

Klausur zur Veranstaltung  
“Gestaltung industrieller Produktionssysteme”  
im WS 2010/2011

**Hinweise:**

- Die Klausur besteht aus **14** Seiten (inkl. Deckblatt). Bitte überprüfen Sie, ob Ihr Exemplar komplett ist und lassen Sie sich ansonsten ein anderes geben.
- Alle Aufgaben in der Klausur sind zu bearbeiten.
- Für jede Aufgabe sind die zu erreichenden Punkte angegeben. Bei einer Klausurdauer von 60 Minuten sind maximal insgesamt 60 Punkte zu erreichen.
- **Der Lösungsweg muss erkennbar sein!** Wenn Sie zur Beantwortung einer Frage eine Formel verwenden, so geben Sie diese zunächst in allgemeiner Form an! **Bitte lesen Sie die Aufgabenstellungen sorgfältig!!**
- Als Hilfsmittel sind ein Taschenrechner, ein nicht vernetzter PC mit Scilab-Programmen Ihrer Wahl und zwei beidseitig beschriebene Hilfsblätter erlaubt.
- **Wichtig:** Wenn Sie Berechnungen mit Scilab o.ä. durchführen, dann geben Sie bitte auch die **Eingabematrizen und -vektoren** an!!!
- Zur Beantwortung der Fragen finden Sie genügend Platz in der Klausur. Bitte reißen Sie die Klausur nicht auseinander und verwenden Sie kein eigenes Papier.
- Tragen Sie bitte zuerst Ihre persönlichen Daten ein.

**Persönliche Daten:**

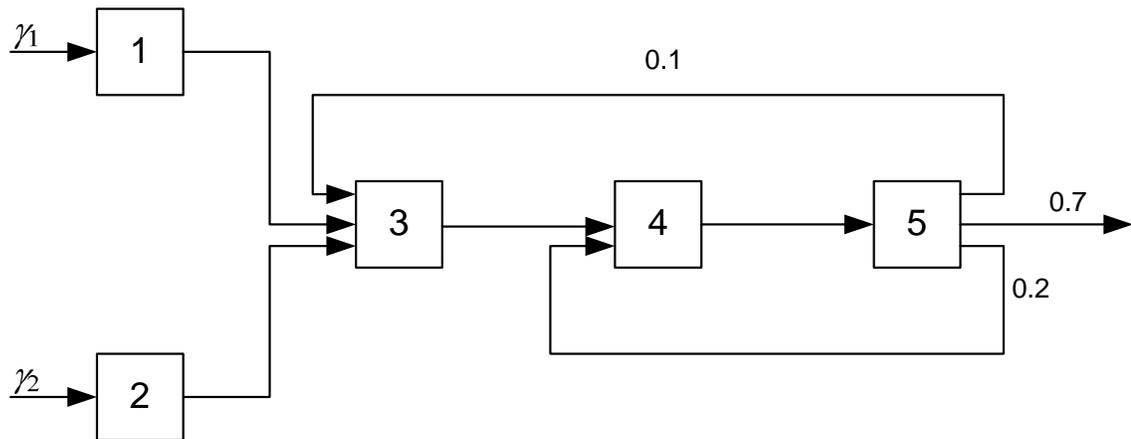
Nachname	Vorname	Matrikelnr.	Studienfach	Semester

**Bewertung:**

Aufg.	1	2	3	Summe
Punkte				

1. Leistungsanalyse von offenen mehrstufigen Ein-Produkt-Produktionssystemen mit unbegrenzten Puffern (24 P.)

- (a) Analysieren Sie das in der folgenden Abbildung dargestellte Netzwerk aus Arbeitsstationen mit jeweils einem Server an den Stationen 1, 3 und 4 sowie zwei Servern an den Stationen 2 und 5. Hergestellt wird eine einzige Produktart.



Die externen Ankunftsraten betragen  $\gamma_1 = 8/h$  und  $\gamma_2 = 10/h$ , die Zwischenankunftszeiten beider Ankunftsströme sind deterministisch. Die Bearbeitungsdauern an allen Stationen außer Station 3 sind exponentialverteilt. Die Bearbeitungszeit an Station 3 ist deterministisch. Die Erwartungswerte der Bearbeitungszeiten an den einzelnen Stationen entnehmen Sie der folgenden Tabelle:

Station $i$	$E[T_s(i)]$ [h]
1	1/12
2	1/9
3	1/25
4	1/27
5	1/23

Berechnen Sie (ggf. unter Verwendung eines geeigneten Scilab-Programms) für jede Station die Ankunftsrate  $\lambda_i$ , die Auslastung  $u_i$ , den quadrierten Variationskoeffizienten  $c_a^2(i)$  der Zwischenankunftszeit, die Durchlaufzeit  $CT(i)$  und den Bestand  $WIP_s(i)$ . Wie groß ist der Gesamtbestand im System, der Durchsatz des Systems und die mittlere Durchlaufzeit? (14 P.)





