

Klausur *Introduction to Simulation*

Gesamtzahl der erreichbaren Punkte: 100  
 Anzahl der Aufgaben: 9  
 Anzahl Seiten: 12 plus Anhang  
 Bearbeitungszeit: 120 Minuten  
 Erlaubte Hilfsmittel: keine

Name:			
Matrikelnummer:		Studiengang/Matrikeljahr:	

**Zur Information:**

**Aus den Vorgaben zur Durchführung schriftlicher Prüfungen der Fakultät für Informatik:**

Wir machen Sie darauf aufmerksam, dass Täuschungsversuche, z.B. die Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel oder Ordnungsverstöße zur Bewertung der Klausur mit der Note „nicht ausreichend“ führen. Sowohl Täuschungsversuche als auch Ordnungsverstöße werden protokolliert. Ordnungsverstöße können nach einer Abmahnung zum Ausschluss von der Klausur führen. Bei Täuschungsversuchen können Sie die Klausur zwar fortsetzen, sie wird aber später mit 5,0 bewertet.

— Der Lehrstuhl für Simulation wünscht Ihnen viel Erfolg! —

### Aufgabe 1: Kontinuierliche Modellierung (10 Punkte).

Ein Modell für die zwischenmenschlichen Beziehungen in einer Wohngemeinschaft berücksichtigt die folgenden Parameter:

- Die jeweilige Stimmung der 3 Bewohner Karsten, Peter und Susi.
- Dem Alkoholpegel von Karsten
- Die Verschmutzung der Küche.

Es gelten die folgenden Annahmen über die Wechselwirkungen zwischen diesen Größen:

- Susi's Stimmung steigt mit einer Rate die proportional ist zur aktuellen Stimmung der Bewohner.
- \* Peter ist eifersüchtig auf Karsten : Je besser es Karsten geht, desto schneller verschlechtert sich Peters Stimmung.
- Je schlechter es Karsten geht, desto mehr Alkohol trinkt er. Der Alkoholpegel steigt umso schwächer, je näher er einem Maximalwert  $A_x$  kommt. Gleichzeitig baut seine Leber den Alkohol proportional zum Pegel ab.
- Darüber hinaus steigert sich Karstens Stimmung proportional zu seinem Alkoholpegel.
- Susi nervt der Küchendrecksack und ihre Stimmung sinkt umso schneller, je dreckiger es in der Küche aussieht.
- Die Verschmutzung der Küche steigt proportional zum Alkoholpegel von Karsten.
- Peter ist in Susi verliebt. Je besser es ihr geht, desto schneller steigt seine Stimmung. Je schlechter es Susi geht, desto mehr bemüht er sich, die Küche zu putzen. Geht es Susi besser als neutral, putzt er dagegen gar nicht.

Nehmen Sie für die Stimmungen einen reellen Wertebereich an. Negative Werte bedeuten schlechte Stimmung. Alkoholpegel und Verschmutzung sind im positiven reellen Bereich. Geben Sie dieses Modell in Form eines Systems gewöhnlicher Differentialgleichungen (*ordinary differential equations*) an! Verwenden Sie die Symbole  $c_1, c_2$  usw. für positive Konstanten. Was wird langfristig aus Karstens Alkoholpegel? Warum?

**Aufgabe 2: Enterprise in Danger (20 Punkte).**

*a) Kontinuierliches Verhalten*

Skizzieren Sie einen typischen Verlauf der Schildenergie und erklären Sie dieses Verhalten!

*b) Simplex-Programmierung*

Geben Sie den Simplex-Programmtext des Ereignisses "Behandlungsphase eins abgeschlossen" an und erläutern Sie ihn!

*c) nönönönönö nönönönönö nönönönönö*

Wie viele Treffer muss die Enterprise aushalten, bis sie zerstört oder gerettet wird. Wie würde eine statistisch aussagekräftige Antwort aussehen? Wie würden Sie sie berechnen? Was bedeutet sie?

