



**FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur  
Flugzeugsysteme SS 03**

Datum: 02.07.2003

**Luftfahrtausdrücke**

Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.

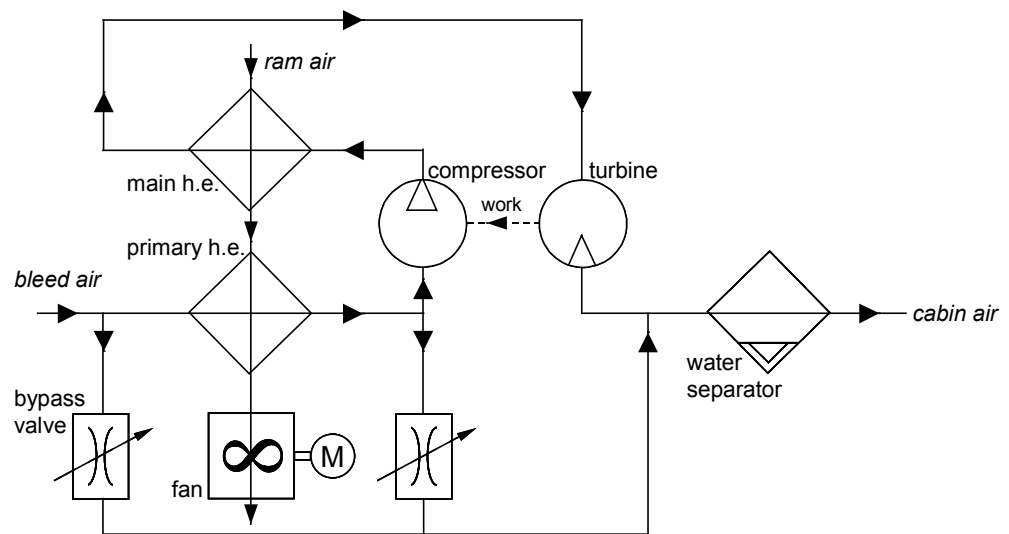
- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. safety              | Sicherheit                     |
| 2. reliability         | Zuverlässigkeit                |
| 3. labor rate          | Stundenlohn                    |
| 4. aileron             | Querruder                      |
| 5. artificial feel     | künstliches Gefühl             |
| 6. vapor pressure      | Dampfdruck                     |
| 7. gasoline            | Benzin                         |
| 8. lightning strike    | Blitzschlag                    |
| 9. unusable fuel       | nicht ausfliegbarer Kraftstoff |
| 10. fuse               | Sicherung                      |
| 11. deicing            | Enteisung                      |
| 12. airspeed indicator | Fahrmesser                     |

Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache.

- |                          |                                   |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Wartung               | maintenance                       |
| 2. Masse                 | mass                              |
| 3. Kosten                | costs                             |
| 4. Abschreibung          | depreciation                      |
| 5. Regelung              | control                           |
| 6. Dampfdruck            | vapor pressure                    |
| 7. Entzündungstemperatur | flash point                       |
| 8. Wärmetauscher         | heat exchanger                    |
| 9. Gebläse               | fan                               |
| 10. Ventil               | valve                             |
| 11. Gleichstrom          | direct current                    |
| 12. Sicherung            | circuit breaker (oder auch: fuse) |

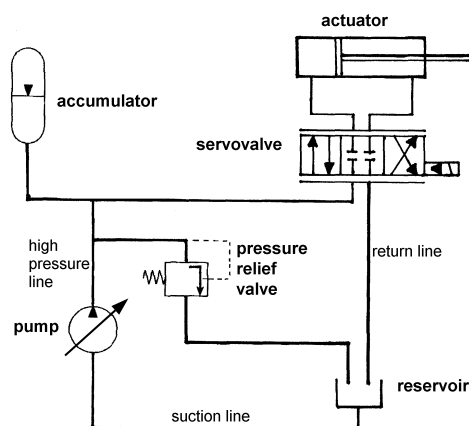
## Flugzeugsysteme allgemein

- 1.) Wie wird der Kabinendruck heutiger Verkehrsflugzeuge geregelt?
  - konstanter Luften- und -auslass mit Regelung der Kabinenluftmenge.
  - konstanter Luftauslass mit Regelung der zugeführten Luftmenge.
  - konstanter Luftenlass mit Regelung der abgeführten Luftmenge.
  
- 2.) Die Kabinenhöhe nimmt ab, wenn ...
  - ...mehr Luft in die Kabine geführt wird als sie verlässt.
  - ...mehr Luft aus der Kabine abgelassen wird als ihr zugeführt wird.
  - ...mehr Luft aus der Kabine entweicht als aus ihr abgelassen wird.
  
