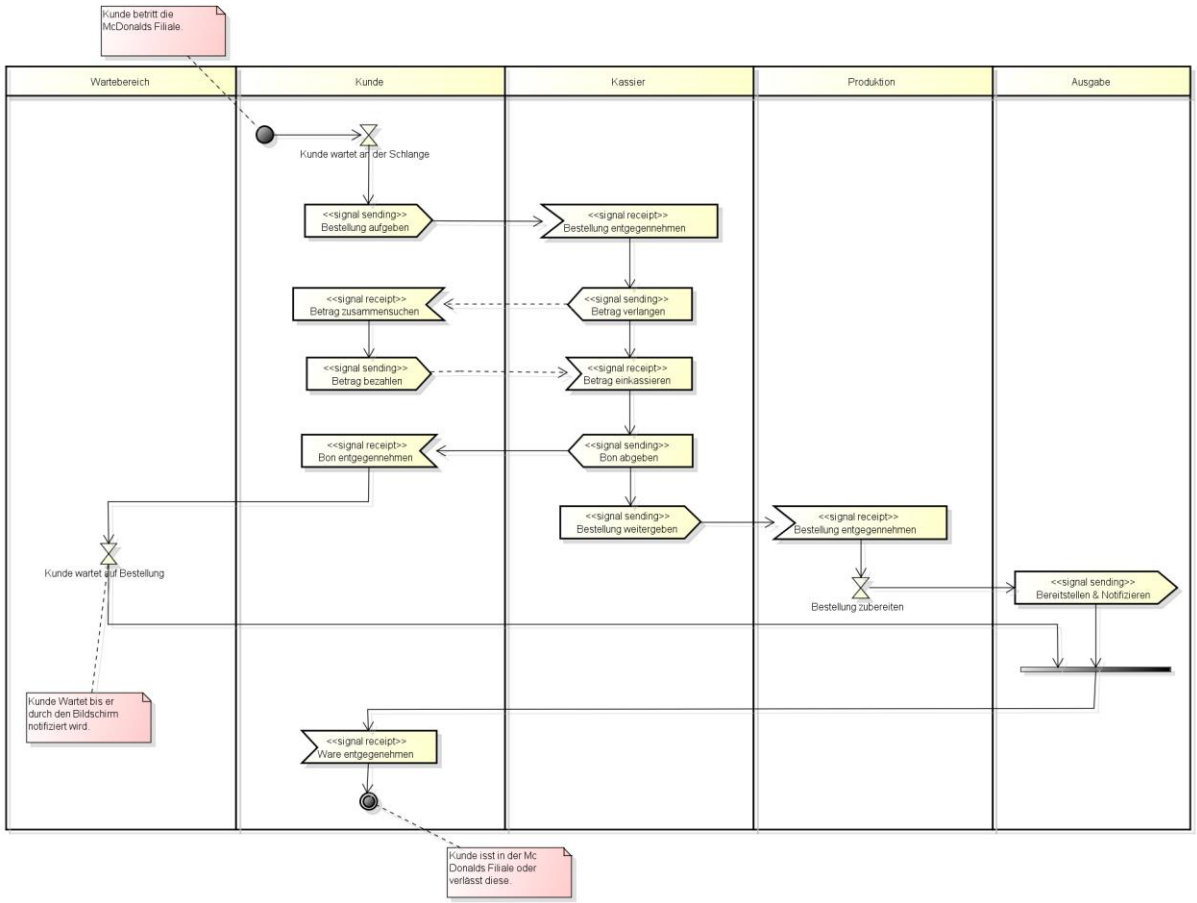


*Abbildung 4: Aktivitätsdiagramm System 2*

### 4.1.2. Sequenzdiagramm

Die Unterschiede der beiden Bestellvorgänge nach System 1 und System 2 können sehr gut mit einem Sequenzdiagramm visualisiert werden:

In System 1 gibt die Bedienung das Menü direkt dem Kunden ab:

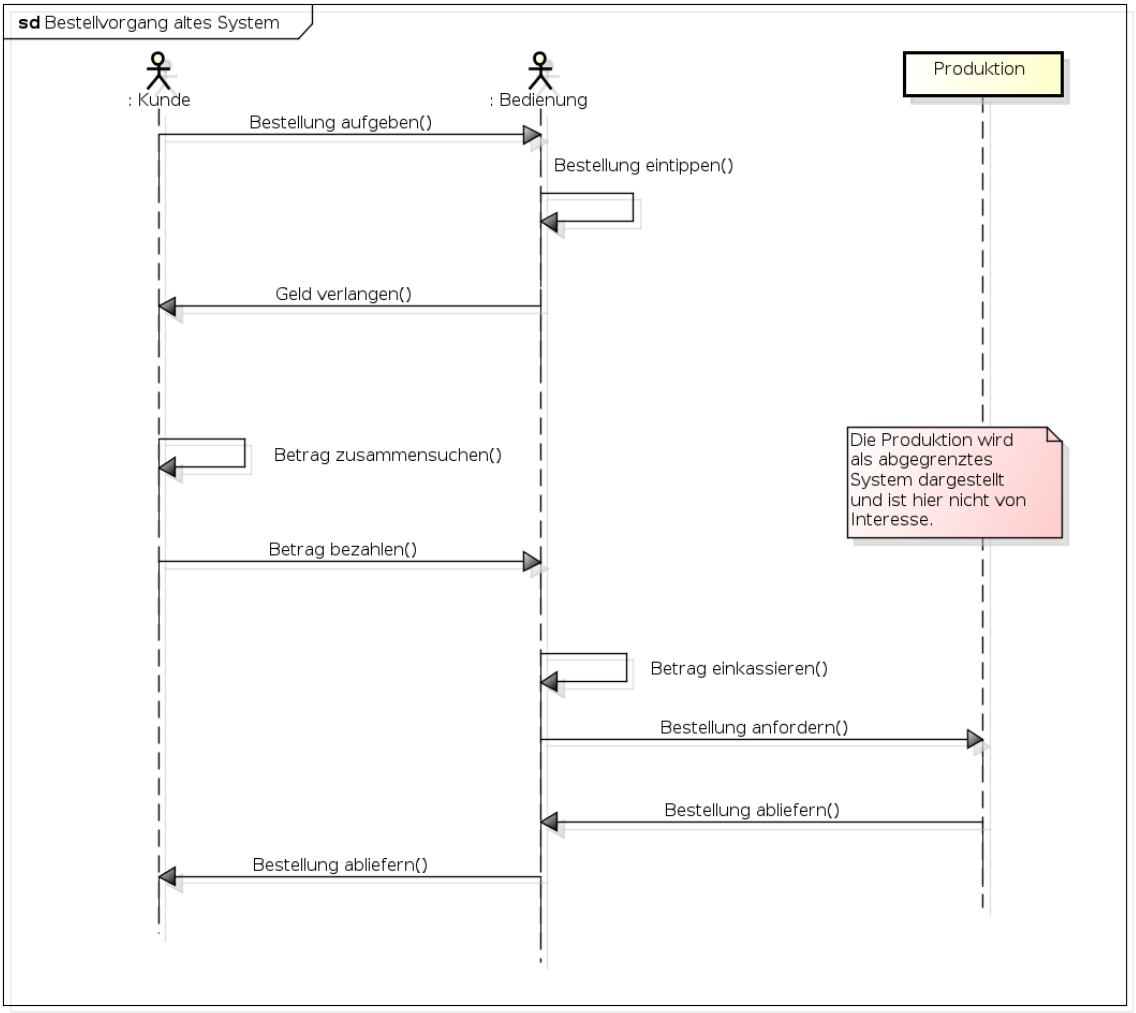


*Abbildung 5: Sequenzdiagramm System 1*

In System 2 wartet der Kunde nicht an der Kasse, sondern im Wartebereich und holt sich die Bestellung am Schalter ab:

