

Aufgabenstellung für das Supply Chain Simulation Seminar im Wintersemester 2023/2024

Risk-pooling in Warteschlangensystemen

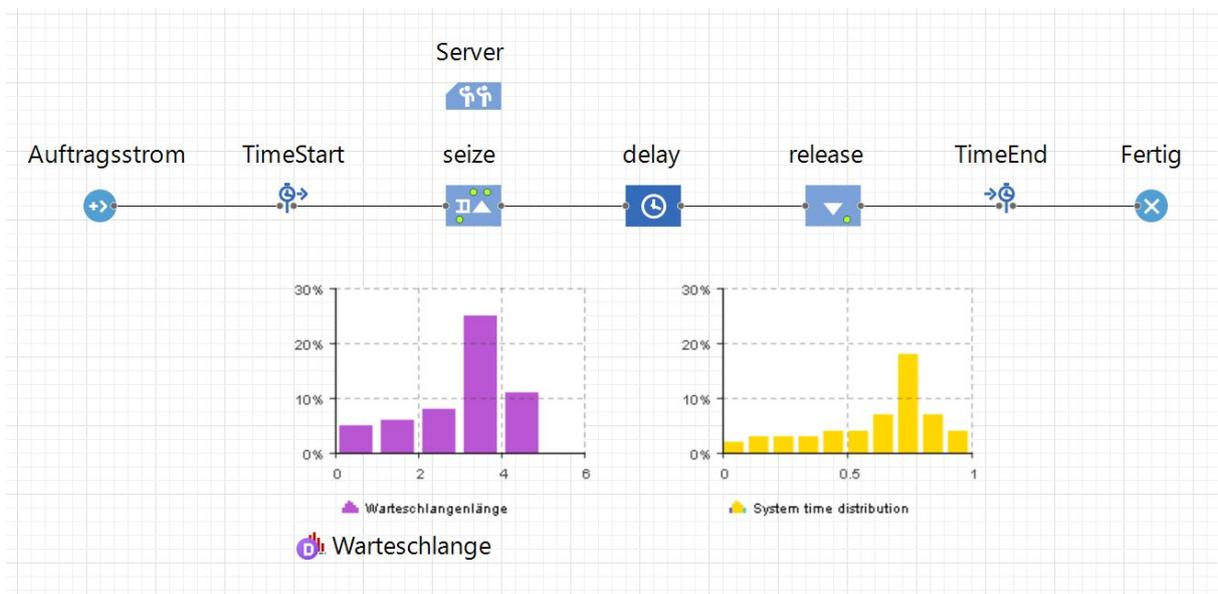
Aufgabe 1.) Sie modellieren ein einfaches Warteschlangensystem mit nur einem Server. Der Server kann deterministisch in 15 Sekunden einen Auftrag abarbeiten. Die Aufträge kommen statistisch unabhängig voneinander in einem Poissonstrom an. Sie führen eine Sensitivitätsanalyse durch. Sie sammeln Kennzahlen für Auftragsströme der folgenden durchschnittlichen Intensitäten:

- 40, 80, 120, 160, 200, 220, und 240 Ankünfte pro Stunde

Wenn der Server gerade einen Auftrag bearbeitet und währenddessen ein neuer Auftrag ankommt, so wartet dieser neue Auftrag in einer Warteschlange, welche nach dem FIFO-Prinzip abgearbeitet wird. Sie sammeln Daten über die durchschnittliche Auslastung des Servers, die durchschnittliche Warteschlangenlänge, die Verteilung der Warteschlangenzustände (0, 1, 2, ... Aufträge in der Warteschlange; Histogramm Daten) und die durchschnittliche Zeit eines Auftrags im Servicesystem, sowie die Verteilung der Zeiten.

Sie simulieren 50000 Aufträge und sammeln jeweils 50000 Datenpunkte für die Kennzahlen. Sie werten die Daten aus und stellen diese in Ihrer Seminararbeit mit geeigneten Methoden (Grafiken, Tabellen) dar. Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Warum verhalten sich die Kennzahlen so wie beobachtet?
- In der Produktion wird oft eine möglichst hohe Auslastung der Maschinen angestrebt. Der Kauf/die Miete der Maschinen kostet Geld und je mehr Produkte mit den Maschinen hergestellt werden können, auf desto mehr Produkte verteilen sich die Kosten der Maschinen. Sollte in einem Servicesystem, in dem eine lange Warteschlangenlänge/Wartezeit negativ ist, ebenfalls eine möglichst hohe Auslastung des Servers angestrebt werden?



