



## Auslegung von Flugzeugsystemen SS 2004

Datum: 05.07.2004

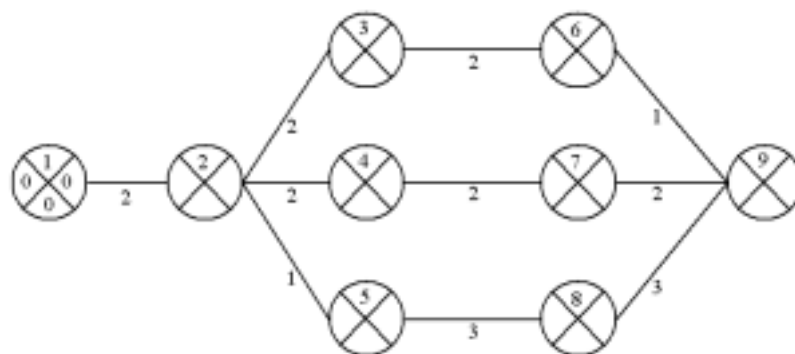
Bearbeitungszeit: 180 Minuten

Name:		Vorname:	
Matrikelnummer.:			
Punkte:	von 38	Note:	

### 1. Klausurteil

ohne Unterlagen, 14 Punkte, 45 Minuten

- 1.) Komplexe Systeme entstehen durch eine Kopplung von Subsystemen. Nennen Sie 4 verschiedene Systemstrukturen, die sich hinsichtlich der Art der Kopplung der Subsysteme unterscheiden!
- 2.) Beschreiben Sie in wenigen Worten oder durch eine beschriftete Skizze das *V-Modell* im Zusammenhang mit der Spezifikation und Verifikation von System!
- 3.) Gegeben ist ein angefangener Netzplan nach der *Critical Path Method* (CPM). Die Dauer der einzelnen Vorgänge ist an den „Kanten“ des Netzplanes angegeben. Vervollständigen Sie den Netzplan. Berechnen Sie die Pufferzeit und tragen Sie diese an den „Knoten“ ein. Kennzeichnen Sie den *kritischen Pfad*!

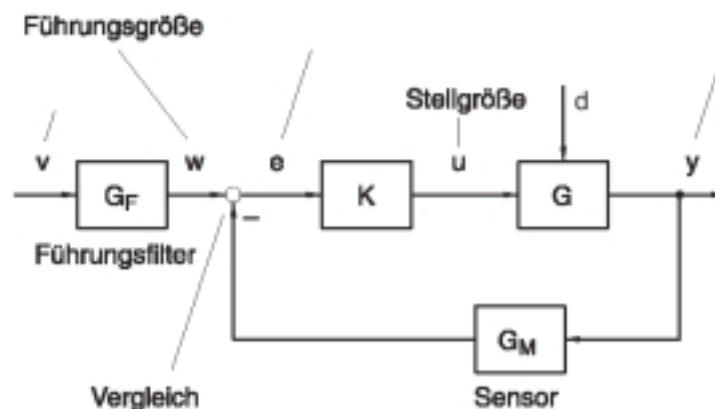


- 4.) Drei Systemvarianten sind auf Seite 2 gegeben: A, B und C. Sie sollen mit Hilfe der Nutzwertanalyse bewertet werden. Aufgabe ist, die beste Variante auszuwählen. Merkmale der Systeme sind (Gewichtungsfaktoren in Klammern): Masse (3), Zuverlässigkeit (2), Wartbarkeit (2) und Preis (3). Die Systeme werden hinsichtlich ihrer Merkmale mit Zahlen von 1 bis

10 bewertet (1 schlecht; 10 sehr gut). Die Bewertung der Merkmale der Systeme ist in der Tabelle angegeben. Welche Systemvariante ist die beste?

