

Lösung zur
§17-Klausur Flugzeugsysteme WS 00/01

Datum: 25.01.2001

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

- Hinweise:**
- Die Bearbeitung der Klausur erfolgt ohne Unterlagen.
 - Geben Sie die Aufgabenzettel ab - sie enthalten Ihre Antworten.
 - Bei den Multiple-Choice-Aufgaben kreuzen Sie bitte die angebotenen richtigen Aussagen an.
 - Zu einer Multiple-Choice-Aufgabe kann jede der angebotenen Aussagen richtig oder falsch sein. Es können daher mehrere angebotene Aussagen oder auch keine der angebotenen Aussagen zu einer Aufgabe richtig sein. Eine Aufgabe ist dann korrekt gelöst, wenn jede der angebotenen Aussagen korrekt als richtig bzw. falsch erkannt wurde!

Luftfahrtausdrücke

Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache. (Hinweis: Wenn Sie die genaue Bezeichnung nicht wissen, dann beschreiben Sie den Begriff möglichst präzise. Das gibt dann noch die halbe Punktzahl).

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. oxygen | Sauerstoff |
| 2. checkvalve | Rückschlagventil |
| 3. pressure relief valve | Druckbegrenzungsventil |
| 4. priority valve | Vorrangventil |
| 5. vertical speed indicator | Variometer |
| 6. directional giro | Kurskeisel |

7. artificial horizon	künstlicher Horizont
8. turn indicator	Wendezeiger
9. global positioning system	Satellitennavigation

Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache.

1. Kraftstoff	fuel
2. Instrumentenlandesystem	instrument landing system
3. Trägheitsnavigationssystem	inertial navigation system
4. Steuerhorn	control column
5. Knüppel	stick
6. Seitenruderpedal	rudder pedal
7. künstliches Gefühl	artificial feel
8. Vorflügel	slats
9. Landeklappen	flaps

Flugzeugsysteme allgemein

- 1.) Die ATA Spezifikation 100 wurde verfasst ...
 - ... zur Normierung von Scheuerpulver.
 - ... zur Gliederung der Systemabteilungen der Flugzeughersteller.
 - ... zur Standardisierung der Flugzeughandbücher.

- 2.) Nennen Sie drei verschiedene technische Möglichkeiten zur Beheizung einer Flugzeugkabine!

Die Luft in der Kabine kann durch Zapfluft vom Triebwerk, Verbrennungsheizer, elektrische Heizer, Abgas-Luft-Wärmetauscher oder durch Kompression aufgeheizt werden.

- 3.) Beschreiben Sie kurz das grundlegende Prinzip der Druckregelung einer Flugzeugkabine! Gehen Sie dabei auf die Zufuhr der Luft in die Kabine und die Abfuhr der Luft aus der Kabine ein.

Über die Klimaanlage wird der Kabine ein in etwa konstanter Volumenstrom zugeführt. Die Druckregelung in der Kabine geschieht durch Regelung des Luftabflusses aus der Kabine. Wird weniger Luft abgeführt als zugeführt, dann steigt der Druck in der Kabine. Wird mehr Luft abgeführt als zugeführt, dann sinkt der Druck.

- 4.) Erklären Sie den Begriff "Kabinenhöhe"!

Dem jeweiligen Druck in der Kabine entspricht nach den Bedingungen der Standardatmosphäre eine bestimmte Höhe. Dies ist die Kabinenhöhe. In einer Druckkabine ist die Kabinenhöhe in der Regel geringer als die Flughöhe, weil der Druck in der Kabine höher ist als der Umgebungsdruck.

- 5.) Wozu dient das Funksystem ACARS (*Aircraft Communication Addressing and Reporting System*)?

ACARS dient primär zur Datenübermittlung vom Flugzeug zur Bodenstation der Fluggesellschaft. Die Datenübermittlung ist aber auch in umgekehrter Richtung möglich.

- 6.) Mit welcher Frequenz werden Flugzeugdrehstrombordnetze betrieben?

400 Hz

- 7.) Beschreiben Sie kurz das Prinzip und die einzelnen Schritte beim Löschen eines Feuers am Triebwerk (im Flug)!

Der Pilot wird über die Feuerwarnanlage über das Feuer alarmiert.

Aktionen: 1.) Brandherd isolieren: Kraftstoffzufuhr, Luftversorgung, Hydraulikpumpen, Generatoren. 2.) Löschung vorbereiten. 3.)

Auslösepatrone im Löschmittelbehälter zünden => gasförmiges Löschmittel strömt über Rohrleitungen zwischen Triebwerksverkleidung und Triebwerk.