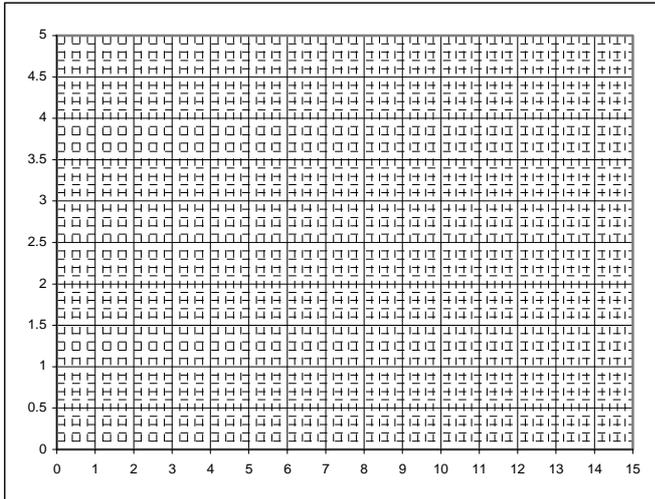
**Aufgabe 3: Analyse von Input-Daten (10 Punkte).**

a) *Quantile-Quantile-Plot.*

Die folgenden zehn Zahlen entstammen einer Messung:



Sie vermuten, diesen Daten liegt eine WEIBULL-Verteillung zugrunde. Um diese Vermutung zu überprüfen, zeichnen Sie im vorbereiteten Bereich ein Quantile-Quantile-Plot, und interpretieren Sie das Ergebnis!



b) *Chi-Quadrat-Test.*

Sie erhalten eine Datei mit Hundert Zahlen zwischen 0 und 1. Diese werden ihrer Größe entsprechend den zehn Intervallen  $(0.1 \cdot (j-1) : 0.1 \cdot j)$ ,  $j=1..10$  zugeordnet. Die Anzahl Zahlen in jedem Intervall sei wie folgt:

$j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anz.										

Jemand behauptet nun, diese Zahlen stammen von einem Zufallsgenerator. Was sagt der Chi-Quadrat-Test dazu? Verwenden Sie einmal  $\alpha = 0.1$  und einmal  $\alpha = 0.05$ . Was bedeuten diese Ergebnisse genau?

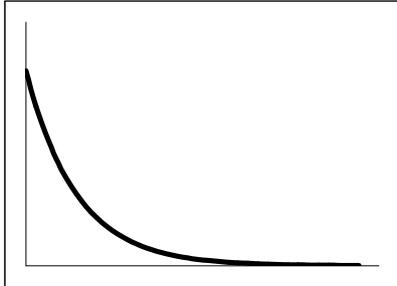
**Aufgabe 4: Zufallsvariablen (10 Punkte).** Die Schule.

*a) Dichtefunktionen*

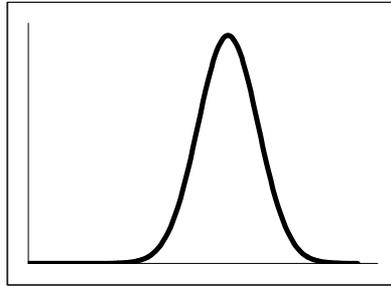
In einer Schule wurden die Verteilungen der folgenden Zufallsgrößen ermittelt:

1. Der durchschnittliche Anfahrtsweg der Schüler
2. Die durchschnittliche Wartezeit in der Cafeteria
3. Die Anzahl Autos, die im Laufe des Vormittags an der Schule vorbeifährt

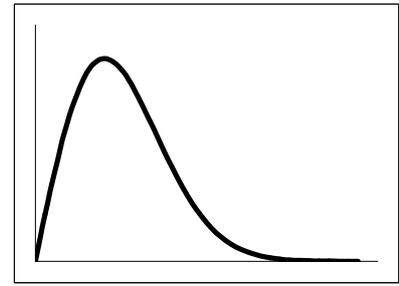
Die Wahrscheinlichkeitsdichten der Verteilungen sehen wie folgt aus:



A



B



C

Ordnen Sie die Graphen A, B und C den Messungen 1, 2, und 3 zu, und erklären Sie Ihre Entscheidung!

*b) Exponentialverteilung*

Der Vorrat des Hausmeisters an Glühbirnen muss wieder aufgestockt werden. Die benötigte Bauart hat eine exponentiell verteilte Lebensdauer von 2000 Stunden. Er hat nun die Möglichkeit neue Glühbirnen zu kaufen für 2 € das Stück, oder 1000 Stunden alte für 1 €. Was empfehlen Sie ihm und warum?