	A	B	C
Masse	5	1	8
Zuverlässigkeit	7	5	4
Wartbarkeit	2	7	3
Preis	4	6	3

- 5.) Die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis A ist 0,3 und für ein Ereignis B: 0,4. A und B sind unabhängige Ereignisse, die sich nicht gegenseitig ausschließen. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür das B eintritt A jedoch nicht.
- 6.) Welche Eigenschaft muss die Fehlerrate  $\lambda(t)$  aufweisen, damit für die Zuverlässigkeit  $R(t)$  die Exponentialverteilung gilt? Welche Annahmen müssen dazu in der Praxis gelten?
- 7.) Was versteht man unter der „Badewannenkurve“?
- 8.) Berechnen Sie die Mean Time Between Unscheduled Removals (MTBUR) eines elektronischen Subsystems. Die Fehlerrate des Subsystems ist mit  $10^{-4}$  pro Flugstunde angegeben. Die Failure To Removal Ratio (FTRR) wird auf 0,35 geschätzt.
- 9.) Worin besteht der Unterschied zwischen "white box" und "black box" Simulation?
- 10.) Erklären sie den Begriff "Echtzeitsimulation".
- 11.) Erklären sie den Begriff "Hardware in the loop Simulation".
- 12.) Tragen Sie in die unten gegebene Darstellung eines Regelkreises die fehlenden Bezeichnungen ein für: a) die Größen  $v$ ,  $e$ ,  $d$ ,  $y$  und b) für die Übertragungsblöcke, die mit K und G gekennzeichnet sind.



- 13.) Die mathematische Modellbildung führt auf die Differentialgleichung eines Systems

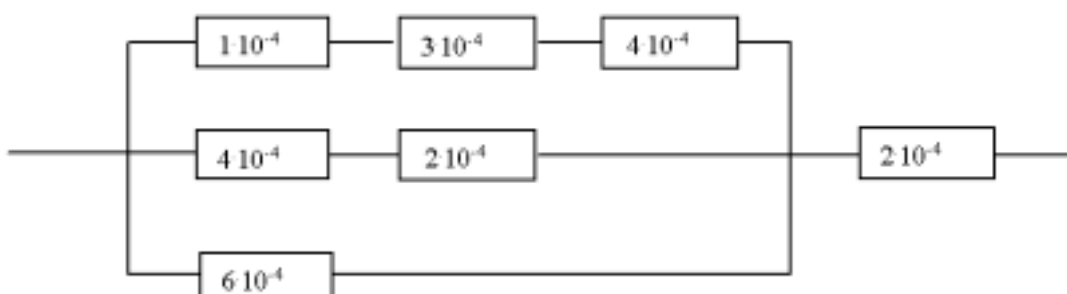
$$m\ddot{x} + d\dot{x} + cx = c x_i$$

Dabei ist  $x$  die Ausgangsgröße und  $x_i$  die Eingangsgröße. Stellen Sie die Gleichung so um, dass eine numerische Integration möglich wird, bzw. eine blockschaltbild-basierte Beschreibung dieses Systems erleichtert wird.

**2. Klausurteil**

mit Unterlagen, 24 Punkte, 135 Minuten

- 14.) Es sollen die Betriebskosten eines Systems berechnet werden (in US\$ pro Jahr) aus der Abschreibung, den Kraftstoffkosten für den Transport der Systemmasse und den Wartungskosten. Der Systempreis beträgt 100000 US\$ und wird über 15 Jahre mit einem Restwert von 10% abgeschrieben. Es fallen für das System pro Jahr 100 Wartungsstunden à 69 US\$ an. Die Materialkosten belaufen sich auf 1100 US\$ pro Jahr. Das System hat eine Masse von 100 kg. Es wird vereinfachend angenommen, dass die 10 Stunden des Fluges unter Reiseflugbedingungen zurückgelegt werden. Dabei ist die Gleitzahl 18 und der spezifische Kraftstoffverbrauch  $16 \cdot 10^{-6}$  kg/(Ns). Das Flugzeug führt unter gegebenen Einsatzbedingungen 430 Flüge pro Jahr durch. Der Kraftstoff kostet 0,2 US\$/kg. (4 Punkte)
- 15.) Wie viel Flüge wird ein Flugzeug im Jahr etwa durchführen können, wenn es das ganze Jahr hindurch eine Flugmission mit jeweils einer Dauer von 12 Flugstunden durchführt? (2 Punkte)
- 16.) Ein Flugzeug hat im Reiseflug eine mittlere Masse von 80000 kg. Es hat 2 Triebwerke mit je 140 kN Startschub. Es wird vereinfachend angenommen, dass die 10 Stunden des Fluges unter Reiseflugbedingungen zurückgelegt werden. Dabei ist die Gleitzahl 18 und der spezifische Kraftstoffverbrauch  $16 \cdot 10^{-6}$  kg/(Ns). Von den Triebwerken wird während des ganzen Fluges eine Wellenleistung von 200 kW abgenommen. Wie viel Kraftstoff wird dafür etwa während des Fluges verbraucht? (2 Punkte)
- 17.) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine Komponente nach der dreifachen MTBF-Zeit im Betrieb noch funktionsfähig ist? (1 Punkt)
- 18.) Gegeben ist ein Zuverlässigkeitsblockdiagramm mit den Fehlerraten der Subsysteme gegeben in 1/FH.
- Berechnen Sie die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems mit vereinfachten Annahmen (im Kopf)! (2 Punkte)
  - Berechnen Sie mit Hilfe der korrekten Gleichungen und dem Taschenrechner die Ausfallwahrscheinlichkeit für den obersten Zweig in der Parallelschaltung! (3 Punkte)