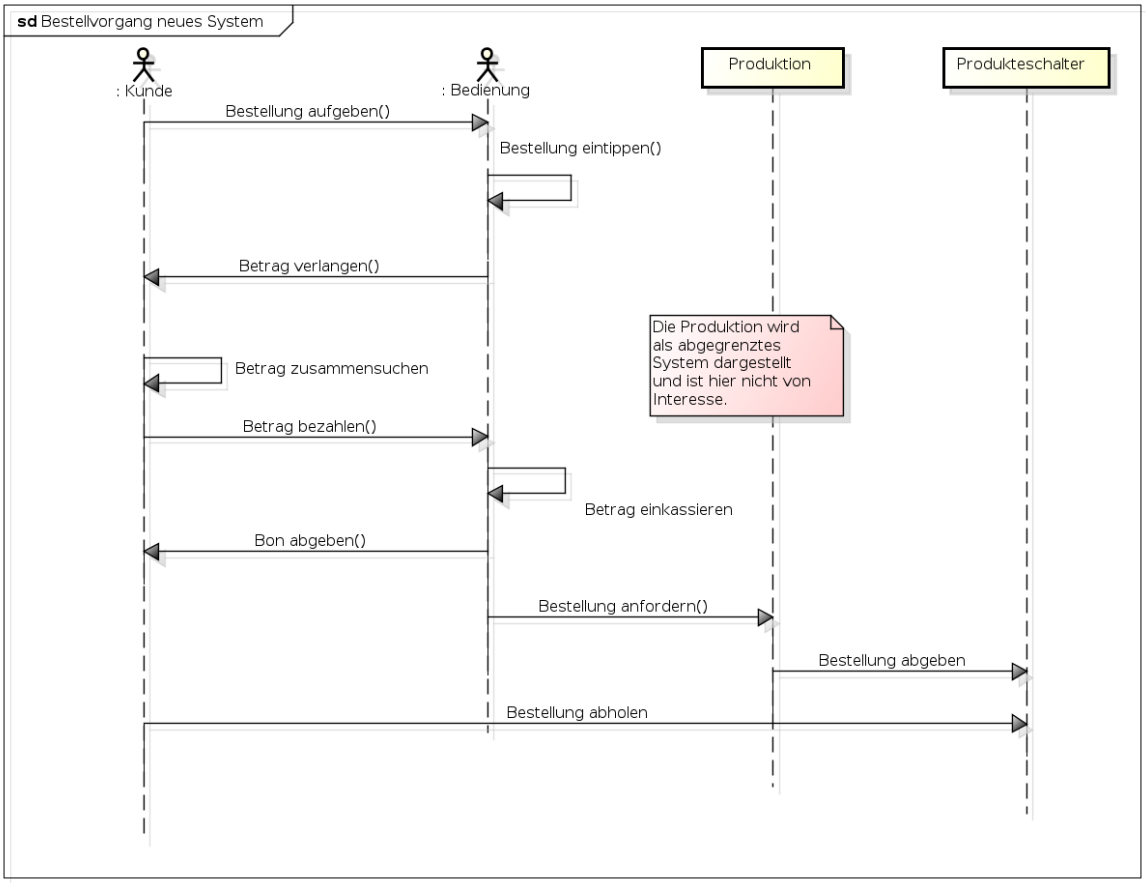


*Abbildung 6: Sequenzdiagramm System 2*

## 4.2. Isolierung und Abstraktion

Aus Komplexitätsgründen werden bei der Modelbildung folgende Details nicht modelliert:

### 4.2.1. Kundenstrom

Wir erwarten 60 Kunden pro Stunde. Es werden keine variierenden Kundenströme abgebildet.

### 4.2.2. Tagesverlauf

Der Tagesverlauf wird nicht modelliert und hat deshalb keinen Einfluss auf unser System.

### 4.2.3. Getränke

Ein Getränk kann nur in einem 0.5L Behälter bestellt werden – andere Grössen gibt es nicht. Wir nehmen zusätzlich an, dass es keine unterschiedlichen Geschmacksrichtungen gibt und dass Getränke in unbegrenzter Menge vorhanden sind.

### 4.2.4. Pommes Frites und McFlurry

Wie die Getränke sind auch die Pommes Frites und das Eis (McFlurry) in unbegrenzten Mengen verfügbar.

### 4.2.5. Wetter

Für die Simulation spielt es gänzlich keine Rolle, welches Wetter draussen herrscht. Es strömen also immer gleich viele Kunden in den McDonalds, egal ob es regnet, schneit oder 40° C herrschen.

### 4.2.6. Verlust der Bestellnummer

Kunden, die gelegentlich ihre Bestellnummern verlieren sind für unsere Simulation irrelevant.

### 4.2.7. Vergessen der Bestellung

In unserer Simulation holen alle Kunden, die eine Bestellung aufgegeben haben, sie ebenfalls ab.

### 4.2.8. Bearbeitung von Kundenreklamationen

Weder der Kassierer, noch das Ausgabepersonal werden in unserer Simulation Kundenreklamationen bearbeiten.

### 4.2.9. Bestellung von Produkten

In der Simulation wird davon ausgegangen, dass alle Kunden die jeweilig angebotenen Produkte so bestellen wie sie in der Menü-Beschreibung deklariert sind. Kunden die bspw. einen Big Mac ohne Gurken wollen, gibt es nicht.

### 4.2.10. Ablehnungen von Bestellungen

Die Kassierer akzeptieren jede Bestellung. D.h. es werden keine Bestellungen abgelehnt und somit geht auch kein Kunde ohne Bestellung wieder raus.

### 4.2.11. Bestellungen pro Kunde

Jeder Kunde gibt genau eine Bestellung ab. Mehrfachbestellungen werden nicht modelliert.

### 4.2.12. Kein Überholen an einer Kasse

Kunden können sich an einer Kasse nicht gegenseitig überholen. D.h. wenn ein Kunde bspw. ein Big Mac Menu bestellt und der Big Mac muss zuerst produziert werden, dann können ihn die nachfolgenden Kunden nicht überholen, während er am Warten ist.

Im System 2 kann jedoch ein indirektes Überholen stattfinden, da die Leute im Warteraum nach der Zeit der Fertigstellung des Essens bedient werden und nicht in einer Queue auf ihr Essen warten.

### 4.2.13. Verlassen der Warteschlange

Es gibt keine Kunden die eine Warteschlange an der Kasse verlassen, wenn diese zu lange wird. Jeder Kunde steht so lange an, bis er bedient wird.

### 4.2.14. Mitarbeiter

Die Mitarbeiter hinter den Kassen und in der Produktion werden nicht separat modelliert. Wir gehen davon aus, dass jede Kasse zu jeder Zeit von einem Mitarbeiter besetzt ist.

