

# Musterklausur 4 für PMfE

(Hauptklausur SS '96)

## Aufgabe 1 (21 Punkte)

### Fragenkatalog

- a) (2 Punkte)  
Erklären Sie die den Unterschied zwischen heißer und kalter Redundanz an einem m-aus-n-System.
- b) (4 Punkte)  
Erklären Sie, wie durch diversitäre Software und redundante Rechenprozesse Fehlertoleranz erzielt werden kann. Nennen Sie je eine Situation, in denen diese Art der Fehlertoleranz versagen würde.
- c) (3 Punkte)  
Erklären Sie die Vorgehensweise bei einer Vorwärtsfehlerbehebung. Nennen Sie Vor- und Nachteile dieser Fehlerbehandlung.
- d) (3 Punkte)  
Was sind essentielle Variablen in GranAda? Was muß bei ihrer Verwendung beachtet werden?
- e) (4 Punkte)  
Erläutern Sie den Unterschied zwischen „analytischen Modellen“ und „Simulationsmodellen“. Geben Sie jeweils an, für welchen Zweck diese Modelle sinnvoll eingesetzt werden können.
- f) (2 Punkte)  
Gegeben sei eine Markow-Kette. Welche Aussagen lassen sich aus der transienten und der stationären Analyse der Markow-Kette ableiten?
- g) (3 Punkte)  
Unter welchen Bedingungen ist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung gedächtnislos. Welche gedächtnislosen Verteilungen gibt es?

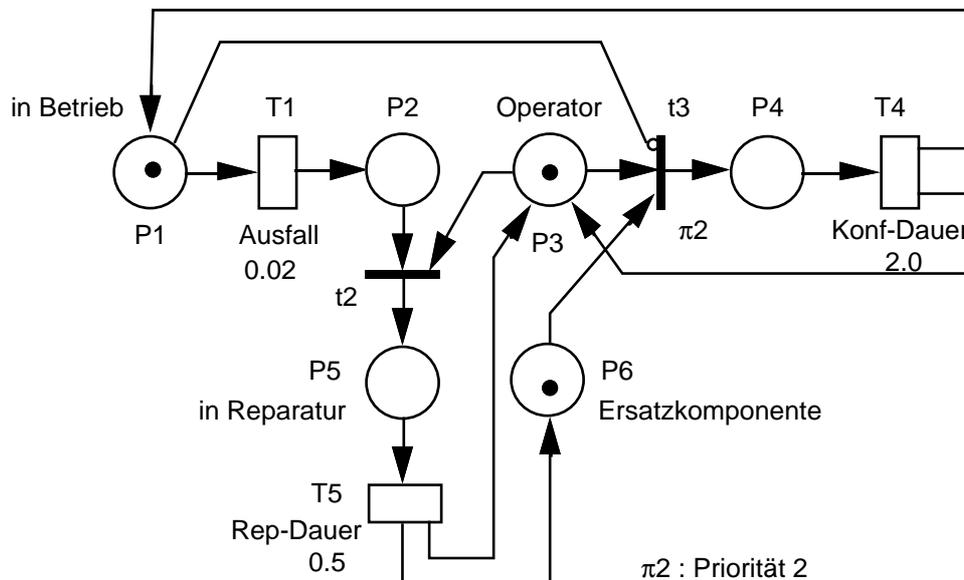
## Aufgabe 2 (28 Punkte)

### Analyse von GSPN

Das untenstehende GSPN modelliert Ausfall und Reparatur eines 2-Komponenten-Systems. Während eine Komponente in Betrieb ist, kann sie ausfallen. Dann wird durch einen Operator

eine bereitstehende Ersatzkomponente konfiguriert und eingesetzt, anschließend repariert der Operator die ausgefallene Komponente. Nach der Reparatur steht diese als Ersatzkomponente bereit.

An den zeitbehafteten Transitionen sind jeweils die Schaltraten angegeben.



- (2 Punkte)  
Nennen Sie eine S- und eine T-Invariante des Modells, ohne die zugehörigen Gleichungssysteme zu lösen.
- (7 Punkte)  
Zeichnen Sie den kompletten Erreichbarkeitsgraphen für das Modell. Stellen Sie **deutlich** die zugehörigen Markierungen und die Ursachen der Zustandsübergänge dar.
- (4 Punkte)  
Zeichnen Sie den Zustandsgraphen der zugehörigen Markow-Kette. Beschriften Sie auch die Kanten des Graphen.
- (5 Punkte)  
Um welche Art der Markow-Kette handelt es sich? Stellen Sie die Generatormatrix der Markow-Kette auf.
- (4 Punkte)  
Stellen Sie das Gleichungssystem auf, das die stationären Zustandswahrscheinlichkeiten beschreibt. Geben Sie eine Reihenfolge an, in der die Gleichungen sukzessive gelöst werden können.
- (4 Punkte)  
Berechnen Sie die stationären Zustandswahrscheinlichkeiten.

f) (2 Punkte)

Ermitteln Sie für das angenommene System die Wahrscheinlichkeit, daß es in Betrieb ist.

