

Abschlussprojekt “Diskrete Simulation” SS 2024

1. Thema
2. Aufgabenstellung
3. Systemanalyse und Datenerhebung
 - a. Systemanalyse
 - b. Datenerhebung
 - c. Datenauswertung
4. Implementierung mit Enterprise Dynamics
 - a. Vorüberlegungen
 - b. Implementierung reales Szenario
 - c. Optimierte Szenarien
 - d. Fazit
5. Kritikpunkte
6. Anhang
7. Quellen

1. Thema

Ermittlung der mittleren und maximalen Anzahl bearbeiteter Kunden beim aktuellen Ticket-Wartesystem des Dresdner Hauptbahnhofs und Test auf alternative Strategien.

2. Aufgabenstellung

Am Hauptbahnhof Dresden haben Reisende vor Ort zwei Möglichkeiten, um eine Fahrkarte zu erwerben. Sie können entweder einen Ticketautomaten aufsuchen und das Ticket über den Ticketautomaten kaufen oder sie können das Ticket am Schalter bei einer Person kaufen.

Im Rahmen des Abschlussprojekt von Diskrete Simulation geht es darum reale Daten zu erheben davon, wie viel Zeit Menschen vor einem Ticketautomaten oder am Personenschalter zubringen. Die aktuelle Situation soll vor Ort analysiert werden. Im Anschluss soll sie in Enterprise Dynamics modelliert werden. Mit dem vorhandenen Modell sollen eigenständige Optimierungen ausprobiert werden. Ziel ist es dabei die mittlere und maximale Wartezeit im Ticket-Wartesystem zu optimieren.

3. Systemanalyse und Datenerhebung

a. Systemanalyse

Die Systemanalyse des Ticket-Wartesystem am Dresdner Hauptbahnhof erfolgte an einem Vormittag von einem Werktag.

Im Bahnhof befinden sich zehn Ticketautomaten von der Deutschen Bahn. Weiterhin gibt es zwei Anlaufstellen für Reisende, um mit der DB in Kontakt zu kommen. Es gibt zum einen die "DB-Info" direkt an den Gleisen. Dort kann Reisenden geholfen werden das richtige Gleis zu finden oder erste Informationen bei Änderungen des Fahrplans zu erhalten. Die größte Aufgabe der "DB-Info" besteht darin Reisende zum "DB-Reisezentrum" zu schicken.

An diesem Ort können Tickets ausgestellt werden, Reisen können umgebucht werden. Passagiere haben die Möglichkeit eine Nummer zu ziehen, um im Wartebereich Platz zu nehmen und aufgerufen zu werden. Die Nummern werden an einem Bildschirm angezeigt. Zusätzlich wird zur Nummer auch eine Einschätzung geliefert, wie lange die Wartezeit am Personenschalter ist.

Der Personenschalter hat insgesamt acht Plätze. Zur Zeit der Erhebung der Daten waren vier Plätze besetzt.

b. Datenerhebung

Der Raum des "DB-Reisezentrums" ist groß. Bei Betrachtung der momentan wartenden Personen und der Gesamtgröße des Raumes, wurde die maximale Anzahl der Wartenden Personen auf 70 geschätzt. Wobei diese Schätzung eher zu viel als zu wenig sein dürfte. Dennoch habe ich mich für diese Annahme entschieden, weil Gäste, die eine Nummer gezogen haben, auch die Möglichkeit haben an anderer Stelle zu warten.

Die Messung der Zeiten wie viel Zeit Fahrgäste im Durchschnitt am Personenschalter zugebracht haben, brachte folgendes Ergebnis:

Bearbeitungszeiten Personenschalter in Sekunden
120
180
180
300
210
240
90
600
120
180

Die Messung wie viel Zeit Fahrgäste im Durchschnitt am Ticketautomaten verbrachten, brachte folgendes Ergebnis:

Bearbeitungszeiten Ticketautomat in Sekunden
190
160
70
220
210
210
200
180
170
190

Das besondere bei den Personen am Ticketautomaten war, dass von ihnen etwa ein Drittel vom Ticketautomaten nicht mit einer Fahrkarte davongingen, sondern ins "DB-Reisezentrum" gegangen sind.

c. Datenauswertung

Bei der Auswertung der Messwerte für den Personenschalter, ergaben sich

rechnerisch folgende Werte in Sekunden:

Mittelwert: 222 (3,7 Minuten)
Standardabweichung: 146

Bei der Auswertung der Messwerte für den Ticketautomaten, ergaben sich rechnerisch folgende Werte in Sekunden:

Mittelwert: 180 (3 Minuten)
Standardabweichung: 40

Basierend auf den erhobenen Messwerten und Beobachtungen im Bahnhof, habe ich mich dafür entschieden für den Personenschalter eine Poissonverteilung anzunehmen. Grund dafür liegt darin, dass es zwischendurch immer wieder Kunden gegeben hat, die sehr lange gebraucht haben. Dadurch gibt es starke Schwankungen in die Richtung, dass einzelne Kunden deutlich mehr Zeit brauchen als der Mittelwert.