## 4.3. Generalisierung

In unserem Model werden folgende Parameter variabel gehalten.

- Anzahl vorproduzierte Produkte
- Anzahl geöffnete Kassen
- Anzahl Kunden pro Stunde
- Ablaufdatum der vorproduzierten Produkte

## 4.4. Eingangsdaten

Die folgenden Daten basieren nicht auf Statistiken, sondern sind reine Annahmen. Da allerdings für beide Systeme dieselben Zahlen verwendet werden ist dies vernachlässigbar.

### 4.4.1. Produkte

Unser System umfasst folgende Produkte zur Bestellung.

| **Produkt** | **Ø Zubereitungszeit ⌚** | **% Anteil Bestellungen** | **Vorproduktion** |
|---|---|---|---|
| Big Tasty Menu | 2.5 | 25 % | 5 |
| Big Mac Menu | 2 | 20 % | 4 |
| Chicken McNuggets Menu | 3 | 15 % | 3 |
| Vegi Mac Menu | 4 | 5 % | 2 |
| Chicken McNuggets | 3 | 5 % | 2 |
| Pommes Frites | 0.5 | 10 % | - |
| McFlurry | 2 | 10 % | - |
| Caesar Salad | 0.5 | 5 % | - |
| Getränk | 0.5 | 5 % | - |

⌚in Minuten

Die Anzahl der Vorproduktion legt fest wie viele Einheiten dieses Produktes jeweils vorproduziert werden. Kann die Einheit aus der Vorproduktion entnommen werden, verkürzt sich die Wartezeit des Kunden. Das Servieren eines vorproduzierten Menüs dauert ⌚30 Sekunden. Sobald die Anzahl in der Vorproduktion einen Schwellwert unterschritten hat, wird wieder nachproduziert und der Vorrat aufgefüllt. Die Anzahl der vorproduzierten Einheiten wird mit den Erkenntnissen der Simulation optimiert werden können.

### 4.4.2. Haltbarkeit

Die vorproduzierten Produkte werden nach Ablauf einer bestimmten Haltbarkeitsdauer weggeworfen. Bei beiden Systemen haben wir eine Haltbarkeit von 8 Minuten definiert.

### 4.4.3. Kunden

Im System gibt es verschiedene Kundentypen, die jeweils unterschiedlich lange für die Bestellung und Bezahlung der Bestellung haben. Die Bestellung und der Zahlungsvorgang werden unter Bestellungsvorgang zusammengefasst, da dies in der Simulation bei uns in einem Schritt durchgeführt wird.

| **Kundentyp** | **Ø Bestellungsvorgang** ⌚ | **% Anteil** |
|---|---|---|
| Gelegenheitskunde | 1 | 40 % |
| Schüler | 0.6 | 20 % |
| Betrunkener | 4 | 5% |
| Rentner | 3 | 10 % |
| Stammkunde | 0.5 | 20% |
| Gestresster Manager | 0.3 | 5 % |

⌚in Minuten

Ausgegangen wird von einem Kundenstrom von **60 Kunden pro Stunde.**

### 4.4.4. Kassen

Die Anzahl der Kassen ist zum Startzeitpunkt bei beiden Systemen gleich. Aus den Erkenntnissen der Simulation, soll allerdings ermittelt werden, welches System bei welchen Belegungen besser arbeitet.

Anfangs wird von folgenden Werten ausgegangen:

| **Anzahl** | **System 1** | **System 2** |
|---|---|---|
| **Kassen** | 5 | 5 |

## 4.5. Testkriterien

Folgende Kriterien werden bei der fertigen Simulation geprüft:

### 4.5.1. Anteil Produktebestellungen

Entsprechen die Vorgaben der Anzahl Bestellungen der von der Simulation produzierten Anzahl der jeweiligen Produkte? Vergleiche dazu die Auswertungen der Anzahl bestellten Einheiten mit den Vorgaben.

### 4.5.2. Anteil der Kundentypen

Entsprechen die Vorgaben der Anzahl Menüs/Produkte der von der Simulation produzierten Anzahl der jeweiligen Kundentypen? Vergleiche dazu die Auswertungen der Anzahl Kundentypen mit den Vorgaben.

### 4.5.3. Durchschnittliche Zubereitungszeit

Entspricht die durchschnittliche Zubereitungszeit über alle Produkte gesehen den Vorgaben? Dazu werden die Werte aus der Simulationsauswertung mit den vorher definierten Werten verglichen.

### 4.5.4. Durchschnittliche Bestellungszeit

Entspricht die durchschnittliche Bestellungszeit (inklusive Zahlen) über alle Kunden gesehen dem Wert der Vorgaben? Dazu werden die Werte aus der Simulationsauswertung mit den vorher definierten Werten verglichen.

## 4.6. Szenarien

Bei allen Szenarien ist das Ziel die minimale Anzahl an Kassen zu finden, wobei die Wartezeit und der Abfall minimal sein sollen. Variieren kann man dabei mit der Anzahl vorproduzierten Produkten und Anzahl Kassen.

Die Szenarien unterscheiden sich lediglich durch die Anzahl Kunden.

## 4.7. Experimentierplan

Unser Experimentierplan zeigt, wie wir die What-If-Questions beantworten:

**Wie verändert sich der Durchsatz beim Wechsel von System 1 auf 2? Welches System ist für den Kunden attraktiver resp. wo ist die Wartezeit kürzer?**

Experiment: Wir variieren unseren definierten Kundenstrom von 60 Kunden pro Stunden auf verschiedene andere Werte und messen in beiden Systemen die durchschnittliche Time in System.

**Wie gross muss der Wartebereich sein, damit es funktioniert?**

Experiment: Wir suchen die maximale Anzahl wartende Personen und rechnen diese Anzahl man einen definierten Flächenwert, der pro Person benötigt wird.

**Wie viel soll vorproduziert werden? Was hat das für eine Auswirkung auf die Wartezeit?**

Experiment: Durch das SIMIO Add-In OptQuest können automatisch Optimierungsläufe durchgeführt werden, welche variable Parameter zur Laufzeit anpassen. Dadurch variieren die Anzahl vorproduzierten Produkte und die Anzahl Kassensysteme. Damit können die resultierenden Wartezeiten ausgelesen werden.

**Wie lange bleiben vorproduzierte Produkte liegen? Wann werden sie weggeworfen? Wie kann man das optimieren?**

Experiment: Hier wird dasselbe Experiment durchgeführt, wie beim vorherigen Punkt beschrieben. Damit können die resultierenden Abfallmengen ausgelesen werden.

**Wie viele Kunden brauche ich um das System zu wechseln? Welches System ist besser bei welcher Anzahl Kunden?**

Experiment: Dafür müssen die vorherigen Experimente kombiniert werden. Folgende Parameter müssen dabei berücksichtigt werden:

- Kundenstrom (Anzahl Kunden pro Stunde)
- Resultierender Abfall
- Anzahl offene Kassen
- Anzahl vorproduzierte Produkte
- Durchschnittliche Wartezeit

Dadurch kann abgewogen werden, ab wann sich ein Wechsel auf das neue System lohnt.