- 3.) Erklären Sie das als "open bootstrap air cycle system" bekannte Prinzip eines Klimapacks!  
*Siehe weiter hinten!*



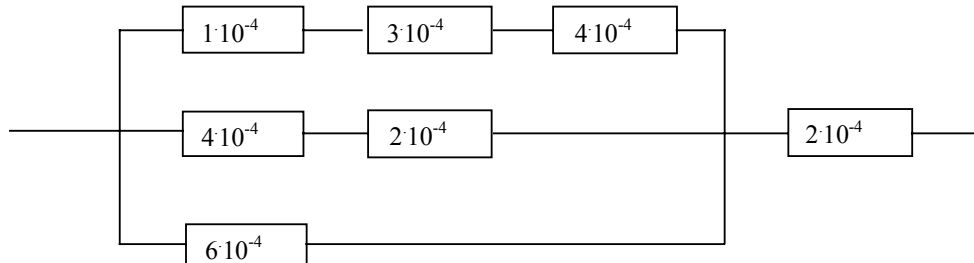
- 4.) Bei der Verteilung der elektrischen Leistung im Flugzeug unterscheidet man das "split-bus system" von dem "parallel system". Nennen Sie die Unterschiede!  
*Siehe weiter hinten!*
  
- 5.) Was ist "Buyer Furnished Equipment" (BFE)?  
*Siehe weiter hinten!*
  
- 6.) Die Erkennung von Übertemperaturen und/oder Feuer wird bei heutigen Flugzeugen durch
  - ... Thermoelemente gewährleistet.
  - ... Feuerwarnschleifen (continuous-loop detector) gewährleistet.
  - ... durch infrarotempfindliche Fotozellen gewährleistet.
  
- 7.) Der Vorteil von Gasdruckschleifen (pneumatic continuous-loop detector) besteht darin, dass
  - ... sie deutlich preisgünstiger als Halbleiterschleifen (electric continuous-loop detector) sind.
  - ... sie nicht so anfällig gegenüber Verschmutzungen sind.
  - ... sie sowohl örtliche Überhitzungen als auch flächige Feuer detektieren können, und dass es leichter festzustellen ist, ob sie beschädigt oder funktionsfähig sind.

- 8.) Die Rauchmelder moderner Verkehrsflugzeuge arbeiten ...
- X ... entweder als opto-elektronische (photoelectric type) oder als Ionisations-Rauchmelder (ionization type).
  - O ... ausschließlich nach dem opto-elektronischen Prinzip.
  - O ... rein biologisch oder rein optisch.
- 9.) Wie wird ein Brand in der Kabine bekämpft?  
Mit tragbaren Feuerlöschern.
- 10.) Was versteht man unter einem künstlichen Gefühl?  
Eine Baueinheit des Flugsteuerungssystems, dass bei einem "fully powered system" für den Piloten angemessene Steuerkräfte generiert.
- 11.) Nennen Sie drei Betankungsarten!  
Flügelbetankung, Druckbetankung, Luftbetankung
- 12.) Warum sind einige Flugzeuge mit einem Kraftstoffschnellablasssystem ausgestattet?  
*Siehe weiter hinten!*
- 13.) Nennen Sie 5 Orte im Flugzeug an denen Kraftstoff untergebracht wird! Nennen Sie die Namen der Tanks an diesen Orten!  
*Siehe weiter hinten!*
- 14.) Warum muss ein Kraftstofftank belüftet werden?  
Wenn Kraftstoff entnommen wird, muss auch Luft nachströmen können. Außerdem zum Druckausgleich bei Steig- und Sinkflügen und Temperaturveränderungen.
- 15.) Welche zwei Arten von "Verschmutzung" des Kraftstoffes kommen in den Tanks von Flugzeugen vor?  
a) Wasser (Kondenzwasser)  
b) Mikroorganismen
- 16.) Zeichnen Sie ein ganz einfaches Hydrauliksystem mit Hochdruckleitung, Rücklaufleitung, Reservoir, Pumpe, Druckspeicher, und Überdruckventil.