### **Aufgabe 3 (29 Punkte)**

#### **Modellierung mit DSPN**

Auf einer unbemannten Bohrplattform seien drei redundante Aggregate installiert, die den Förderbetrieb der Plattform abwickeln. Für die mit warmer Redundanz betriebenen Aggregate ist bekannt, daß jedes im Mittel alle 30 Tage ausfällt. Ein Reserveaggregat übernimmt in diesem Falle automatisch die Funktion. Für das ausgefallene Aggregat ist eine Reparatur erforderlich.

Die Bohrplattform wird in regelmäßigen Abständen von einem Reparaturteam besucht. Das Team erreicht die Anlage genau 10 Tage nach dem Ende des letzten Aufenthaltes. In jedem Fall hält es sich 0,2 Tage auf der Plattform auf. Sind Reparaturen auszuführen, benötigt das Team im Mittel 0,4 Tage, um ein ausgefallenes Aggregat zu reparieren.

Kommt es zum Totalausfall, wird das Reparaturteam sofort angefordert. Es benötigt dann im Mittel einen Tag, bis es an der Plattform eintrifft.

a) (8 Punkte)

Entwickeln Sie ein DSPN, welches das oben skizzierte Problem modelliert. Alle Zeitdauern, für die nur Mittelwerte bekannt sind, seien exponentiell verteilt. Bezeichnen Sie Stellen und Transitionen mit aussagefähigen Namen.

b) (7 Punkte)

Geben Sie Leistungsmaße (in TimeNET-Notation) für folgende Fragestellungen an:

- mittlere Anzahl der ausgefallenen Aggregate
- mittlere Anzahl der verfügbaren Reserveaggregate
- Wahrscheinlichkeit, daß das System total ausgefallen ist
- Wahrscheinlichkeit, daß während des Aufenthalts des Reparaturteams auf der Plattform eine Reparatur ausgeführt werden muß
- Wahrscheinlichkeit, daß das Reparaturteam angefordert werden muß

c) (4 Punkte)

Mit welchen Techniken kann Ihr DSPN-Modell ausgewertet werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

d) (2 Punkte)

Erläutern Sie, was eine eingebettete Markow-Kette in einem DSPN-Modell beschreibt.

e) (8 Punkte)

Zeichnen Sie die Zustandsgraphen von zwei zugeordneten Markow-Ketten, die in Ihrem Modell zu identifizieren sind. Bezeichnen Sie **deutlich** die Zustände und die Zustandsübergänge.

#### **Aufgabe 4 (15 Punkte)**

##### **Modellierung mit Warteschlangen**

Gegeben sei ein Kommunikationssystem, das die Sensoren in einer Produktionsanlage mit einem Prozeßrechner verbindet. Die Übertragung der Nachrichten soll mit einer Warteschlange modelliert werden.

An das System sind 8 Sensoren angeschlossen. Es ist bekannt, daß jeder der Sensoren im Mittel alle 4 s eine Nachricht aussendet. Die Zwischenankunftszeiten der Nachrichten werden als exponentialverteilt angenommen.

Es kann immer nur eine Nachricht übermittelt werden, weitere 9 Nachrichten können vom System gespeichert werden. Die Übermittlung einer Nachricht dauert im Mittel 125 ms und ist ebenfalls exponentialverteilt.

a) (2 Punkte)

Welche Art der Warteschlange kann zur Modellierung verwendet werden. Benutzen Sie zur Beschreibung die Notation nach Kendall.

b) (3 Punkte)

Berechnen Sie die Auslastung des Kommunikationssystems.

c) (3 Punkte)

Wenn der vorgesehene Puffer gefüllt ist und eine neue Nachricht eintrifft, geht diese verloren. Entscheiden Sie, ob die gegebene Konfiguration in der Lage ist, eine Verlustwahrscheinlichkeit kleiner als  $10^{-6}$  zu gewährleisten.

d) (4 Punkte)

Berechnen Sie die Zeit, die eine Nachricht im Mittel auf ihre Übertragung warten muß.

e) (3 Punkte)

Diskutieren Sie die Benutzung von stochastische Modellen wie Warteschlangen oder stochastischen Petri-Netzen zur Modellierung sicherheitskritischer Systeme? Inwieweit sind die oben durchgeführten Untersuchungen für eine definitive Zusicherung der Übertragungssicherheit geeignet?