# 5. Umsetzung in Simio

## 5.1. Umsetzung des Systems 1

Am Anfang werden zwei Entitäten in das System eingeführt. Die eine Entität ist ein Kunde und die andere eine Bestellung. Pro Kundentyp und pro Bestellung gibt eine Entität. Die Kunden haben ein unterschiedliches Symbol und die Bestellungen unterschiedliche Farben, damit man die Wege der einzelnen Entitäten nachvollziehen kann:

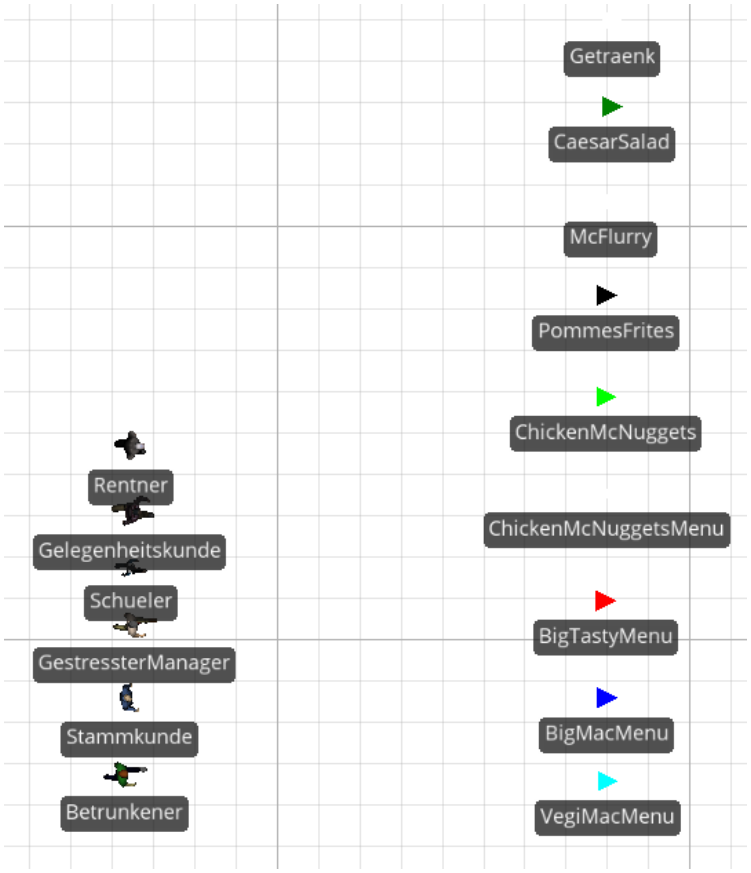


*Abbildung 7: Entitites*

Diese zwei erzeugten Entitäten werden mit einem Combiner zusammengefügt.

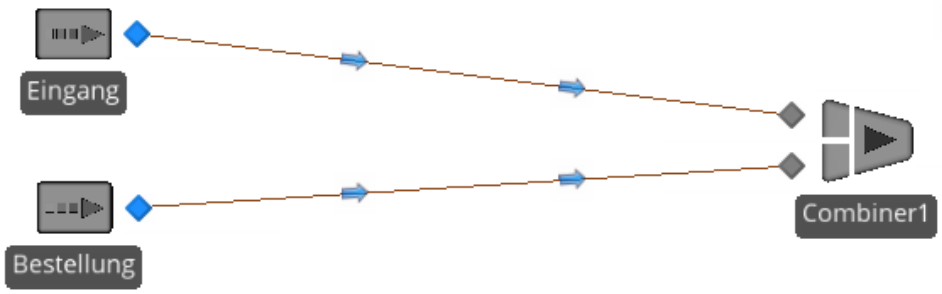


*Abbildung 8: Eingang*

Nach dem Combiner entscheidet der Kunde, an welche Kasse er gehen kann. Er wählt die Kasse aus, an der wenigsten Kunden anstehen. Die Kasse wurde als eigenes Model implementiert, damit wir

diese Kasse, welche aus mehreren Elementen besteht, mehrfach verwenden können. Die Kasse ist folgendermassen aufgebaut:

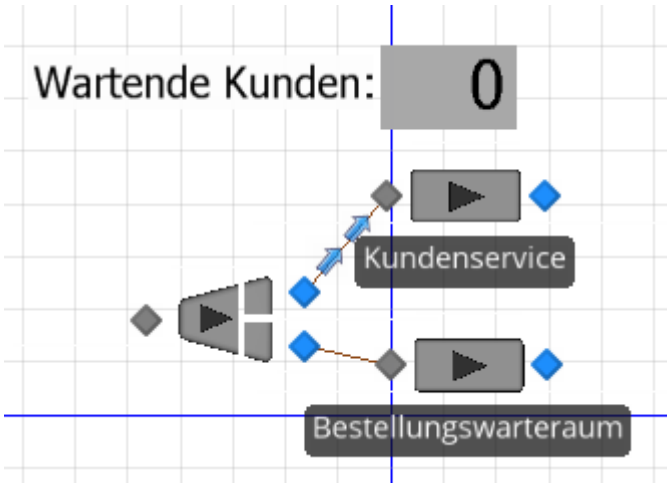


*Abbildung 9: Modell Kasse*

Der Kunde und die Bestellung werden mit einem Separator aufgesplittet. Der Kunde wartet beim Kundenservice so lange, wie seine Bestellzeit definiert wurde. Jeder Kunde hat eine eigene Bestellzeit. Hat der Kunde die Bestellung aufgegeben, läuft die Bestellung vom Bestellungswarteraum weiter zur Produktion. Während sein Menü in der Produktion zusammengestellt wird, wartet der Kunde an der Kasse bis sein Menü fertig produziert und zusammengestellt ist.

Die Produktion wurde ebenfalls als eigenes Modul implementiert, damit wir die in der Produktion enthaltenen Elemente mehrfach verwenden können. Jedes Produkt hat eine eigene Produktion. Menüs welche ein Getränk und Pommes Frites beinhalten, werden durch mehrere Produktionen durchgeschlauft: Der Hauptteil, das Getränk und die Pommes.

Die Produktion ist wie folgt aufgebaut:

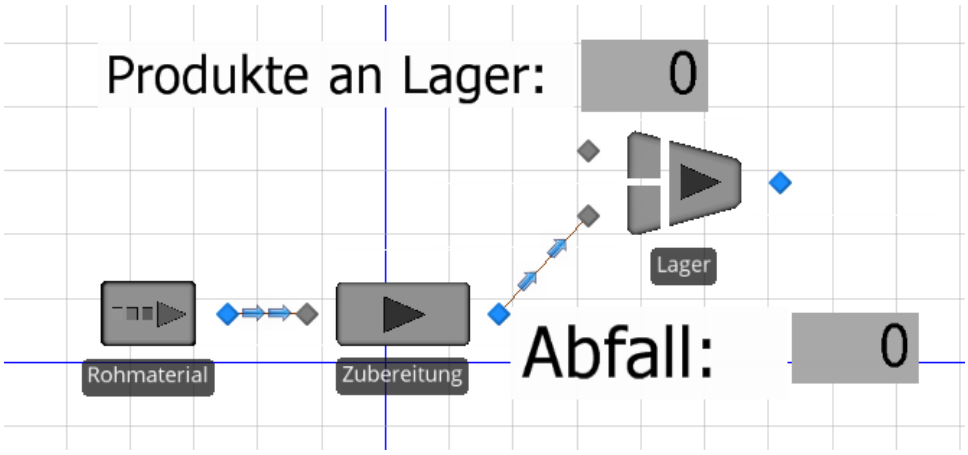


*Abbildung 10: Modell Produktion*

Das Produktionsmodul besteht aus der Zubereitung, sowie dem Lager. Das Lager ist ein Combiner, in welchen die Bestellung vom Bestellungswarteraum kommt. Ist das Produkt auf Lager, wird dieses mit der Bestellung kombiniert und verlässt die Produktion wieder. Das Lager ist nur bei den Produkten implementiert, welche auf Vorrat produziert werden.