- 17.) Was ist der Unterschied zwischen "de-icing" und "anti-icing"?
- de-icing: Eisansatz wird beseitigt  
anti-icing: Eisansatz wird von vornherein vermieden.
- 18.) Was ist unterkühltes Wasser (supercooled water)? Welche Bedeutung hat es im Zusammenhang mit der Flugzeugvereisung.  
*Siehe weiter hinten!*
- 19.) Was sind Regenschutzsysteme?  
*Siehe weiter hinten!*
- 20.) Zeichnen Sie einen Kreis und kennzeichnen Sie daran, in welchen Richtungen die Positionslichter eines Flugzeugs in welcher Farbe zu sehen sind!  
*Siehe weiter hinten!*
- 21.) Skizzieren Sie einen künstlichen Horizont im Cockpit eines Flugzeugs, das sich während eines Steigfluges in einer Rechtskurve befindet!  
*Siehe weiter hinten!*
- 22.) Nennen Sie 4 funkbasierte Navigationssysteme der Luftfahrt!  
ADF, VOR, DME, ILS
- 23.) Wie heißt das bordautonome Langstreckennavigationssystem in Flugzeugen?  
Trägheitsnavigationssystem (INS)
- 24.) Atmosphärische Luft ist ein Gasgemisch aus ca. 78% N<sub>2</sub>, 21% CO<sub>2</sub> und 1% sonstiger Gase. Mit zunehmender Höhe ...
- ...verändert sich diese Zusammensetzung, so dass weniger Sauerstoff in der Luft enthalten ist.
  - ...bleibt diese Zusammensetzung gleich, nur die Partialdrücke der einzelnen Gase ändern sich aufgrund der Dichteabnahme mit der Höhe.
  - ...steht aufgrund des Ozongehaltes O<sub>3</sub> der oberen Atmosphärenschichten mehr Sauerstoff zur Verfügung.
- 25.) Was ist eine „Quick-Donning Mask“?  
Eine Sauerstoffmaske, die in wenigen Sekunden aufgesetzt werden kann.
- 26.) Die chemische Sauerstoffproduktion für die Kabine beginnt, sobald ...
- ... die Sauerstoffmasken aus ihren Halterungen gefallen sind.
  - ... die Passagiere die Masken zu sich herangezogen haben.
  - ... die Piloten die Sauerstoffanlage aktiviert haben.
  - ... das Kabinenpersonal die Sauerstoffanlage aktiviert hat.
- 27.) Was sind möglichen "Quellen" des Sauerstoffs an Bord von Flugzeugen?  
chemische Sauerstoffgeneratoren, Sauerstoffflaschen,  
Sauerstofferzeugung an Bord (OBOGS)

- 28.) Der so genannte „Drain-Mast“ eines Flugzeuges ist zur Verhinderung der Vereisung ...  
 X ... elektrisch beheizt.  
 O ... mit Druckluft durchspült.  
 O ... mit heißer Triebwerksluft ummantelt.
- 29.) Wie viel Wasser wird in Flugzeugen in etwa pro Stunde und pro Passagier verbraucht?  
 0,2 l
- 30.) Welche Aufgabe hat eine Auxiliary Power Unit (APU)?  
 Bereitstellung von Sekundärenergie:  
 Elektrik, Pneumatik, bei wenigen Geräten auch Hydraulik
- 31.) Was versteht man unter der „Badewannenkurve“?  
*Siehe weiter hinten!*
- 32.) Ein Subsystem hat eine Fehlerrate  $\lambda$  von  $10^{-4}$  pro Flugstunde. Berechnen Sie die Mean Time Between Failures (MTBF)!  
 $MTBF = 1/\lambda = 10000$  FH
- 33.) Gegeben sind die Ausfallwahrscheinlichkeiten der Subsysteme. Berechnen Sie die Ausfallwahrscheinlichkeit des Gesamtsystems!



Zusammenfassung der Reihenschaltung in den drei parallelen Pfaden  
 (von oben nach unten) jeweils:

$$7.998 \cdot 10^{-4}$$

$$5.999 \cdot 10^{-4}$$

$$6.000 \cdot 10^{-4}$$

Die Parallelschaltung zusammengefasst:  $2.88 \cdot 10^{-10}$

Alles zusammengefasst:  $2.00 \cdot 10^{-4}$

- 34.) Drei Systemvarianten sind 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?

	Gewichtung	A	Gewichtung	B	Gewichtung	C	Gewichtung
Masse	3	5	15	1	3	8	24
Zuverlässigkeit	2	7	14	5	10	4	8
Wartbarkeit	2	2	4	7	14	3	6
Preis	3	4	12	6	18	3	9
<b>Summe</b>			<b>45</b>		<b>45</b>		<b>47</b>

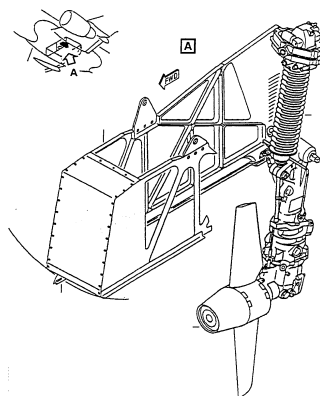
Variante C ist mit der höchsten Punktzahl die beste Variante.