Theoretische Erklärung (1):
~~Automa~~ Zufallszahlen am Ticketautomaten

Wie wir der theoretischen Erklärung entnehmen können, benötigen wir für die Poissonverteilung Lambda. Dieses ist hier gleichzusetzen mit dem Mittelwert, welchen wir bereits berechnet haben.

Für die Verteilung der Zufallszahlen am Ticketautomaten, habe ich entschieden eine Normalverteilung anzunehmen. Die Gründe dafür liegen darin, dass der Prozess ein Ticket am Automaten zu kaufen sehr standardisiert ist und die Eingabemöglichkeiten der Nutzer begrenzt sind. Weiterhin habe ich häufig beobachtet, dass wenn Benutzer am Automaten nicht weitergekommen sind, sie anschließend zum Personenschalter gegangen sind. Dadurch gab es keine großen Ausreißer von Personen, die lange gebraucht haben am Ticketautomaten.

Theoretische Erklärung (2):

o

Wie wir der theoretischen Erklärung entnehmen können, benötigen wir Mittelwert und Varianz, um Normalverteilte Zufallszahlen darstellen zu können. Beide Werte haben wir bereits berechnet.

4. Implementierung mit Enterprise Dynamics

a. Vorüberlegungen

Um der selbstgewählten Aufgabenstellung gerecht zu werden, werde ich im Folgenden zuerst das reale Szenario in Enterprise Dynamics modellieren und anschließend Szenarien zur Optimierung darstellen.

Zur Optimierung sehe ich folgende Möglichkeiten:

- (a) Erhöhung der Anzahl der Personenschalter
- (b) Verkürzung der Bearbeitungszeit am Personenschalter
- (c) Senkung der Gäste die vom Ticketautomaten zum Personenschalter gehen

Um Möglichkeit (a) zu untersuchen, wird das reale Szenario mit 6 und 8 Personenschaltern nachsimuliert.

Um Möglichkeit (b) zu untersuchen, wird das reale Szenario mit einem Erwartungswert von 200 Sekunden für den Personenschalter untersucht.

Um Möglichkeit (c) zu untersuchen, wird die Zahl der Passagiere, die vom Ticketschalter zum Personenschalter gehen von einem Drittel auf 20% gesenkt.

Generell wird von einer Laufzeit von 8 Stunden ausgegangen. Ebenfalls wird davon ausgegangen, dass pro Minute 3 Kunden kommen.

b. Implementierung reales Szenario

Die Implementierung des Ticket-Wartesystem am Dresdner Hauptbahnhof in Enterprise Dynamics, kann folgender Darstellung entnommen werden.

Hier sehen wir 2 Quellen für Kunden.

“Neuankömmlinge” - Personen die direkt zum Bahnhof kommen mit dem Ziel ein Ticket zu erwerben.

“Verspätete Gäste” - Personen, die durch Zugverspätungen oder Ausfall ihre geplante Zugverbindung nicht wahrnehmen können und deswegen Beratung brauchen. Von den beiden Quellen aus werden jeweils im Round Robin Prinzip an die Personenschalter und die Ticketautomaten verteilt. Es wird angenommen, dass insgesamt 3 Personen in der Minute ankommen.

Von den Quellen aus führt eine Verbindung zu “Schlange Automaten”. Dort werden die Gäste aus den beiden Quellen gebündelt und an die freien Ticketautomaten verteilt. Dabei wurde eine Kapazität von 70 an den Ticketautomaten angenommen, wobei es sich dabei nur um eine rechnerische Größe handelt. In der Zeit während der Beobachtung, sowie auch meiner persönlichen Reiseerfahrung nach, gibt es beinahe nie eine nennenswerte Wartezeit vor Ticketautomaten im Bahnhof.