Unterschreitet die Menge an gelagerten Produkten einen festgelegten Wert, wird ein Event ausgeführt, dass das Produkt nachproduziert wird. Dabei kommt das "Rohmaterial" aus einer Source und befindet sich festgelegte Zubereitungszeit im Server "Zubereitung". Jedes Produkt hat eine individuelle Zubereitungszeit.

Zudem werden Produkte, die sich zu lange im Lager befinden (was wir auf 8 Minuten eingestellt haben) entsorgt, was dem Abfall entspricht. Dies wird durch den Prozess "HaltbarkeitUeberpruefung" gewährleistet welcher asynchron durch den Prozess „Lager_MemberEntered“ ausgelöst wird. :

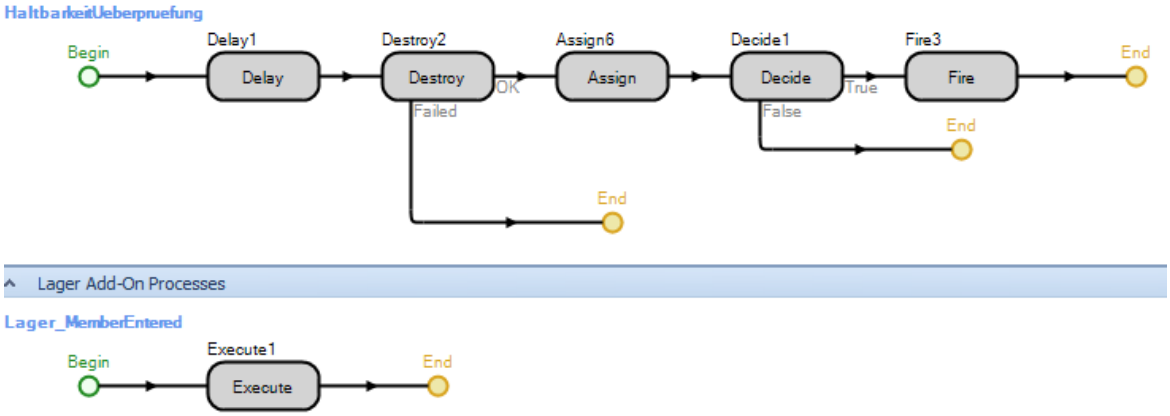


*Abbildung 11: Prozess Halbarkeitsüberprüfung*

Folgend eine Übersicht aller Produktionen:

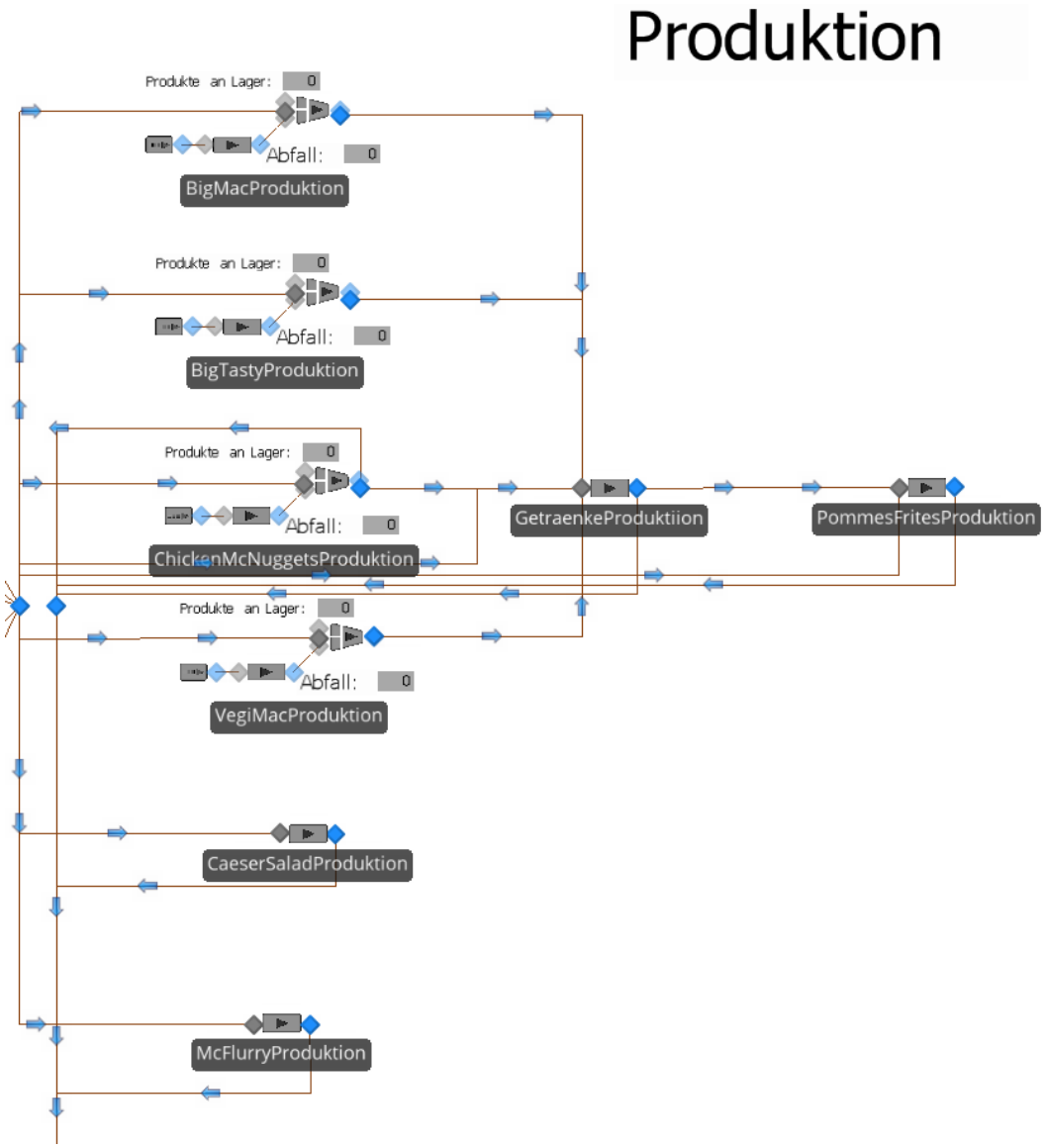


*Abbildung 12: Produktion Übersicht*

Es ist zu sehen, dass die oberen drei Produkte zusätzlich zur eigenen Produktion die Produktion der Getränke und der Pommes in Anspruch nehmen. Chicken Nuggets ist ein Spezialfall, welcher einzeln und als kombiniertes Menü bestellt werden kann.

Ist das Menü in der Produktion fertig zusammengestellt, kommt es zurück an die Kasse, an der der Kunde auf sein Produkt wartet. Der Kunde nimmt das Produkt entgegen und verlässt das System durch den Ausgang.