*c) Verteilungsfunktionen*

Die durchschnittliche Körpergröße eines Schülers der Mittelstufe ist  $N(1.60,0.1)$  verteilt. Von den Schülern einer Schule sind  $\frac{1}{2}$  in der Mittelstufe. Wie viele davon in etwa sind zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  groß?

**Aufgabe 5: Petri-Netz (10 Punkte).** In einem Fast-Food-Restaurant kommen Kunden am Tresen und am DriveIn-Schalter jeweils in zufälligen, unterschiedlichen Intervallen an. Der einzige Angestellte bedient die DriveIn-Kunden bevorzugt und unterbricht sogar die Bedienung eines Tresenkunden, falls zwischenzeitlich ein Kunde am DriveIn ankommt und die Schlange am Tresen kürzer als 3 ist. Die Bedienung des wartenden Tresenkunden wird anschließend fortgesetzt, sofern kein weiterer DriveIn-Kunde angekommen ist. Die Bedienzeiten von DriveIn und Tresen sind zufällig und unterschiedlich.

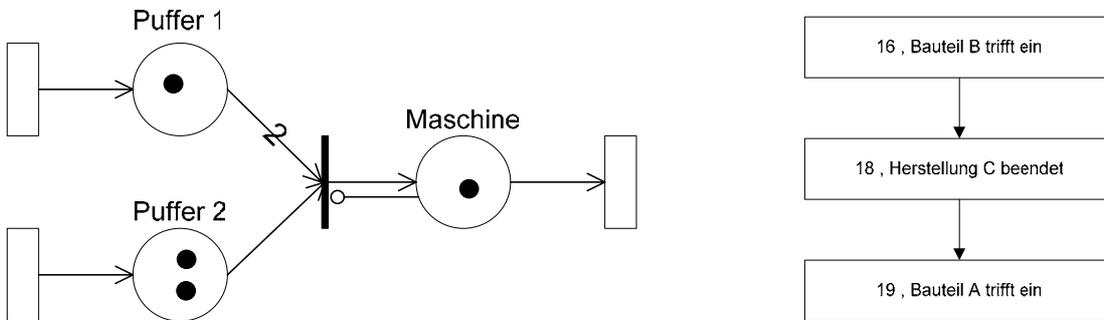
Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass der Strom nach einer bestimmten Zeit ausfällt. In diesem Fall wird jede Bedienung solange unterbrochen, bis die Stromzufuhr wieder hergestellt ist.

Zeichnen Sie ein Petri-Netz-Modell dieses Systems! Kennzeichnen Sie die Transitionen, und welche Race Age bzw. Race Enable sind und erklären Sie, warum dies so ist!

**Aufgabe 6: Ablauf einer diskreten Simulation (10 Punkte).**

In einer Maschine werden zwei Bauteile Sorte A und ein Bauteil von Sorte B zu einem Werkstück C zusammengesetzt. A trifft in Puffer 1 ein und B in Puffer 2 in zufällig verteilten Intervallen ein. Nur wenn mindestens zwei Teile A und ein Teil von B vorhanden sind, wird mit der Herstellung von C begonnen. Diese hat wiederum eine zufällig verteilte Dauer. Es kann zu einem Zeitpunkt immer nur ein Werkstück C hergestellt werden.

Das System wird durch das folgende Petri-Netz dargestellt. Zum Zeitpunkt 15 sind zwei Teile B vorhanden und ein Teil A in den Puffern, und die Maschine bearbeitet ein Werkstück. Die *Future-Event-List* (FEL) im System sieht wie folgt aus.



Die nächsten drei Bearbeitungszeiten sind: ,  und .

Die nächsten drei Zwischenankunftsintervalle für A sind: ,  und .

Die nächsten drei Zwischenankunftsintervalle für B sind: ,  und .

*a) Zustandsvariablen*

Was sind die Zustandsvariablen dieses Systems?