Aufgabe 2.) Sie nehmen als Grundlage das Modell aus Aufgabe 1.). Sie betrachten nun zwei Varianten:

- Variante 1: Weiterhin einen Server der deterministisch in 15 Sekunden einen Auftrag abarbeiten kann.
- Variante 2: Zwei Server, welche jeweils deterministisch in 30 Sekunden einen Auftrag abarbeiten können. Die Server sind unabhängig voneinander. Wenn beide Server inaktiv sind und ein neuer Auftrag eintrifft, so ist es egal, welcher der beiden Server diesen Auftrag abarbeitet.

Äquivalent zu Aufgabe 1.) sammeln Sie die gleichen Kennzahlen für Variante 2. Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Welche Unterschiede existieren zwischen den beiden Varianten? Warum verhalten sich die beiden Varianten unterschiedlich?
- Geben Sie betriebswirtschaftlich betrachtet jeweils ein Beispiel für eine Situation, in der Sie Variante 1 bevorzugen würden und ein Beispiel für eine Situation, in der Sie Variante 2 bevorzugen würden.

Aufgabe 3.) Sie nehmen als Grundlage weiterhin das Modell aus Aufgabe 1.). Sie stellen sich nun vor, dass Sie zwei, vier, ... unabhängige identische Auftragsströme, welche bisher unabhängig voneinander abgearbeitet wurden, zu einem Auftragsstrom, welcher gemeinsam abgearbeitet wird, zusammenlegen. Konkret simulieren Sie folgende Szenarien:

- 2, 4, 6, 8, oder 10 Auftragsströme der Art aus Aufgabe 1.) werden zu einem Auftragsstrom zusammengelegt. Beispiel: Wenn zwei Auftragsströme mit jeweils einem Server und einer Intensität von 200 Ankünften pro Stunde zusammengelegt werden, existiert danach ein Auftragsstrom von 400 Ankünften pro Stunde und zwei Server.

Äquivalent zu Aufgabe 1.) sammeln Sie die gleichen Kennzahlen für die verschiedenen Szenarien. Insgesamt sammeln Sie $7 \text{ (Intensitätsstufen)} * 5 \text{ Szenarien} = 35 \text{ Datensätze}$ für diese Aufgabe. Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Warum verhalten sich die Kennzahlen so wie beobachtet?

Der beobachtete Effekt wird „Risk-pooling“ genannt. Je stärker die Verbesserung der Kennzahlen bei Zusammenlegung zwei oder mehr zufälliger Ströme, desto stärker ist der Risk-pooling Effekt. Andersherum betrachtet gilt auch: Je stärker der Risk-pooling Effekt, desto mehr Server können eingespart werden, und trotzdem das Servicelevel von vor der Zusammenlegung gehalten werden. Allgemeiner kann dieser Effekt unter dem Oberbegriff der Synergieeffekte verortet werden. Synergien treten oft auf, wenn zwei Unternehmen zusammengelegt werden.

- Basierend auf den von Ihnen gewonnenen Daten und Erkenntnissen: Lohnt sich eine Zusammenlegung zweier Unternehmen (aus einer Risk-pooling Perspektive) besonders dann, wenn die beiden Unternehmen stark ausgelastet sind (gute Auftragslage), oder wenn die beiden Unternehmen nur wenig ausgelastet sind (schlechte Auftragslage)? Warum?

Aufgabe 4.) Sie nehmen als Grundlage weiterhin das Modell aus Aufgabe 1.). Die Servicezeit beträgt nun allerdings nicht mehr deterministisch 15 Sekunden pro Auftrag, sondern ist zufällig schnell und folgt einer Gammaverteilung. Die Gammaverteilung ist in Anylogic definiert als:

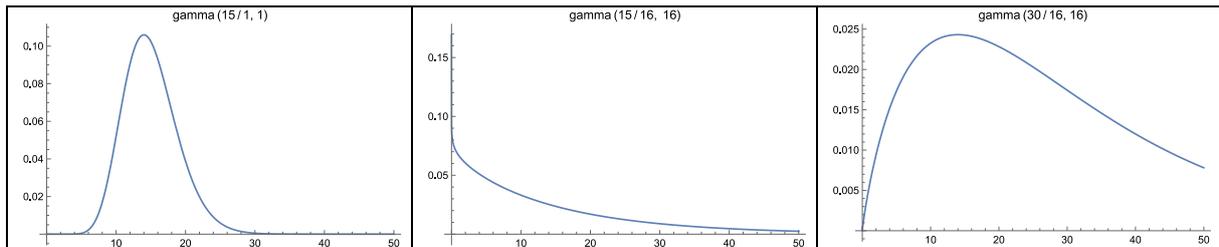
gamma(alpha, beta)

Wobei α der shape parameter ist und β der scale parameter ist.