- 35.) Es sollen die direkten 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. Während der 10 Stunden des Fluges entfallen 140 kg Kraftstoff auf den Transport der Systemmasse. Das Flugzeug führt unter gegebenen Einsatzbedingungen 430 Flüge pro Jahr durch. Der Kraftstoff kostet 0,2 US\$/kg.  
*Siehe weiter hinten!*

## Flugzeugsysteme des Airbus A321

- 36.) Welche Schutzfunktionen bieten die Steuergesetze (flight control laws) während des Reisefluges in der Längsbewegung der A321?  
load factor protection, high speed protection, pitch attitude protection
- 37.) Nennen Sie die Quellen elektrischer Leistung (electrical power sources) der A321!  
Triebwerksgenerator, APU-Generator, Not-Generator (über RAT), Batterien
- 38.) Welches Teil ist hier gezeigt?

Ram Air Turbine (RAT)



## 39.) Was ist die Aufgabe der Power Transfer Unit?

Die Power Transfer Unit der A321 ermöglicht einen Austausch von Leistung in beiden Richtungen zwischen dem GRÜNEN und dem GELBEN Hydrauliksystem. Die Leistung wird zu einem System übertragen, wenn in diesem System der Druck abgefallen ist. Durch die Leistungsübertragung wird der Druck wieder aufgebaut. Die Leistungsübertragung erfolgt über eine Welle und daher ohne Austausch von Hydraulikflüssigkeit.

## 40.) Welche Bedeutung hat "free fall extension" bzw. "gravity gear extension"?

Es handelt sich um ein Ausfahren des Fahrwerks durch Schwerkraft. Dies wird notwendig, wenn das GRÜNE System ausgefallen sein sollte.

### Aufgabe 3

Das Klimapak hat die Aufgabe, heiße Luft mit hohem Druck in kalte Luft um zu wandeln.

Die heiße Luft hohen Druckes wird vom Pneumatiksystem bereitgestellt. Es handelt sich um Zapfluft (bleed air), die dem Verdichter des Triebwerks entnommen wurde. Die Zapfluft wird im primären Wärmetauscher (primary heat exchanger) abgekühlt und anschließend im Kompressor verdichtet und damit erwärmt. Im Haupt = Wärmetauscher (main heat exchanger) wird die Luft noch einmal gekühlt. Als Wärmesenke dient StauLuft (ram air), die durch einen NACA - Einlauf in den Kanal zu den Wärmetauschern einströmt und anschließend das Flugzeug wieder verläßt. Die durch den Kompressor verdichtete Luft wird in einer Turbine entspannt. Die



dabei frei werdende Arbeit treibt den Kompressor über eine Welle an. Die Luft hat nach Austritt aus der Turbine eine sehr geringe Temperatur (hier: etwas über  $0^{\circ}\text{C}$ ). Feuchtigkeit in der Luft kondensiert aus und wird über einen Wasserabscheider abgeführt. Sollte die Luft bei weniger niedrigen Temperaturen erwünscht sein, so können Kompressor und Turbine umgangen werden (bypass valve). Sollte (z.B. am Boden) die Stauluft nicht selbstständig durch die Wärmetauscher strömen, so wird ein Gebläse (fan) zugeschaltet (hier: angetrieben durch einen Motor). Ein Bypass ist auch möglich mit Luft, die bereits durch den primären Wärmetauscher abgekühlt wurde. (Heiße) Zapfluft kann auch genutzt werden, um die Bildung von Schnee zu vermeiden hinter der Turbine. Die Zumischung erfolgt mit dem linken Bypass - Ventil.

## Aufgabe 4

Bild oder Text :

Beim "split-bus system" wird eine Sammelschine immer nur von einem Generator versorgt. Beim "parallel system" können mehrere Generatoren eine Sammelschine versorgen. Das erfordert dann die Synchronisation der Generatoren.

## Aufgabe 5

BFE ist Ausrüstung, die in ein Neuflugzeug zwar vom Flugzeughersteller eingeschafft wird, aber vom Kunden über gewählte Ausrüster (Zulieferer) gekauft wurde.

## Aufgabe 12

Es handelt sich um Flugzeuge, deren MLW erheblich geringer ist als ihr MTOW. Dies ist bei Langstreckenflugzeugen der Fall. Wenn nach einem Start mit MTOW gleich wieder eine Landung erfolgen muß (Notfallsituation), dann kann Kraftstoff abgelassen werden, bis das MLW erreicht ist.