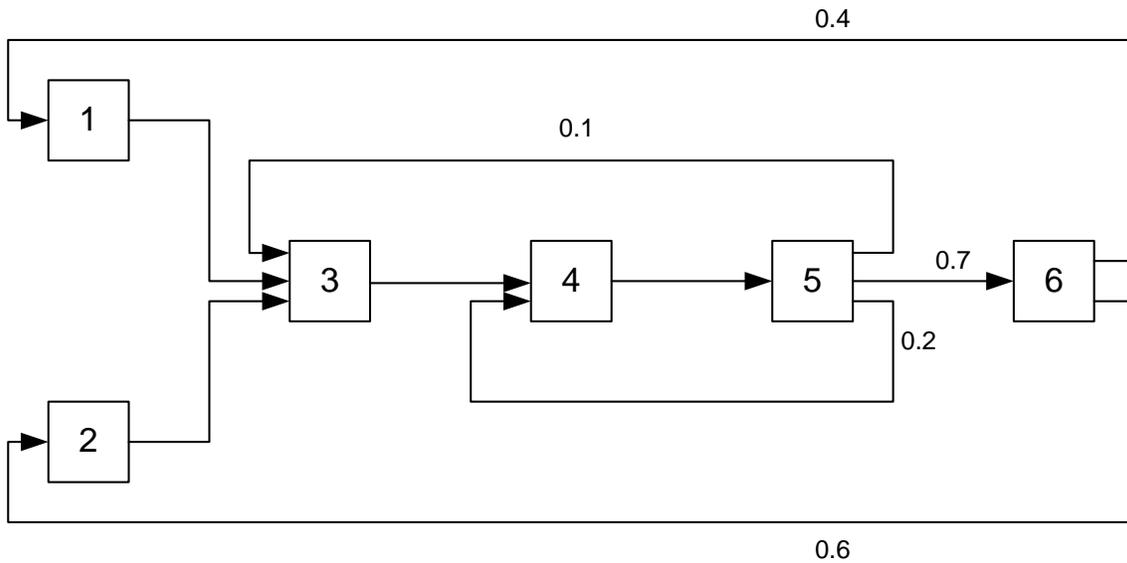
- (b) Unterstellen Sie nun, dass Station 4 unzuverlässig ist. Der Erwartungswert der störungsfreien Laufzeit sei 117 Minuten und der Erwartungswert der Reparaturdauer sei 3 Minuten. Die störungsfreien Laufzeiten und die Reparaturdauern seien exponentialverteilt. Ermitteln Sie für Station 4
- i. die Verfügbarkeit,
  - ii. den Erwartungswert der effektiven Prozesszeit,
  - iii. den quadrierten Variationskoeffizienten der effektiven Prozesszeit,
  - iv. und dann auf Basis dieser Ergebnisse für das in der vorherigen Teilaufgabe beschriebene System die neue Durchlaufzeit und den neuen Bestand für das Gesamtsystem.

(10 P.)



2. Analyse eines geschlossenen Ein-Produkt-Netzwerks. (20 P.)

Analysieren Sie das in der folgenden Abbildung dargestellte Netzwerk aus Arbeitsstationen mit jeweils einem Server zur Herstellung einer einzigen Produktart. Alle Werkstücke sind auf Paletten montiert. Ein Werkstück, welches auf seiner Palette an der Station 6 bearbeitet wurde, wird dann an der Station von der Palette entfernt und durch ein neues Werkstück ersetzt. Das bearbeitete Werkstück verlässt das System. Die Zeit für den Werkstückwechsel an Station 6 ist in der rechnerischen Bearbeitungszeit der Station 6 enthalten.



Die Bearbeitungsdauern an allen Stationen sind exponentialverteilt. Die Erwartungswerte der Bearbeitungszeiten an den einzelnen Stationen entnehmen Sie der folgenden Tabelle:

Station $i$	$E[T_s(i)]$ [h]
1	1/10
2	1/13
3	1/25
4	1/20
5	1/40
6	1/30

- (a) Berechnen Sie für einen Gesamtbestand  $w = 6$  (ggf. unter Verwendung eines geeigneten Scilab-Programms) für jede Station die Ankunftsrate  $\lambda_i$ , die Durchlaufzeit  $CT(i)$  und den Bestand  $WIP_s(i)$ . Wie groß ist der Durchsatz von Station 6? Wie groß sind die quadrierten Variationskoeffizienten der Zwischenankunftszeiten an den Stationen? Ist die Analyse exakt? Warum? (12 P.)



- (b) Variieren Sie nun systematisch den Gesamtbestand  $w$  für Werte von 2 bis 20 (in Zweier-Schritten) und geben Sie in einer Tabelle jeweils den Durchsatz von Station 6 und die Durchlaufzeit durch das System an. Welchen Effekt beobachten Sie? Worauf ist dieser Effekt zurückzuführen? (8 P.)

$w$	Durchsatz von Station 6	Durchlaufzeit durch das Gesamtsystem
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		



### 3. Chargen/Batch-Prozess. (16 P.)

An einer Bearbeitungsstation werden in einem Ofen stets sechs identische Werkstücke gleichzeitig einer Wärmebehandlung unterzogen. Die einzelnen Werkstücke treffen an der Station mit einer Rate von 8 Werkstücken je Stunde ein, der quadrierte Variationskoeffizient der Zwischenankunftszeiten einzelner Werkstücke beträgt 2. Die Bearbeitung startet erst, wenn der Ofen mit sechs Werkstücken voll beladen werden kann, also eine komplette Charge zur Bearbeitung gebildet worden ist. Die Bearbeitungsdauer der Charge in dem Ofen beträgt im Mittel 40 Minuten mit einem quadrierten Variationskoeffizienten von 0,3.

Ermitteln Sie unter Angabe der verwendeten Formeln !!

- (a) die Durchlaufzeit der Werkstücke durch die Station (inklusive der Zeit für die Chargen-Bildung,
- (b) die durchschnittliche Anzahl wartender Chargen und
- (c) den Erwartungswert und den quadrierten Variationskoeffizienten der Zwischenabgangszeit von Chargen aus dem Ofen.
- (d) Unterstellen Sie nun, dass die Chargen nach der Wärmebehandlung wieder aufgelöst werden und die Werkstücke einzeln zu den nächsten Prozessschritten weitergeleitet werden. Wie groß ist der Erwartungswert und der quadrierte Variationskoeffizient der Zwischenabgangszeit einzelner Werkstücke?