Der Durchschnitt/Erwartungswert der Gammaverteilung ergibt sich aus: $\alpha * \beta$

Die Varianz der Gammaverteilung ergibt sich aus: $\alpha * \beta^2$

Beispiele für Dichtefunktionen verschiedener Gammaverteilungen:



Sie sollen nun eine Sensitivitätsanalyse mit folgenden Werten für β durchführen:

- $\beta = 1, 2, 4, 8, 16, \text{ und } 32$

Die α Werte wählen Sie so, dass der Erwartungswert immer 15 [Sekunden] Servicezeit beträgt.

Äquivalent zu Aufgabe 1.) sammeln Sie die gleichen Kennzahlen für die verschiedenen Szenarien.

Insgesamt sammeln Sie 7 (Intensitätsstufen) * 6 Betawerte = 42 Datensätze für diese Aufgabe.

Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Warum verhalten sich die Kennzahlen so wie beobachtet? Insbesondere im Vergleich zu den Ergebnissen aus Aufgabe 1.)
- Verändert oder verstärkt sich Ihre Antwort auf die zweite Frage aus Aufgabe 1.), wenn die Servicezeiten nicht deterministisch sind, sondern einer zufallsbasierten Verteilung folgen?

Berechnen Sie nun auch eine zweite Variante wie aus Aufgabe 2.). Es existieren für diese zweite Variante nun also zwei Server mit jeweils einem Erwartungswert für die Servicezeit von 30 Sekunden. Die Betawerte für diese zweite Variante sind wie folgt vorgegeben:

- $\beta = 1, 2, 4, 8, 16, 32, \text{ und } 64$

Sie berechnen für diese zweite Variante 7 (Intensitätsstufen) * 7 Betawerte = 49 Datensätze.

Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Warum verhalten sich die Kennzahlen so wie beobachtet? Insbesondere im Vergleich zu den Ergebnissen aus Aufgabe 2.)
- Welche Handlungsempfehlungen können Sie basierend auf den gewonnenen Daten ableiten? Wann sollte ein Unternehmen einen schnellen Server bevorzugen und wann zwei halb so schnelle Server?

Lösungshinweis: Für die Beantwortung der Fragen kann das Konzept des Variationskoeffizienten hilfreich sein. Der Variationskoeffizient (CV) ist definiert als:

CV = Standardabweichung/Erwartungswert.

Die Standardabweichung ist die Quadratwurzel der Varianz. Je nach α, β Kombinationen haben die Gammaverteilungen einen unterschiedlichen Variationskoeffizienten.

Aufgabe 5.) Sie haben nun zwei Servicesysteme:

- Ein Servicesystem A, welches identisch mit dem aus Aufgabe 1.) ist. Das heißt es existiert ein Server. Ein Auftrag der Art A kann deterministisch in 15 Sekunden erledigt werden.
- Ein zweites Servicesystem B, welches auch einen Server hat. Ein Auftrag der Art B kann deterministisch in 30 Sekunden erledigt werden.
- In beiden Servicesystemen kommen jeweils durchschnittlich 100 Aufträge pro Stunde an.

Ihre Aufgabe ist es nun als erstes die gewohnten Kennzahlen äquivalent zu Aufgabe 1.) zu sammeln. Beachten Sie, dass Sie für diese Aufgabe die Intensität des Auftragsstroms nicht variieren müssen. Die Intensität beträgt immer durchschnittlich 100 Ankünfte pro Stunde pro Servicesystem. Sie sollen in Summe 50000 Aufträge simulieren (also ca. 25000 Aufträge pro Servicesystem).

Nun werden die zwei Server gepoolt. Das heißt die beiden Server stehen jeweils für Aufträge sowohl der Art A, als auch der Art B zur Verfügung. Die Servicezeiten der Auftragsarten liegen weiterhin bei 15, bzw. 30 Sekunden. Die Aufträge werden gemäß der FIFO Regel abgearbeitet. Das heißt zum Beispiel, dass wenn zuerst 10 Aufträge der Art B ankommen und dann 1 Auftrag der Art A, dann werden von den beiden Servern zuerst die 10 Aufträge der Art B abgearbeitet, bevor der Auftrag der Art A an die Reihe kommt.

Äquivalent zu Aufgabe 1.) sammeln Sie die gleichen Kennzahlen. Basierend auf den gewonnenen Daten beantworten Sie in Ihrer Seminararbeit folgende Fragen:

- Welche Auftragsart hat durch die Zusammenlegung der Server-Ressourcen profitiert und welche Auftragsart hat nun ein schlechteres Servicelevel?
- Welche Erkenntnisse können Sie für operative und strategische Überlegungen des Poolings von Ressourcen ableiten?
- Wie könnte es erreicht werden, dass beide Auftragsarten von dem Pooling der Ressourcen profitieren? Sie sollen grob einen Entscheidungsalgorithmus skizzieren, wann welche Auftragsart von den Servern bearbeitet werden sollten. Sie müssen diesen Algorithmus nicht in Anylogic implementieren und auch nicht mit konkreten Zahlen unterlegen.