## Aufgabe 13

Flügel mit Belkassen	center tank
Flügel	wing tank
Höhenleitwerk/ Seitenleitwerk	trim tank
Frachtraum	ACT = additional center tank
Flügelspitze	tip tank

## Aufgabe 18

Unterkühltes Wasser ist (flüssiges)  
Wasser unter  $0^{\circ}\text{C}$ .

Unterkühltes Wasser gefriert schlagartig,  
wenn es z.B. auf eine Flugzeugoberfläche  
auftritt. Über diesen Mechanismus kommt  
es zur Vereisung.

## Aufgabe 19

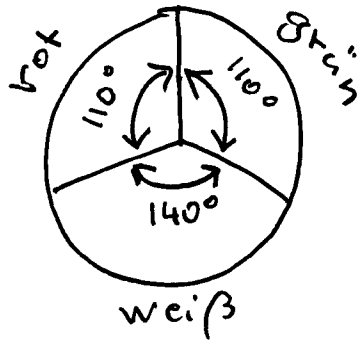
Scheibenwischer  
(windshield wipers)

Einsatz bei niedrigen  
Geschwindigkeiten

Spezialflüssigkeit  
(rain repellent)

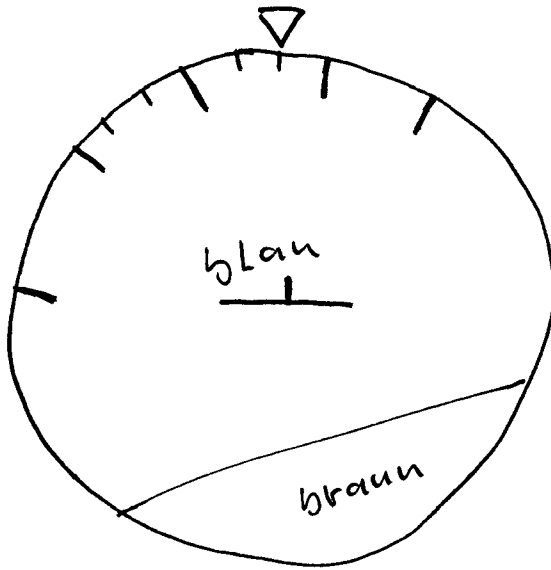
Einsatz nur bei feuchter  
Scheibe. Flüssigkeit ver-  
größert Oberflächenspannung  
Tropfen werden vom Wind  
weggetragen.

# Aufgabe 20

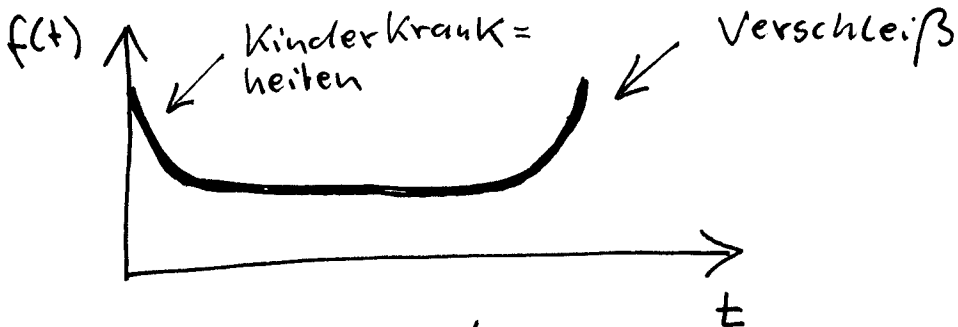


↑ Flugrichtung

# Aufgabe 21



# Aufgabe 31



Am Beginn und am Ende des Lebens einer Komponente kann die Anzahl der Ausfälle pro Zeit erhöht sein. ↑ Testreihe einer

## Aufgabe 35

$$DOC_{sys} = C_{dep} + C_F + C_M$$

$$C_{dep} = \frac{P_{sys} \cdot \left(1 - \frac{P_{residual}}{P_{sys}}\right)}{n_{dep}} = \frac{100\,000 \text{ US\$} \cdot 0.9}{15}$$
$$= 6000 \text{ US\$}$$

$$C_F = m_F \cdot NFY \cdot P_F = 140 \text{ kg} \cdot 430 \cdot 0.2 \text{ US\$/kg}$$
$$= 12040 \text{ US\$}$$

$$C_M = MMH \cdot LR + MC = 100 \text{ MMH} \cdot 69 \frac{\text{US\$}}{\text{MMH}} + 1100 \text{ US\$}$$
$$= 8000 \text{ US\$}$$

$$DOC_{sys} = 26040 \text{ US\$}$$