- 19.) Eine Komponente hat eine MTBF von 3000 Stunden. Für eine Reparatur der Komponente werden 48 Stunden benötigt. Berechnen Sie die (durchschnittliche) Verfügbarkeit der Komponente! (1 Punkt)
- 20.) Berechnen Sie die direkten Wartungskosten (DMC) pro Jahr für die ungeplante Wartung eines mechanischen Subsystems. Die Fehlerrate des Subsystems ist mit  $10^{-5}$  pro Flugstunde angegeben. Die Failure To Removal Ratio (FTRR) ist nach üblicher Erfahrung anzunehmen (siehe Skript). Für die Wartungsstunde setzen Sie 69 US\$ an. Materialkosten sollen hier vernachlässigt werden. Am Flugzeug wird ein Reparaturzeit des mechanischen Subsystems angesetzt von 2 Stunden. In der Werkstatt ist der Zeitaufwand doppelt so hoch. Flugmissionsdaten: Flugzeit: 10 Flugstunden, 430 Flüge pro Jahr. (3 Punkte)
- 21.) Schätzen Sie die Masse für das ATA-Kapitel 23 (Communication) "Top Down" nach Skript für ein Flugzeug mit einer maximalen Abflugmasse von 240000 kg. (1 Punkt)
- 22.) Bei einem Flugzeug mit T-Leitwerk befindet sich die Höhenrudermechanik 10 m über dem Boden. Im frühen Flugzeugentwurf wird überlegt stattdessen ein normales Leitwerk in 3 m Höhe vorzusehen. Wie wirkt sich das aus auf den Faktor für die Erreichbarkeit M1 der vergleichenden Wartbarkeitsanalyse (nach VDI bzw. AI)? (1 Punkt)
- 23.) Die Flugzeugkabine eines parkenden geschlossenen Flugzeugs (Klimaanlage abgestellt) enthält eine Luftmasse von 1000 kg. Durch verschiedene Vorgänge der Wärmeübertragung wird dem Flugzeug eine konstante(!) Leistung von 10000 W zugeführt. Die spezifische Wärmekapazität der Luft beträgt etwa 1 kJ/(Kg K). Wir interessieren uns für den Verlauf der Lufttemperatur, die zunächst 20 °C beträgt.
- Wie lautet die Gleichung, die den dargelegten Vorgang beschreibt?
  - Geben Sie die Gleichung in einer Form an, wie es für eine numerische Integration zweckmäßig ist!
  - Zeichnen Sie ein Blockschaltbild, wie Sie es im Programm *Simulink* für die Lösung der Gleichung nach b) eingeben würden!
  - Wo geben Sie in *Simulink* die Temperatur 20 °C ein?
  - Wie nennt man in der Regelungstechnik das hier vorliegende System?
  - Berechnen Sie die Temperatur nach 2000 s!

(4 Punkte)