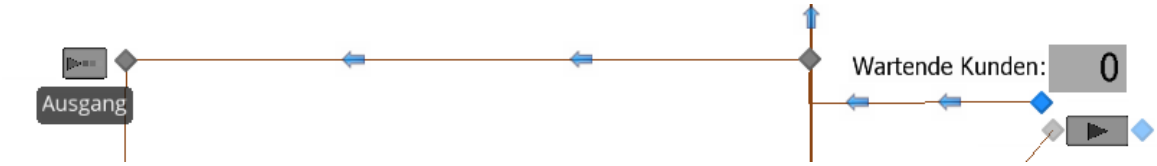


*Abbildung 13: Kasse und Ausgang*

Damit ist die Simulation des ersten Systems abgeschlossen.

## 5.2. Umsetzung des Systems 2

Da sich System 1 und System 2 von der Funktionalität und vom Aufbau her nicht gross unterscheiden, werden lediglich die Unterschiede der beiden Systeme erläutert und aufgeführt:

Der erste Unterschied vom Ablauf her findet in der Kasse statt. Nachdem der Kunde seine Bestellung abgegeben hat, wartet er nicht wie in System 1 an der Kasse, sondern läuft in den Warteraum, wo der Kunde auf seine zusammengestellte Bestellung wartet. Somit kann an der Kasse bereits der nächste Kunde bedient werden.

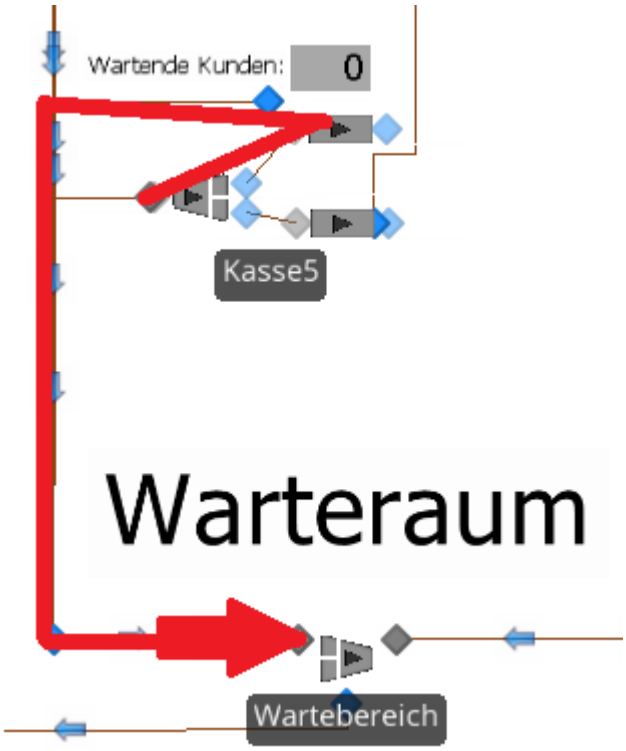


*Abbildung 14: Kasse und Warteraum*

Der Ablauf wie das Menü zusammengestellt wird, bleibt identisch.

Sobald die Bestellung fertig zusammengestellt ist, erhält der wartende Kunde diese und kann das System durch den Ausgang verlassen.

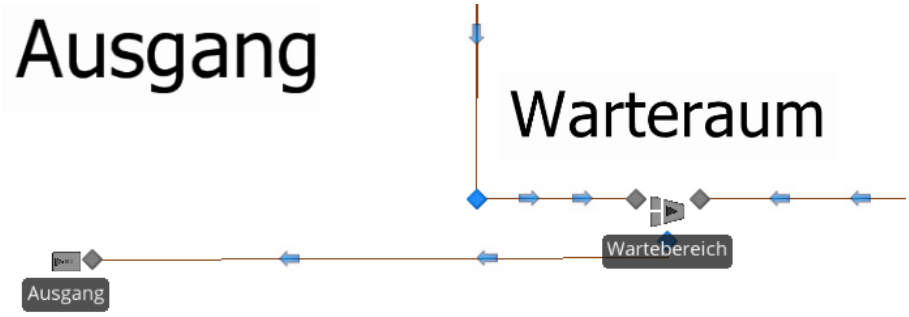


*Abbildung 15: Ausgang und Warteraum*

# 6. Ergebnisdarstellung

## 6.1. Ergebnisse der Tests

Bei unseren Tests, welche weiter oben definiert sind, erhielten wir folgende Ergebnisse:

### 6.1.1. Anteil der Produktbestellungen

| | % Anteil Soll | Anzahl gemessen | = Prozentual % |
|---|---|---|---|
| Big Tasty Menu | 25 % | 356 | 25 % |
| Big Mac Menu | 20 % | 289 | 20.3 % |
| Chicken McNuggets Menu | 15 % | 215 | 15.1 % |
| Vegi Mac Menu | 5 % | 70 | 4.9 % |
| Chicken McNuggets | 5 % | 72 | 5.1 % |
| Pommes Frites | 10 % | 142 | 10 % |
| McFlurry | 10 % | 141 | 10 % |
| Caesar Salad | 5 % | 69 | 4.8 % |
| Getränk | 5 % | 71 | 5 % |

Die Tests zeigen, dass die Bestellungen in den richtigen Verhältnissen produziert werden.

### 6.1.2. Anteil der Kundentypen

| Kundentyp ⍰ | % Anteil Soll | Anzahl gemessen | = Prozentual % |
|---|---|---|---|
| Gelegenheitskunde | 40 % | 575 | 40.3 % |
| Schüler | 20 % | 279 | 19.6 % |
| Betrunkener | 5% | 74 | 5.2 % |
| Rentner | 10 % | 141 | 9.9 % |
| Stammkunde | 20% | 289 | 20.3 % |
| Gestresster Manager | 5 % | 69 | 4.8 % |

⌚in Minuten

Die Tests zeigen, dass die Kundentypen in den richtigen Verhältnissen im System auftreten.

### 6.1.3. Durchschnittliche Zubereitungszeit

| Produkt | Ø Zubereitungszeit ⌚Soll | Ø Zubereitungszeit ⌚Ist |
|---|---|---|
| Big Tasty Menu * | 2.5 | 2.50 |
| Big Mac Menu * | 2 | 1.99 |
| Chicken McNuggets Menu * | 3 | 2.97 |
| Vegi Mac Menu * | 4 | 3.98 |
| Chicken McNuggets | 3 | 2.97 |
| Pommes Frites | 0.5 | 0.49 |
| McFlurry | 2 | 2.02 |
| Caesar Salad | 0.5 | 0.50 |
| Getränk | 0.5 | 0.49 |

* Dies sind Menüs; Deshalb wird zusätzlich kommt noch die Zubereitungszeit von Getränken und Pommes hinzu.

Somit stimmen die Werte von Simio mit der von uns definierten Werten überein.