Die Ticketautomaten nehmen die Gäste von der Schlange entgegen und haben eine normalverteilte Bearbeitungszeit. Diese hat einen Erwartungswert von 180 mit einer Standardabweichung von 40. Da es sich um Zufallswerte handelt, wurde sicherheitshalber implementiert, dass die minimale Bearbeitungszeit 0 beträgt. Dadurch kann es keine negativen Zeiten geben. Konkret sieht das in Enterprise Dynamics wie folgt aus: $\text{Max}(0, \text{Normal}(180, 40))$

Wenn die Personen vom Automaten weggehen, dann haben zwei Drittel von Ihnen erfolgreich ein Ticket erworben. Ein weiteres Drittel geht zur Schlange des Personenschalter, um dort zusätzliche Hilfe zu erhalten.

Die Schlange zum Personenschalter hat eine Kapazität von 70. Von dort aus werden die Personen jeweils an die freien Personenschalter verteilt.

Die Personenschalter bearbeiten die Kunden nach einer Poissonverteilung. Das Lambda folgt dabei aus dem Mittelwert und beträgt 222 Sekunden. Konkret sieht das in Enterprise Dynamics wie folgt aus: $\text{NegExp}(222)$.

Vom Personenschalter gehen aus verlassen die Kunden das Ticket-Wartesystem am Dresdener Hauptbahnhof.

Der Versuchsaufbau liefert folgende Ergebnisse:

Die Schlange zum Personenschalter entwickelt sich wie folgt:

Zeit von 0 bis 28800 Sekunden

Es ist zu erkennen, dass nach etwa 5000 Sekunden (83 Minuten) die Schlange zum Personenschalter komplett gefüllt ist und danach nur noch minimal schwankt.

Um im Sinne von Monte-Carlo Simulationen ein valides Ergebnis zu liefern, habe ich den Versuchsaufbau 30-mal laufen lassen. Hierbei steht "Schlange Person" für die Schlange zum Personenschalter.

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
876	70
882	70
896	69
920	68
879	70
968	70
941	70
937	69
908	70
871	70
867	70
914	70
916	66
907	67
919	70
908	70
895	70
894	67
881	67
915	70
894	70
934	70
937	70

904	70
882	70
953	70
898	70
863	70
899	70
980	69
902	70

Daraus ergeben sich folgende Werte:

Mittelwert Bearbeitete Kunden: 907

Maximum Bearbeitete Kunden: 980

Mittelwert Schlange Person: 70

Maximum Schlange Person: 70

Ein Problem, welches bei der Versuchsdurchführung auffällt, ist, dass die Schlange zum Personenschalter durchgehend ausgelastet ist. Um das zu vermeiden, werden in den folgenden Szenarien untersucht, welche das Ticket-Wartesystem am Dresdner Hauptbahnhof optimieren sollen.

c. Optimierte Szenarien

Im Punkt 4.a wurden die Möglichkeiten der Optimierung erwähnt. Im Folgenden werden von diesen die ermittelten Werte untersucht. Die Szenarien sind:

Szenario 1 – 6 Personenschalter
 Szenario 2 – 8 Personenschalter
 Szenario 3 – Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 200 Sekunden, 4 Personenschalter
 Szenario 4 - Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 200 Sekunden, 6 Personenschalter
 Szenario 5 - Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 200 Sekunden, 8 Personenschalter
 Szenario 6 – 20% Kunden kommen vom Ticketschalter, 4 Personenschalter
 Szenario 7 – 20% Kunden kommen vom Ticketschalter, Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 200 Sekunden, 4 Personenschalter
 Szenario 8 – 20% Kunden kommen vom Ticketschalter, Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 2010 Sekunden, 6 Personenschalter
 Szenario 9 – 20% Kunden kommen vom Ticketschalter, Mittlere Bearbeitungszeit am Personenschalter 200 Sekunden, 8 Personenschalter

Es folgt eine Tabelle, in der die wichtigsten Zahlen prägnant zusammengefasst werden. Die Daten in allen Einzelheiten sind im Anhang zu finden. Die Dateien zur Nachbildung in Enterprise Dynamics sind in Github zu finden.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Mittelwert Bearbeitete Kunden	1193	1270	982	1249
Maximum Bearbeitete Kunden	1230	1274	1062	1276
Mittelwert Schlange Person	63	0	69	19
Maximum Schlange Person	70	3	71	43

	Szenario 5	Szenario 6	Szenario 7	Szenario 8	Szenario 9
Mittelwert Bearbeitete Kunden	1270	972	1046	1269	1272
Maximum Bearbeitete Kunden	1275	1058	1098	1276	1275
Mittelwert Schlange Person	0	69	68	2	0
Maximum Schlange Person	6	70	70	15	0

Zu erkennen ist hier, dass alle Optimierungsmaßnahmen bessere Resultate liefern als das Basisszenario. Dabei fällt auf, dass die Resultate von Szenario 2, Szenario 5, Szenario 8 und Szenario 9 die besten Resultate liefern und alle sehr nahe aneinander sind.