4.) Bei "two shot system": nach Wartezeit zweiten Löschmittelbehälter zünden.

- 8.) Erklären Sie die Begriffe "reversible Flugsteuerung" und "irreversible Flugsteuerung"!

"Reversible Flugsteuerung": Der Pilot steuert das Flugzeug (zum Teil) mit seiner eigenen Kraft. Luftkräfte können von den Steuerflächen zurück zu den Bedienorganen (Steuerhorn, Pedale, Knüppel) im Cockpit gelangen.

"Irreversible Flugsteuerung": Die Steuerflächen werden durch Stellsysteme mittels Sekundärenergie (Hydraulik, Elektrik) bewegt. Die Stellsysteme halten die Steuerflächen auch gegen Luftkräfte fest. Luftkräfte z. B. durch Turbulenzen oder Böen an den Steuerflächen wirken nicht auf die Bedienorgane zurück.

- 9.) Ein Belüftungstank (*surge vent tank*) ...

X ... nimmt aus den Haupttanks eingedrungenen Kraftstoff auf.

X ... ist offen zur Außenluft.

O ... wird zu etwa $\frac{3}{4}$ gefüllt, wenn die Tanks das angegebene maximale Kraftstoffvolumen aufnehmen sollen.

X ... führt seinen Kraftstoff an die Haupttanks zurück.

- 10.) Nennen Sie den Unterschied zwischen einem "Gleichgangzylinder" und einem "Differentialzylinder"? (Die Beantwortung ist auch mit Hilfe einer Skizze möglich.)

Gleichgangzylinder: Durchgehende Kolbenstange; die beiden Kolbenflächen sind gleich groß.

Differentialzylinder: Am Kolben einseitig angebrachte Kolbenstange; die Kolbenflächen auf der Seite der Kolbenstange ist kleiner (Kreisringfläche) als die Seite ohne Kolbenstange.

- 11.) Welche Besonderheit ist bei Verwendung eines Differentialzylinders gegenüber der Verwendung eines Gleichgangzylinders bezüglich des Hydrauliksystems zu beachten?
Beim Gleichgangzylinder ist unabhängig von der Bewegungsrichtung die eintretende Hydraulikmenge gleich der austretenden Hydraulikmenge. Das Gegenteil ist der Fall beim Differentialzylinder. Dadurch ändert sich bei Verwendung eines Differentialzylinders die Menge der Hydraulikflüssigkeit im Hydrauliksystem. Das Reservoir gleicht den Flüssigkeitsbedarf aus. Dadurch ändert sich die Hydraulikmenge im Reservoir.
- 12.) Nennen Sie zwei Aufgaben eines Druckspeichers (Akkumulators) im Hydrauliksystem!
Kurzzeitige Versorgung des Systems, Dämpfung von Schaltimpulsen, Dämpfung von Pulsationen aus der Pumpencharakteristik.
- 13.) Nennen Sie drei physikalische Prinzipien, die zur Enteisung bzw. Eisverhütung an Flugzeugen während des Fluges eingesetzt werden!
Pneumatische Enteisung, Flüssigkeitsenteisung, Warmluftenteisung (bzw. -eisverhütung), elektrische Eisverhütung.
- 14.) X QNH ist der Luftdruck in der Höhe des Meeresspiegels.
X QFE ist der Luftdruck in der Höhe des Flugplatzes.
O QNE ist der Luftdruck an der zentralen deutschen Wetterwarte in Offenbach.
O QDM ist die Standardeinstellung des Höhenmessers bezogen auf ein Druckniveau von 1013,25 hPa.
O QNH ist der Luftdruck an der zentralen deutschen Wetterwarte in Offenbach.
- 15.) Ein Flugzeug steuert nach Kompass einen Kurs von 180° . Die Ortsmissweisung beträgt -4° . Es wird angenommen, dass der Kompass vollständig kompensiert ist. Wind aus östlichen Richtungen sorgt für eine Abdrift von 6° . Berechnen Sie den Kurs über Grund!
 $180^\circ - 4^\circ + 6^\circ = 182^\circ$
- 16.) Wieviel Satelliten muß ein GPS-Gerät mindestens empfangen, um eine Position im Raum (Standort und Höhe) zu berechnen?
Mindestens 4 Satelliten.
- 17.) O In der Regel werden sowohl die Räder am Bugfahrwerk wie auch am Hauptfahrwerk gebremst um eine optimale Bremswirkung zu erzielen.
O Aufgrund der Zulassungsvorschriften (FAR/JAR 25) müssen grundsätzlich zwei Räder an jedem Fahrwerksbein vorhanden sein.
X Schmelzsicherungen dienen dazu bei extrem hohen Reifentemperaturen eine Reifenexplosion zu vermeiden.
O In der Regel kommen Diagonalreifen (*tube type*) zum Einsatz.