### 6.1.4. Durchschnittliche Bestellzeit

| Kundentyp ⍰ | Ø Bestellungsvorgang ⌚Soll | Ø Bestellungsvorgang ⌚Ist |
|---|---|---|
| Gelegenheitskunde | 1 | |
| Schüler | 0.6 | |
| Betrunkener | 4 | |
| Rentner | 3 | |
| Stammkunde | 0.5 | |
| Gestresster Manager | 0.3 | |

## 6.2. Beantwortung der What if Questions

**Wie verändert sich der Durchsatz beim Wechsel von System 1 auf 2? Welches System ist für den Kunden attraktiver resp. wo ist die Wartezeit kürzer?**

Nachfolgend die durchschnittliche Bearbeitungszeit. Als Messpunkt wurde "Time in System" ausgewählt.

| Kundentyp ⍰ | Ø System 1 ⌚ | Ø System 2 ⌚ | Faktor |
|---|---|---|---|
| Gelegenheitskunde | 3.6 | 2.9 | 0.81 |
| Schüler | 3.3 | 2.5 | 0.76 |
| Betrunkener | 6.6 | 5.7 | 0.86 |
| Rentner | 5.5 | 5.1 | 0.93 |
| Stammkunde | 3.1 | 2.4 | 0.77 |
| Gestresster Manager | 2.4 | 2.3 | 0.96 |

⌚in Minuten

Aus diesen Zahlen ist abzulesen, dass im zweiten System jeder Kundentyp eine kürzere Aufenthaltsdauer im System vorweist. Die Kunden kommen also schneller zu ihrem Essen.

**Wie gross muss der Wartebereich sein, damit es funktioniert?**

Bei einer eintägigen Laufzeit der Simulation befanden sich maximal 7 und durchschnittlich 1.5 Personen im Wartezustand. Daraus ergibt sich, dass der Wartebereich bei einem Quadratmeter pro Person mindestens 7 m² gross sein sollte.

**Produziere ich vor oder nicht? Was hat das für eine Auswirkung auf die Wartezeit?**

Folgende Tabelle zeigt die Auswirkungen, der Anzahl vorproduzierten Produkte, auf die durchschnittliche Wartezeit aller Kunden im System 1:

| AnzahlKassen | VorproduktionBigTasty | VorproduktionBigMac | VorproduktionChickenMc | VorproduktionVegi | Wartezeit Durchsch... |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7.40983 |
| 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 5.57091 |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4.83626 |
| 5 | 6 | 4 | 2 | 2 | 5.01026 |
| 5 | 6 | 5 | 2 | 2 | 4.76739 |
| 5 | 8 | 6 | 3 | 3 | 4.65732 |
| 5 | 9 | 7 | 4 | 4 | 4.65322 |
| 5 | 10 | 8 | 4 | 4 | 4.70277 |
| 5 | 20 | 16 | 8 | 8 | 4.62442 |
| " 5 | 40 | 32 | 16 | 16 | 4.37993 |

*Abbildung 16: Experiment Wartezeit System 1*

Wie sich klar zeigt pendelt sich die durchschnittliche Wartezeit bei 4.6 - 4.8 Minuten ein. Unabhängig ob noch mehr Produkte vorproduziert werden. Daraus kann man schliessen, dass folgende Anzahl vorproduzierter Produkte optimal für den Kunden und für den Produzenten sind:

| Produkt | Vorproduktion |
|---|---|
| Big Tasty Menu | 5 |
| Big Mac Menu | 4 |
| Chicken McNuggets Menu | 3 |
| Vegi Mac Menu | 2 |
| Chicken McNuggets | 2 |

Da die Abfallmengen der Produkte allerdings nicht berücksichtigt werden, sind die Zahlen nicht aussagekräftig. Im nächsten Schritt werden die Abfallmengen mit einkalkuliert.

**Wie lange bleiben vorproduzierte Produkte liegen? Wann werden sie weggeworfen? Wie kann man das optimieren?**

Die vorproduzierten Produkte bleiben in den Systemen 1 und 2 unterschiedlich lange liegen. Kombiniert mit den durchschnittlichen Wartezeiten der Kunden ergeben sich folgende Ergebnisse der Optimierung:

**System 1:**

| AnzahlKassen | VorproduktionBigMac | VorproduktionBigTasty | VorproduktionChickenMc | VorproduktionVegi | Wartezeit (Minutes) | Abfall |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6.62171 | 56.2 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.02822 | 58 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.9193 | 69.6667 |
| 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5.17627 | 69.8571 |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5.02463 | 77.2 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 33.6685 | 80.875 |
| 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5.97097 | 87.1667 |
| 5 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4.30232 | 87.875 |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 1 | 4.53309 | 99 |
| 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 4.57373 | 99.4 |
| 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4.59276 | 100.2 |
| 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5.76552 | 107.167 |
| 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 4.42377 | 113.2 |
| 4 | 1 | 5 | 2 | 1 | 4.62551 | 114.2 |

*Abbildung 17:Experiment Optimierung System 1*

Wie man sehen kann, lässt sich der Abfall mit einer ertragbaren Wartezeit, stark reduzieren, wenn man alle Kassen öffnet. Da allerdings die Anzahl der geöffneten Kassen minimal sein soll um Geld zu sparen, ist eine Kombination mit vier Kassen und erträglicher Wartezeit sinnvoller, obwohl mehr Abfall entsteht.

**System 2:**

| AnzahlKassen | VorproduktionBigMac | VorproduktionBigTasty | VorproduktionChickenMc | VorproduktionVegi | Wartezeit (Minutes) | Abfall |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4.84491 | 172.8 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4.84491 | 172.8 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5.0129 | 175 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4.79747 | 179 |
| 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4.60697 | 228.8 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4.71588 | 230.6 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4.46702 | 234.6 |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4.67535 | 241.6 |
| 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 4.64571 | 257.4 |
| 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4.31455 | 301.6 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4.44741 | 305.2 |
| 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4.93718 | 305.6 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4.38802 | 315.4 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4.37981 | 320 |
| 5 | 1 | 3 | 1 | 2 | 4.3848 | 333.6 |
| 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 4.35172 | 343 |
| 3 | 1 | 3 | 1 | 5 | 4.38624 | 349 |
| 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 4.4331 | 355.4 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4.15025 | 399.8 |
| 2 | 1 | 4 | 4 | 3 | 4.31289 | 454.8 |
| 2 | 1 | 4 | 5 | 3 | 4.295 | 470.2 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4.09941 | 478.8 |
| 4 | 4 | 2 | 1 | 5 | 4.38777 | 490.2 |
| 2 | 3 | 1 | 5 | 4 | 4.426 | 507.2 |
| 2 | 4 | 3 | 5 | 1 | 4.23564 | 523.5 |
| 5 | 4 | 5 | 1 | 3 | 4.28645 | 536.6 |
| 2 | 4 | 5 | 5 | 1 | 4.27782 | 550.2 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4.10023 | 552 |
| 3 | 4 | 5 | 5 | 1 | 4.06 | 556 |
| 2 | 5 | 2 | 3 | 2 | 4.27522 | 580.2 |
| 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4.17211 | 595.8 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 1 | 4.20834 | 601.2 |

*Abbildung 18: Experiment Optimierung System 2*

Die Zahlen zeigen dass mit zwei Kassen die gleichen Wartezeiten entstehen wie mit 3, 4 oder 5 Kassen. Das heisst der Flaschenhals liegt nicht bei den Kassen.

Zudem zeigt sich dass der Abfall am optimalsten ist, wenn nur jeweils eine Einheit eines Produktes vorproduziert wird.  Wobei die Wartezeit nicht darunter leidet.