Zur Verdeutlichung werden in der folgenden Tabelle die prozentualen Veränderungen bei den bearbeiteten Kunden dargestellt.

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4
Mittelwert Bearbeitete Kunden	24	29	8	27

Maximum Bearbeitete Kunden	20	23	8	23
	Szenario 5	Szenario 6	Szenario 7	Szenario 8
Mittelwert Bearbeitete Kunden	29	7	13	28
Maximum Bearbeitete Kunden	23	7	11	23

Auch hier sind die Szenarien 2, 5, 8 und 9 auffällig in ihrer Verbesserung. Ebenfalls liefert Szenario 4 prozentual betrachtet eine signifikante Verbesserung.

d. Fazit

Bei Betrachtung der Szenarien, die am besten abgeschnitten haben, fällt auf, dass die Szenarien bei denen 8 Personen am Schalter gewesen sind, alle sehr gut

abgeschnitten haben. Es konnten sehr viele Personen bedient werden und die Warteschlangen konnten minimiert werden.

Weiterhin konnte bei Szenario 8 und bei Szenario 4 ein prozentual gutes Ergebnis erzielt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass auch die Reduzierung der Bearbeitungszeit sowie die Reduzierung der Personen, welche vom Ticketautomaten zum Personenschalter gehen, einen positiven Einfluss haben. Gerade die Kombination dieser beiden Faktoren, wie es in Szenario 8 der Fall ist, ermöglicht es mit 6 Personen vergleichbare Ergebnisse zu 8 Personen zu erzielen.

Insgesamt lassen sich die Einflussgrößen auf die Gesamtanzahl der bearbeiteten Kunden und auf die Länger der Schlange vor dem Personenschalter wie folgt gewichten:

Den stärksten Einfluss hat die Anzahl der Personenschalter. Allein die Erhöhung der Personen auf 8 reicht aus, um die anderen Optimierungsmaßnahmen obsolet zu machen.

Die Reduzierung der Bearbeitungszeit und der Personen, welche vom Ticketschalter zum Personenschalter gehen, hat tendenziell einen deutlich schwächeren Effekt. Die Kombination der beiden Faktoren ermöglicht es die Anzahl der Personen am Schalter zum Teil zu kompensieren.

Daraus lässt sich ableiten, dass wenn die Bahn Personen am Schalter einsparen will, sie die Möglichkeit hat die Kundenreise am Ticketautomaten zu optimieren, damit weniger Kunden zum Personenschalter kommen. Zusätzlich müssen die verbleibenden Personen am Schalter besser geschult werden, damit sie Kundenanliegen schneller abarbeiten können. Dennoch haben diese beiden Faktoren ihre Grenze. Die Anzahl der Personen am Schalter bleibt elementar für eine zügige Bearbeitung der Kundenanliegen.

5. Kritikpunkte

In der Simulation des Ticket-Wartesystems des Dresdner Hauptbahnhofes sind einige Kritikpunkte zu nennen, die die Aussagekraft der Ergebnisse beeinträchtigen könnten.

Erstens wurde während der Aufnahme der Daten ausschließlich der Verweildauer von Personen am Ticketschalter oder am Personenschalter beobachtet. Ob die Personen tatsächlich ein Ticket gekauft haben oder aus anderen Gründen am Schalter waren, blieb unberücksichtigt. Dies könnte die Genauigkeit der Ergebnisse verfälschen.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft, dass die Personen mit Hilfe des Round-Robin-Prinzip an die Ticketautomaten und Personenschalter verteilt wurden. Es wurde angenommen, dass die Personen sich gleichmäßig auf Automaten und Personenschalter aufteilen. In der Praxis neigen Menschen dazu den Personenschalter zu meiden, wenn dieser stark frequentiert ist, was die Ergebnisse der Analyse verfälschen kann.