*b) Simulationsablauf*

Skizzieren Sie den Ablauf des Simulationsprogramms von Zeitpunkt  bis Zeitpunkt . Geben Sie dabei die Veränderungen des Systemzustandes an, und welche Ereignisse primär und sekundär sind.

*c) Future Event List*

Wie sieht die FEL zum Zeitpunkt  aus?

**Aufgabe 7: Warteschlangenstrategien (9 Punkte).**

Die folgenden Aufträge (*jobs*) seien in einer Warteschlange eingetroffen:

Auftragsnummer:	A	B	C	D	E
Ankunftszeit:	■	■	■	■	■
Priorität:	■	■	■	■	■
Bearbeitungsdauer:	■	■	■	■	■

a) *Strategien*

Tragen sie die Auftragsnamen geordnet nach den angegebenen Strategien (*queueing strategies/scheduling policies*) in die Warteschlange ein, zunächst ohne das Verlassen der Warteschlange wegen Bearbeitung zu beachten:

(1) First In, First Out (FIFO)

--	--	--	--	--	--

(2) Zuerst Priorität, dann FIFO

--	--	--	--	--	--

(3) Shortest Job First

--	--	--	--	--	--

b) *Wartezeiten*

Nun unter Beachtung der Bearbeitung der einzelnen Aufträge:

Bei der Strategie FIFO: welcher Auftrag hat die längste Wartezeit?

Wie ist die durchschnittliche Wartezeit der Aufträge?

(Als Wartezeit zählt die Zeitdauer, die ein Job sich in der Warteschlange aufhält, bevor er in die Bearbeitung kommt.)

c) *Profit*

Es stehen nur 20 Zeiteinheiten zur Bearbeitung der Aufträge zur Verfügung. Der Profit für bearbeitete Aufträge der Priorität ■ beträgt ■ € bei Priorität ■ dagegen ■ €

Wie hoch ist der Profit bei der Warteschlangenstrategie FIFO?

Welche andere Warteschlangenstrategie könnte diesen Profit vergrößern? Begründen Sie!

**Aufgabe 8: Output-Analyse (11 Punkte).** Wir betrachten zwei unterschiedliche Konfigurationen eines Geldautomatensystems: System I besteht aus einem schnelleren Geldautomaten, während System II zwei langsamere Automaten umfasst. Sie sollen herausfinden, welches System besser ist.

Beide Systeme werden mit jeweils 10 Läufen simuliert, wobei alle 20 Läufe voneinander stochastisch unabhängig sind. Man erhält die folgende Anzahl Kunden in der Warteschlange nach einer Stunde:

Lauf Nr.	System I	System II					
1	■	■					
2	■	■					
3	■	■					
4	■	■					
5	■	■					
6	■	■					
7	■	■					
8	■	■					
9	■	■					
10	■	■					

a) *Vergleich*

Welches System ist besser? (Tipp: Benutzen Sie die leeren Felder für Ihre Berechnungen!)

b) *Interpretation*

Was können Sie zur Aussagekraft dieses Ergebnisses sagen?

c) *Verbesserungsmöglichkeiten*

Nennen Sie zwei Möglichkeiten, um dieses Ergebnis zu verbessern? Erklären Sie Ihre Lösungsvorschläge!

**Aufgabe 9: Verschiedenes (10 Punkte).**

a) Gegeben sei das Anfangswertproblem (*initial value problem*)  $y' = y + t$ ,  $y(0) = 5$ . Dieses soll mit dem Euler-Verfahren mit einer Zeitschrittweite von 1 gelöst werden. Welchen Wert erhält man zum Zeitpunkt  $t = 2$ ?

b) Wir wollen (Pseudo-)Zufallszahlen erzeugen, die  $N(1.6, 0.1)$  verteilt sind. Dazu soll die lineare Kongruenzmethode (*Linear Congruential Method*) verwendet werden. Was sind die ersten vier Werte  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  (ungefähr!), die man erhält, wenn man die Parameter  $N_0$   $N_0$   $N_0$   $N_0$   $N_0$  und den *Seed* (Saat/Samen)  $N_0$   $N_0$   $N_0$   $N_0$ ?