- 18.) Woher kommt bei den meisten Passagierflugzeugen der Sauerstoff für die Sauerstoffmasken, die in der Kabine über den Sitzen installiert sind?
Aus chemisch arbeitenden Sauerstoffgeneratoren.
- 19.) Woher kommt das Abwasser, welches das Flugzeug über Abflußstutzen (*drain masts*) nach außen verläßt?
Aus den Handwaschbecken und aus den Abflüssen der Bordküchen. (NICHT aus der Toilette!)

Flugzeugsysteme des Airbus A321

- 20.) Wenn das Flugzeug geschleppt werden soll, dann ...
- ... darf das Bugfahrwerk nicht vollständig ausgefedert sein.
 - ... darf das Bugrad nicht mehr als 95° ausgelenkt werden.
 - ... muß der Sicherheitsstift (*safety pin*) am *towing lever* an der *electrical box* am Bugfahrwerk entfernt werden. Der *towing lever* muß federbelastet in seiner Endstellung einrasten.
- 21.) Wenn das Flugzeug nach der Landung für den nächsten Flug vorbereitet wird (*turn around*) dann ...
- ... müssen alle Türen und Fenster geschlossen werden.
 - ... müssen Sensoren und Einlässe abgedeckt werden.
 - ... muß das Wassersystem drucklos gemacht werden.
 - ... müssen die Fahrwerke durch Absteckstifte und Manschetten gesichert werden.
- Hinweis: Der *turn around* dauert 30 Minuten bis wenige Stunden. KEINE der beschriebenen Maßnahmen ist dabei erforderlich! Es darf nichts angekreuzt werden!
- 22.) Der *water extractor* im *air conditioning pack* arbeitet ...
- ... mit elektrischer Energie.
 - ... durch Ionisation der Luft mittels einer schwach radioaktiven Quelle.
 - ... mit einem *air-to-oil heat exchanger* (angeschlossen an das Hydrauliksystem).
 - ... mit Hilfe der Zentrifugalkraft.
- 23.) Zapfluft aus dem Verdichter der Triebwerke gelangt nach längerem Weg schließlich über die Klimaanlage in die Kabine. Auf diesem Weg strömt die Luft durch verschiedene Wärmetauscher. Darunter befinden sich:
- precooler*,
 - aftercooler*,
 - primary heat exchanger*,
 - secondary heat exchanger*,
 - main heat exchanger*,
 - reheater*,
 - recooler*,
 - condensor*.

- 24.) Über welches Gerät können die Piloten den Flugplan eingeben?
Über die *Multipurpose Control & Display Unit* (MCDU).
- 25.) Alle Generatoren der A321 produzieren Drehstrom. Welche Geräte sorgen dafür, dass auch Gleichstrom zur Verfügung steht? Wieviel derartiger Geräte gibt es an Bord?
Die *Transformer Rectifier Units* (TRU) wandeln den Drehstrom in Gleichstrom um. Die A321 hat 3 TRUs.
- 26.) Welche Komponenten sind zum Feuerschutz in den Toiletten (*lavatories*) eingebaut?
In den Toiletten ist ein Rauchmelder (*smoke detector*) eingebaut sowie ein Feuerlöschsystem (*extinguishing system*). (Das Feuerlöschsystem besteht im wesentlichen aus einer mit Halon gefüllten Kugel zum Löschen eines Feuers im Abfallbehälter.)
- 27.) Nenne Sie drei verschiedene Computer des Flugsteuerungssystems!
ELAC, SEC, FAC, FCDC, SFCC
- 28.) Warum wird der maximal mögliche Seitenruderausschlag bei hohen Fluggeschwindigkeiten begrenzt?
Bei hohen Fluggeschwindigkeiten und einem Seitenruderausschlag mit großem Winkel wären die Strukturlasten extrem hoch. Zum Manövrieren des Flugzeugs genügen bei hohen Fluggeschwindigkeiten hingegen bereits kleine Ausschlagwinkel.
- 29.) Die elektrisch betriebenen Pumpen des Kraftstoffsystems befinden sich in den Flügeltanks. Auf welche Weise gelangt der Kraftstoff aus dem *center tank* zu den Triebwerken?
Im *center tank* befinden sich *jet pumps*, die von den elektrisch betriebenen Pumpen in den Flügeltanks versorgt werden.
- 30.) Durch welche Komponenten kann im "gelben" Hydrauliksystem Druck aufgebaut werden?
Im "gelben" System kann Druck aufgebaut werden mit Hilfe der triebwerksgetriebenen Pumpe (EDP), der E-Pumpe (EMDP) oder der Power Transfer Unit (PTU). (Speziell die Frachttore – angeschlossen an das "gelbe" System – können auch mit einer Handpumpe betätigt werden.)
- 31.) X Die *ram air turbine* kann nur am Boden eingefahren werden,
O Wenn das Fahrwerk per Schwerkraft ausgefahren wurde (*gravity gear extension*), dann muß es in jedem Fall bis zur Landung ausgefahren bleiben.
X Wenn im *Integrated Drive Generator* (IDG) das Öl überhitzt oder der Öldruck abfällt, dann muß der IDG (durch Druck auf den *IDG pushbutton*) abgekuppelt werden vom Antrieb durch das Triebwerk. Ein Einkuppeln ist dann nur am Boden möglich.
- 32.) X Das Flugzeug ist mit Scheibenwischern ausgerüstet?
O Eine Flüssigkeit kann auf die Scheiben gesprüht werden, um die Scheiben in Verbindung mit den Scheibenwischern zu reinigen?
O Nur die Heckscheibe ist elektrisch beheizbar.