**Bei wie vielen Kunden lohnt sich der Wechsel des Systems? Welches System ist besser bei welcher Anzahl Kunden?**

| Kunde pro Stunde | Ø Wartezeit System 1 ⌚ | Ø Wartezeit System 2 ⌚ |
|---|---|---|
| 10 | 3.68 | 3.57 |
| 20 | 3.70 | 3.62 |
| 30 | 3.71 | 3.65 |
| 45 | 3.76 | 3.73 |
| 60 | 3.98 | 3.96 |
| 65 | 4.11 | 4.18 |
| 70 | 4.55 | 4.38 |
| 75 | 6.02 | 4.79 |
| 80 | 11.12 | 5.30 |
| 90 | 72.13 | 7.72 |
| 100 | 144.36 | 22.7 |

Die Resultate zeigen, dass im System 1 nur bis zu einem Kundenstrom von 75 Kunden vertretbare Wartezeiten entstehen. Bei einem grösseren Kundenstrom kommt es zu enorm hohen Wartezeiten.

Beim zweiten System ist dasselbe Verhalten zu beobachten. Dort ist ab 90 Personen pro Stunde eine übermässig grosse durchschnittliche Wartezeit feststellbar.

Daraus lässt sich schliessen, dass mit dem zweiten System ein höherer Kundenstrom zu bewältigen ist.

# 7. Optimierung

Bei der Beantwortung der What if Questions wurden das Optimierungsverfahren "OptQuest von Simio" verwendet, welches in Simio als vorinstalliertes Add-In zur Verfügung steht.

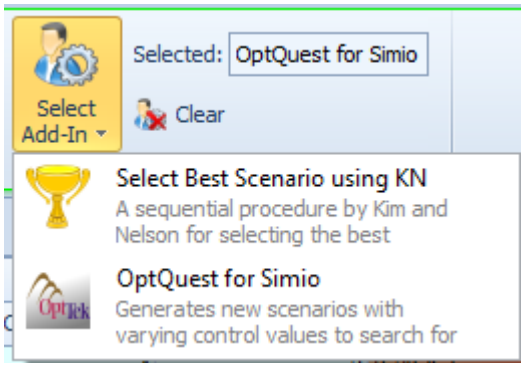


*Abbildung 19: OptQuest*

Das Addin verwendet folgendes Verfahren: Während Optimierung werden Szenarien mit unterschiedlichen Werten generiert. Dabei wird für jeden Wert ein Minimal und Maximal Wert festgelegt. Für die Resultate kann festgelegt werden, ob ein Minimum oder Maximum angestrebt wird.

Die Optimierung funktioniert zwar wie vorgestellt, jedoch sind wir bezüglich der Resultate im Zwiespalt. Unsere Kritik liegt darin, dass unser System sehr stark abstrahiert wurde um es mit unserem Know-How von Simio realisieren zu können. Deswegen kann man die Resultate nur schwer auf die Realität anwenden. Zudem könnte man eventuell noch weitere Zahlen optimieren, wie beispielsweise die Zubereitungszeit von Produkten reduzieren.

# 8. Animation

Es werden zwei Animationen erstellt. Die erste Animation zeigt die Situation vor der Änderung (direktes Servieren der Produkte an der Kasse). Die zweite Animation zeigt die Situation nach der Änderung (abgeben einer Bestellnummer).

Die Animation soll den Fluss der Kunden aufzeigen. Wichtig dabei sind die Anstehzeit am Schalter sowie die Wartezeit auf die Bestellung. Diese soll direkt in der Animation eingeblendet werden. Anzeigen, ob die Ressourcen arbeiten oder nicht arbeiten.

Die Animation soll so dargestellt werden, damit man die Filiale erkennt und die Wege der Personen geografisch nachvollziehbar sind.

Die Animation, welche wir in SIMIO erstellten, entsprach unseren eigens definierten Anforderungen:

| Status | Anforderung |
|---|---|
| **[OK]** | Zwei Animationen |
| **[OK]** | Aufzeigen des Kundenflusses |
| **[OK]** | Anstehzeit ist ersichtlich |
| **[OK]** | Es wird angezeigt, ob eine Ressource arbeitet oder nicht arbeitet |
| **[OK]** | Die Filiale ist erkennbar |

# 9. Schlusswort

## 9.1. Willkommene Abwechslung (Non-IT)

Unser SMS Projekt war eine willkommene Abwechslung zum Studienalltag, welcher bei uns im 5. Semester quasi nur aus "Nur-IT" Module besteht. Dieses Modul und damit auch dieses Projekt war komplett anders: Wir lernten eine neue Software und neue Techniken kennen, die nicht viel mit IT am Hut haben. Das hat uns gefallen.

## 9.2. Planung & Umsetzung sehr interessant

Selber eine Aufgabenstellung zu definieren und ein Projekt zu realisieren, war für uns sehr interessant. Da wir bis anhin eher Softwareprojekte umgesetzt haben war es interessant zu sehen, welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei so einem Projekt vorliegen.

## 9.3. Realitätstreue zweifelhaft

Anfangs dachten wir unsere zwei Modelle liessen sich mit einigermassen vertretbarem Aufwand erstellen. Doch unser Dozent hat uns schnell gezeigt, dass wir dies ein bisschen unterschätzen. Es gibt viel zu beachten, als wir uns zu Beginn vorstellten. Wir wollten trotzdem bei unserer Idee bleiben und dieses Projekt durchführen.

Damit wir dieses Komplexe System dennoch modellieren können, mussten wir die Realität extrem abstrahieren und so einfach wie möglich gestalten. Wir haben einige Spezialfälle wie beispielsweise das Wegwerfen von Produkten dennoch in unserem System modelliert, was nicht immer ganz einfach war.

Obwohl wir mit unserem Modell nicht zu einer richtigen McDonalds Filiale gehen können, kann man anhand der Simulationen dennoch viele Informationen herauslesen.

## 9.4. Zu wenig Know-How mit SIMIO

SIMIO ist eine sehr komplexe und mächtige Software. Das macht die Einarbeitung in die Software nicht sehr einfach. Bis man die erste kleine Simulation erstellt hat und das Vorgehen in SIMIO verstanden hat, vergeht viel Zeit.

Leider konnten wir anhand den Übungen im Unterricht nicht alle Fälle in unserem System modellieren und mussten weitere Ressourcen suchen. Zu SIMIO gibt es aber keine grosse Community und nur wenige Seiten im Internet, welche detaillierte Lösungsansätze beschreiben. Leider haben wir erst in der zweitletzten Woche von der Sample Library erfahren.

## 9.5. Gemeinsames Arbeiten schwer

Das ist vor allem auf Simio bezogen. Es war leider nicht möglich, dass mehrere Teammitglieder gleichzeitig an der Modellierung arbeiten konnten. Rückblickend betrachtet, hätte man vermutlich die verschiedenen Module parallel erstellen können, doch am Anfang war gar nicht klar wie gewisse Elemente schlussendlich modelliert werden. Bspw. hatten wir uns die Kasse ursprünglich als einen simplen Server vorgestellt. Herausgekommen ist am Schluss aber ein Kassenmodell bestehend aus zwei Servern und einem Separator. Deshalb arbeitete meist eine einzelne Person an der Simulation und die anderen gaben entsprechenden Input. Als dann das Modell endlich erstellt war, konnte man wieder parallel arbeiten.