c) Wir betrachten ein Kaufhaus. Geben Sie jeweils ein Beispiel an für

- Ein Ereignis (*event*)
- Eine Aktivität (*activity*)
- Eine Verzögerung (*delay*)
- Eine Entität (*entity*)
- Ein Attribut (*attribute*)

d) Was wird aus dem globalen Fehler (*global error*) des Euler-Verfahrens, wenn man die Schrittweite verfunffacht

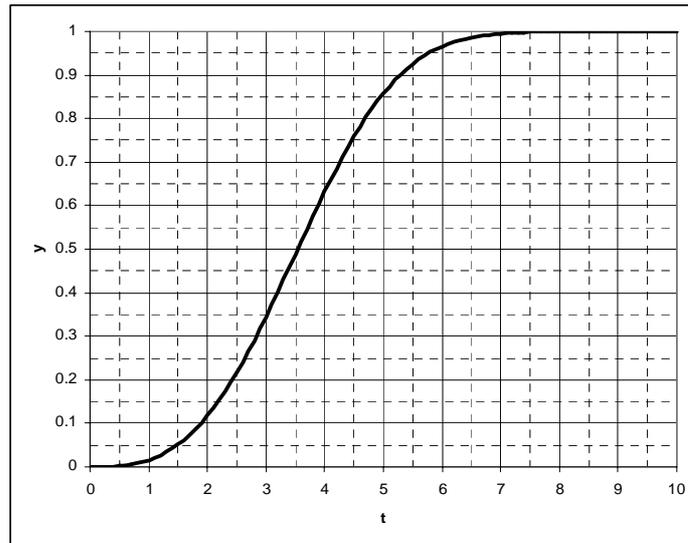
e) An einer Warteschlange in einer Bank kommen neue Kunden ungefähr alle 5 Minuten an, und die Schlange umfasst im Mittel  $N_0$   $N_0$   $N_0$  Personen. Wie lange muss ein Kunde voraussichtlich in der Schlange warten?

**Leere Seite mit Platz für zusätzliche Antworten oder Berechnungen**

**Leere Seite mit Platz für zusätzliche Antworten oder Berechnungen**

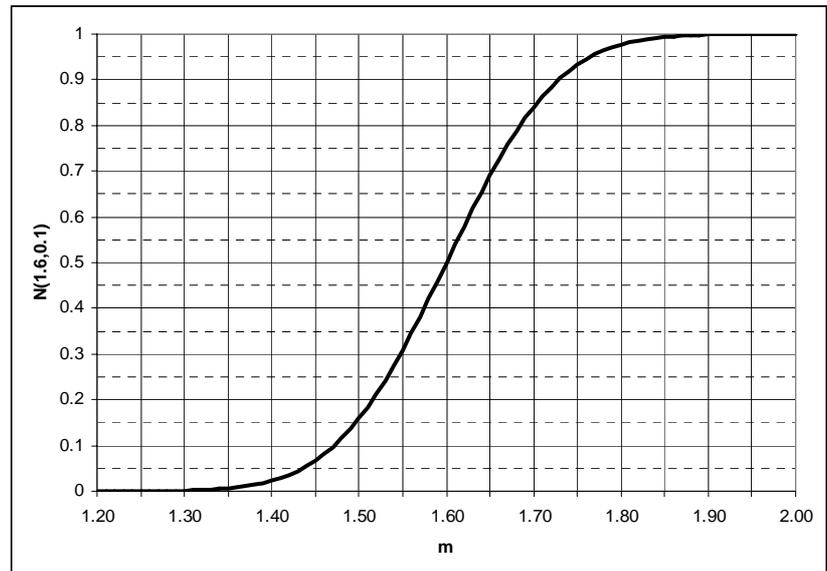
## Anhang

Graph der Funktion  
 $y = \text{Weibull}(\alpha = 3, \beta = 4)$



Der Wert der Student  $t$ -Verteilung für  $\alpha = 0.05$  und 9 Freiheitsgrade beträgt 2.26

Graph der (1.6, 0.1) Normalverteilung



Einige Werte der  $\chi^2$ -Verteilung:

		Anz. Freiheitsgrade				
		8	9	10	11	12
$\alpha$	0.05	15.51	16.92	18.31	19.68	21.03
	0.1	13.36	14.68	15.99	17.28	18.55