- 33.) Im Cockpit sind sechs Bildschirme (*Cathode Ray Tubes*, CRT) installiert, die normalerweise vier verschiedene Funktionen übernehmen. Nennen Sie die vier unterschiedlichen Bezeichnungen der Bildschirme in diesen vier Funktionen!

Primary Flight Display (PFD), Navigation Display (ND), Engine Warning Display (EWD), System Display (SD).

- 34.) Welches Ventil muß geöffnet werden, wenn das rechte *air conditioning pack* durch Zapfluft aus dem linken Triebwerk versorgt werden soll?

Das *crossbleed valve* muß geöffnet werden.

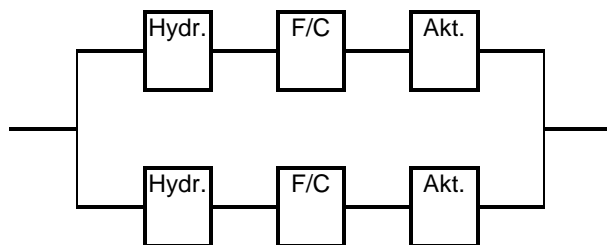
- 35.) X Der Spülvorgang in den Toiletten wird durch einen Computer überwacht. Zuständig dafür ist die *Flush Control Unit* (FCU).
- X Die Piloten können die gewünschte Flughöhe über die *Flight Control Unit* (FCU) eingeben.
- X Eine *Fuel Level Sensing Control Unit* (FLSCU) ist ein Bestandteil des Kraftstoffsystems.

Auslegungsrechnung

- 36.) Ein Querruder des Airbus A321 ist durch zwei Aktuatoren mit der Struktur verbunden. Jeder dieser beiden Aktuatoren kann das Querruder allein bewegen. Jeder Aktuator benötigt ein Signal von dem einen angeschlossenen Flugsteuerungscomputer und Energie von dem einen angeschlossenen Hydrauliksystem. Die beiden Aktuatoren sind an unterschiedliche Flugsteuerungscomputer und Hydrauliksysteme angeschlossen. Die Aktuatoren selbst (als mechanische Komponente) sind durch eine Ausfallrate (*failure rate*) $I_A = 10^{-5}$ 1/FH gekennzeichnet, die Flugsteuerungscomputer durch $I_C = 10^{-4}$ 1/FH und die Hydrauliksysteme durch $I_H = 10^{-4}$ 1/FH.

- a) Zeichnen Sie das Zuverlässigkeitsblockdiagramm (*Reliability Block Diagram*, RBD)!
- b) Berechnen Sie die Zuverlässigkeit des Querruders! Machen Sie dabei Gebrauch von den bei überschlägigen Rechnungen üblichen Vereinfachungen.

a)



- b) Reihenschaltung zusammenfassen:

$$I_S = I_H + I_C + I_A = 10^{-4} \text{ 1/FH} + 10^{-4} \text{ 1/FH} + 10^{-5} \text{ 1/FH} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ 1/FH}$$

Parallelschaltung zusammenfassen:

$$F(t) = (I_S \cdot I_S) \cdot (1 \text{ FH})^2 = 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 2,1 \cdot 10^{-4} = 4,41 \cdot 10^{-8}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Querruder ausfällt, beträgt $4,41 \cdot 10^{-8}$ bezogen auf eine Flugstunde. Die Zuverlässigkeit $R(t) = 1 - F(t) = 0,9999999559$.