Zudem variiert im realen Leben die Anzahl der am Personenschalter arbeitenden Mitarbeiter dynamisch. Die Bahn besetzt die Schalter je nach Bedarf, sodass die Anzahl der Mitarbeiter nicht konstant ist. Diese Flexibilität wurde in der Analyse nicht berücksichtigt, was die Aussagekraft weiter einschränkt.

Ebenfalls ist die konstante Ankunft von drei Kunden pro Minute während der acht Stunden zu hinterfragen. Es ist wahrscheinlicher, dass die Kunden zu gewissen Stoßzeiten vermehrt kommen und es ansonsten ruhiger ist.

Insgesamt weisen diese Kritikpunkte auf Schwächen in der Methodik hin, die bei zukünftigen Simulationen behoben werden könnten, um genauere und verlässlichere Ergebnisse zu erzielen.

6. Anhang

Es folgt die Offenlegung der Daten, welche für das Fazit herangezogen worden, sowie eine grafische Darstellung dieser. Die Tabelle ist wie folgt zu verstehen.

Bearbeitete Kunden – Gesamtanzahl an Kunden, welche von Ticketautomaten und Personenschaltern bearbeitet wurden

Schlange Person - Länge der Schlange zum Personenschalter zum Ende des Simulationslaufs

Szenario 1:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1190	68
1199	69
1222	48
1205	66
1207	64
1157	70
1186	56
1205	66
1182	70
1225	46
1218	53
1209	62
1146	69
1183	70
1188	70
1148	70
1220	48
1186	63
1208	61
1139	70
1211	59
1230	49
1193	61
1184	67
1199	70
1216	42
1183	70
1200	68
1186	69
1174	68
1196	59

Summary von Enterprise Dynamics:

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 360 856 1440 2116 2790 3466 4140 4816 5490 6166 6840 7516 8190 8866 9540 10306 11116 11926 12736 13546 14356 15166 15976 16786 17596 18406 19216 20026 20836 21646 22456 23266 24076 24886 25696 27386.453551339
Time from 0

Szenario 2:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1272	0
1271	0

1272	0
1271	0
1271	0
1267	2
1272	0
1270	0
1256	0
1271	0
1271	0
1270	0
1271	0
1269	0
1270	0
1269	0
1272	0
1272	0
1271	0
1273	0
1274	0
1265	3
1273	0
1272	0
1266	0
1273	0
1270	1
1271	0
1271	0
1270	0
1267	1

Summary von Enterprise Dynamics:

|

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

Time from 0

Szenario 3:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
932	70
983	70
961	70
977	67
982	67
960	70
979	70
1004	68
1062	62
1008	68
955	70
989	68
1033	70
970	69
1006	70
1034	69
1003	69
991	70
949	71
943	70
995	70
949	70
930	70
995	70
968	70
1011	68
998	68
961	66
971	69
951	70
990	70

Summary von Enterprise Dynamics:

Time from 0

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 360 856 1440 2116 2790 3466 4140 4816 5490 6166 7771.4527337983 10312.0024864903 12892.6765779062 15487.1176711052 18118.3606565471 20705.976462261 23162.769580681 25693.4279182921 28334.1214980864
Time from 0

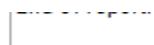
Szenario 4:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1258	13
1237	33
1257	13
1255	16
1227	43
1263	8
1230	41
1274	0
1249	21
1232	38
1237	33
1263	7
1249	22
1249	22
1237	33
1263	7
1252	19
1229	42
1246	24
1230	40
1273	0
1276	0
1230	0
1239	0
1239	30
1256	15
1263	7
1264	7

1245	25
1257	13
1251	19

Summary von Enterprise Dynamics:



Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 360 856 1440 2116 2790 3486 4140 4816 5490 6166 6840 7516 8190 8866 9540 10306 11116 11926 12736 13546 14356 15166 15976 16786 17596 18406 19216 20026 20836 21646 22456 23266 24076 24886 25696 26506 27316 28126
Time from 0

Szenario 5:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1270	0
1272	0
1270	0
1270	0
1268	0
1271	0
1272	0
1272	0
1275	0
1270	0
1271	0
1270	0
1271	0
1261	0
1269	0
1269	0
1270	0
1273	0
1269	0
1274	0
1265	4
1269	0
1272	0

1273	0
1274	0
1272	0
1271	0
1269	0
1270	0
1264	6
1270	0

Summary von Enterprise Dynamics:

End of report.