Bonusaufgabe 5.5.) Sie haben nun nicht zwei Auftragsarten, sondern zwei Serverarten. Einen schnellen Server S15, welcher Aufträge deterministisch in 15 Sekunden abarbeiten kann. Und einen langsamen Server S30, welcher Aufträge deterministisch in 30 Sekunden abarbeiten kann. Sofern nicht anders angegeben, sind die restlichen Vorgaben identisch mit Aufgabe 5.)

Wie fallen die bekannten Kennzahlen äquivalent zu Aufgabe 5.) aus, wenn nun die beiden Server gepoolt werden? Sie sollen zwei Szenarien betrachten:

- Szenario 1: Aufträge des ersten Servicesystems werden präferiert vom Server S15 abgearbeitet, und nur vom Server S30, wenn der Server S15 belegt ist. Aufträge des zweiten Servicesystems, werden umgekehrt präferiert vom Server S30 abgearbeitet, und nur vom Server S15, wenn der Server S30 belegt ist.
- Szenario 2: Der Server S15 ist für beide Servicesysteme der präferierte Server. Der Server S30 wird nur benutzt, wenn der Server S15 belegt ist.

Wie beantworten Sie die Fragen aus Aufgabe 5.) für diese beiden Szenarien?

Lösungshinweis: Mit folgendem Code können Sie überprüfen, ob ein Auftrag von dem Server S15 („S15“ = Name des ResourcePool in Anylogic) bearbeitet wird (Ergebnis: true, wenn von S15 bearbeitet): `agent.resourceUnitOfPool(S15)!=null`

Bonusanalysen:

Sie können Bonuspunkte sammeln, wenn Sie nicht nur jeweils 50000 Aufträge simulieren, sondern durch ein Parameter Variation Experiment in Anylogic deutlich mehr Datenpunkte sammeln und die gewonnenen Daten statistisch sauber auswerten.

Hausarbeit und Abgabe:

Allgemeine Hinweise zur Hausarbeit: Neben den Anylogic-Modellen (und gegebenenfalls anderen Dateien wie Excel-Dokumenten, etc.) ist auch eine schriftliche Hausarbeit anzufertigen. Die schriftliche Hausarbeit soll hauptsächlich Analysen enthalten und keinen Schwerpunkt auf Modellbeschreibungen legen. Bitte beachten Sie, dass Sie die Modelle in AnyLogic selbst, unter Verwendung von Textfeldern und anderen visuellen Hinweisen, verständlich präsentieren sollen. Die Anylogic-Modelle, das Daten sammeln und die Datenauswertungen können in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Die schriftliche Hausarbeit muss in Einzelarbeit verfasst werden. Der Hauptteil der Hausarbeit **soll maximal 10 Seiten (+2 Seiten wenn die Bonusaufgabe 5.5.) bearbeitet wird** umfassen. Titelblatt, Quellen, Anhang und die ehrenwörtliche Erklärung sind in dieser Begrenzung nicht enthalten.

Bei der Ausgestaltung der Hausarbeit soll sich an das Dokument „HINWEISE FÜR WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN“ vom Lehrstuhl gehalten werden (siehe Internetseite des Lehrstuhls unter dem Reiter Abschlussarbeiten Bachelor oder Master). Kleinere Abweichungen sind kein Problem. Dem Exemplar muss folgende schriftliche und unterschriebene ehrenwörtliche Erklärung eingebunden sein:

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit und die dazugehörigen E-Mail Abgaben (insb. die Anylogic-Modelle und Excel-Dateien) eigenständig, ohne fremde Hilfe und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle sinngemäß oder wörtlich übernommenen Textstellen aus Quellen und Literatur habe ich als solche kenntlich gemacht.“

Es muss eine PDF-Version der Hausarbeit und die Anylogic-Modelle (und gegebenenfalls weitere, mit Ihrer Hausarbeit zusammenhängende Dateien) **innerhalb der Bearbeitungszeit** per E-Mail an Christian.Straubert@Uni-Bamberg.de gesendet werden. Achten Sie darauf, dass Sie den kompletten Modellordner (ZIP-komprimiert) abgeben (inkl. z.B. eingebundener Bilder etc.), da sonst die korrekte Darstellung Ihrer Modelle nicht gewährleistet ist. **Sie verwenden dazu unbedingt Ihre offizielle „@stud.uni-bamberg.de“ Email-Adresse.** Andernfalls wird Ihre Abgabe ignoriert. Jedes Gruppenmitglied sendet jeweils eine E-Mail mit der jeweiligen persönlichen Abgabe, inkl. der Gruppenarbeit.

Die Bearbeitungszeit läuft bis einschließlich dem 2024-02-04 um 23:59:59.