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 380 856 1440 2116 2790 3466 4140 4816 5490 6168 6840 7516 8190 8866 9540 10306 11116 11926 12736 13548 14356 15166 15978 16786 17596 18406 19216 20026 20836 21646 22456 23266 24076 24886 25696 26506 27316 28126
Time from 0

Szenario 6:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
944	68
1038	69
988	70
992	70
937	70
916	70
986	70
901	68
962	63
1002	65
952	65
1033	69
975	65
987	68
1058	70
1039	70
939	68
984	69

942	70
970	70
936	70
991	67
933	69
975	70
976	70
963	68
972	70
1009	70
920	70
930	70

Summary von Enterprise Dynamics:

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 360 056 1440 2116 2790 3406 4140 4816 5490 7149,62/00208/09 9797,40414612509 12398,5397033776 14996,7176/40629 17607,15345/1519 20340,2008370947 22951,382039411 25562,424191/09 26084,063358805

Time from 0

Szenario 7:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1021	70
1063	70
1046	69
1080	70
1042	66
1016	70
1018	70
1049	70
1054	65
1008	65
1046	70
1053	70
1032	69

1046	70
1086	67
1040	67
1013	66
1025	70
1010	68
1075	68
1034	67
1062	66
1012	70
1081	64
1054	69
1082	69
1017	69
1037	69
1098	70
1080	70
1054	68

Summary von Enterprise Dynamics:

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 360 856 1440 2116 2790 3486 4140 4816 5490 6166 6840 7516 8190 8866 10430.876911132 12972.6972275309 15591.388272402 18148.8150298785 20991.3406335961 23597.3574555785 26282.2368469972 28800
Time from 0

Szenario 8:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

Bearbeitete Kunden	Schlange Person
1267	4
1263	8
1274	0
1267	3
1266	4
1267	4
1272	0

1266	5
1272	0
1272	0
1267	5
1274	0
1271	0
1272	0
1269	2
1270	0
1267	3
1270	0
1276	0
1272	0
1273	0
1261	9
1272	0
1266	3
1273	0
1271	0
1273	0
1272	0
1270	1
1266	4
1256	15

Summary von Enterprise Dynamics:

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

Time from 0

Szenario 9:

Daten der Monte-Carlo Simulation:

1274	0
1272	0
1271	0
1272	0

1275	0
1272	0
1275	0
1273	0
1270	0
1275	0
1269	0
1270	0
1268	0
1272	0
1270	0
1272	0
1271	0
1273	0
1272	0
1275	0
1269	0
1270	0
1270	0
1270	0
1272	0
1271	0
1271	0
1270	0
1272	0
1270	0
1271	0

Summary von Enterprise Dynamics:

Entwicklung der Warteschlange vor dem Personenschalter über die Dauer von 8h:

0 300 600 900 1200 1500 1800 2100 2400 2700 3000 3300 3600 3900 4200 4500 4800 5100 5400 5700 6000 6300 6600 6900 7200 7500 7800 8100 8400 8700 9000 9300 9600 9900 10200 10500 10800 11100 11400 11700 12000 12300 12600 12900 13200 13500 13800 14100 14400 14700 15000 15300 15600 15900 16200 16500 16800 17100 17400 17700 18000 18300 18600 18900 19200 19500 19800 20100 20400 20700 21000 21300 21600 21900 22200 22500 22800 23100 23400 23700 24000 24300 24600 24900 25200 25500 25800 26100 26400 26700 27000 27300 27600 27900 28200 28500 28800 29100 29400 29700 30000 30300 30600 30900 31200 31500 31800 32100 32400 32700 33000 33300 33600 33900 34200 34500 34800 35100 35400 35700 36000 36300 36600 36900 37200 37500 37800 38100 38400 38700 39000 39300 39600 39900 40200 40500 40800 41100 41400 41700 42000 42300 42600 42900 43200 43500 43800 44100 44400 44700 45000 45300 45600 45900 46200 46500 46800 47100 47400 47700 48000 48300 48600 48900 49200 49500 49800 50100 50400 50700 51000 51300 51600 51900 52200 52500 52800 53100 53400 53700 54000 54300 54600 54900 55200 55500 55800 56100 56400 56700 57000 57300 57600 57900 58200 58500 58800 59100

Time from 0

7. Quellen

- (1) Prof. Voss-Böhme (2023). *Mathematisch-Stochastische Modelle: Markovketten und Monte-Carlo Simulationen*. Seite 11
- (2) Prof. Voss-Böhme (2023). *Mathematisch-Stochastische Modelle: Markovketten und Monte-Carlo Simulationen*. Seite 16

