



FACHBEREICH FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur
Flugzeugsysteme WS 03/04**

Datum: 04.02.2004

Bearbeitungszeit: 120 Minuten, 54 Punkte

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!
- Soweit nichts anderes angegeben ist, bringt jede richtige beantwortete Aufgabe einen Punkt.

Luftfahrtausdrücke (6 Punkte)

1.) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.

1. equipment	Ausrüstung
2. aircraft system	Flugzeugsystem
3. secondary power system	Sekundärenergiesystem
4. certification	Zulassung
5. payload system	Nutzlastsystem
6. ventilation	Belüftung
7. humidification	Befeuchtung
8. heat exchanger	Wärmetauscher
9. essential	wesentlich, erforderlich
10. drive (als Substantiv)	Antrieb
11. seat pitch	Sitzabstand
12. beverage	Getränk

2.) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache. Schreiben Sie deutlich, denn falsche oder unleserliche Schreibweise ergibt Punktabzug!

1. Zapfluft	bleed air
2. Wechselstrom	alternating current
3. Schleudersitz	ejector seat
4. Sitzkissen	seat cushion
5. Strahlung	radiation
6. Feuerlöscher	fire extinguisher
7. Dampfdruck	vapor pressure
8. Widerstand	resistance
9. Tröpfchen	droplet
10. durchsichtig	transparent
11. Bugfahrwerk	nose landing gear
12. Druckabfall	decompression

Flugzeugsysteme allgemein

3.) Ein Flugzeug kann ganz grob in drei Funktionsbereiche unterteilt werden. Welche sind das?

Zelle oder Flugzeugstruktur (airframe, aircraft structure)

Triebwerke (powerplant, engines)

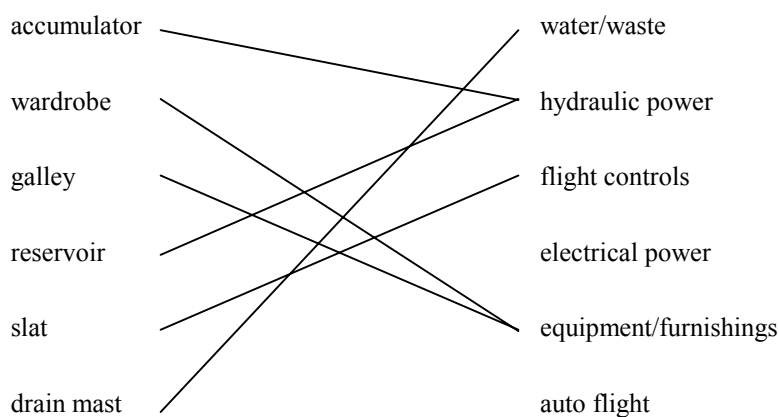
Flugzeugsysteme (aircraft systems, equipment)

4.) Welches Flugzeugsystem (englische Bezeichnung und Nummer des ATA-Kapitels) hat folgende ATA-Definition?

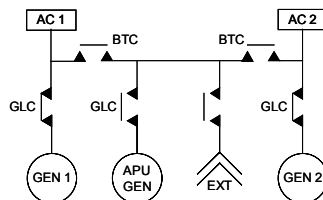
Those units and components (ducts and valves) which deliver large volumes of compressed air from a power source to connecting points for such other systems as air conditioning, pressurization, deicing, etc.

pneumatic, ATA 36

5.) Ordnen Sie durch Verbindungslinien die Teile (links) dem entsprechenden Flugzeugsystem (rechts) zu!



- 6.) Was versteht die deutsche Luftfahrtindustrie unter "Kabinensystemen"?
Alle Systeme die im Zusammenhang mit der Flugzeugkabine stehen und damit einen unmittelbaren Bezug zu den Passagieren und/oder der Besatzung haben.
- 7.) Welchen Weg nimmt ein Luftteilchen, das in das Strahltriebwerk eines herkömmlichen Passagierflugzeugs eintritt und durch das Auslassventil im Heck der Kabine das Flugzeug wieder verlässt?
Verdichter, Zapfluftventil, Vorkühler, Klimaaggregat, Mischkammer, Kabine, Frachtraum (bei Rezirkulation: Filter, Mischkammer, Kabine, Frachtraum), Auslassventil.
- 8.) Warum wird die Kabinenluft im Klimaaggregat entfeuchtet?
In der Kabine wird trockene Luft angestrebt zum Schutz der Elektronik (sonst: Kurzschluss), der Isolierung (sonst: Wasseraufnahme und Gewichtserhöhung) und der Struktur (sonst: Korrosion).
- 9.) Wie kann es dazu kommen, dass es im Flugzeug "regnet"?
Feuchte Luft wird bei geöffneten Türen am Boden in das Flugzeug hineingetragen oder entsteht durch die Anwesenheit der Passagiere im Flug. In großen Flughöhen ist die Außenhaut des Flugzeuges vergleichsweise kalt. Die Feuchtigkeit aus der Luft schlägt sich an der Außenhaut nieder und gelangt so auch in die sich in unmittelbarer Nähe befindliche Isolierung. Die Erfahrung zeigt, dass sich Feuchtigkeit in der Isolierung eher ansammelt als dass die Isolierung wieder trocknen würde. Wenn die Isolierung das Wasser nicht mehr halten kann, dann "regnet" (tropft) es durch die Deckenverkleidung in die Kabine hinein.
- 10.) Welche Art eines elektrischen Bordnetzes ist hier gezeigt?



Es handelt sich um ein "split-bus system"

- 11.) Was versteht man unter einem VSCF System?
Es handelt sich um ein System, bei dem ein Generator mit variabler Drehzahl ohne Gleichdrehzahlgetriebe (constant speed drive) betrieben wird. Die konstante Frequenz wird auf elektronischem Wege hergestellt.
- 12.) Beim Nachweis der Notevakuierung gegenüber den Behörden gilt:
- X Die Notevakuierung muss gelingen obwohl 50% der Türen blockiert sind.
 - X Die Cockpitbesatzung kann auch über ein Seil das Cockpit verlassen.
 - X Die Notevakuierung muss innerhalb von 90 Sekunden erfolgen.

- 13.) Nennen Sie drei grundlegende Aufgaben des Kraftstoffsystems!
Kraftstoff speichern
Kraftstoff an Verbraucher verteilen
Betankung, Enttankung und Kraftstofftransfer ermöglichen
Kraftstoffablassen (bei Langstreckenflugzeugen) ermöglichen
Kraftstoffmenge, -temperatur und Druck messen und zur Anzeige bringen
- 14.) Wie kann Wasser in den Kraftstoff gelangen?
Kraftstoff wird verbraucht, warme feuchte Luft gelangt in den Tank, die Luft kühlt sich ab, Wasser kondensiert aus und läuft von den Innenwänden des Tanks in den Tanksumpf.
- 15.) Wie viel Prozent des Tankvolumens muss für eine (Temperatur-)Ausdehnung des Kraftstoffes zur Verfügung stehen?
2%
- 16.) Was versteht man unter einem "Integraltank"?
Beim Integraltank ist die kraftstoffdichte Flugzeugstruktur gleichzeitig auch der Kraftstoffbehälter.
- 17.) Aus welchem Tank wird im Flug der Kraftstoff zuerst entnommen, aus dem Mitteltank (center tank) oder aus den Flügeltanks (wing tanks)? Begründung!
Aus dem Mitteltank (center tank), weil man als Entlastung der Flügelbiegung hervorgerufen durch den Auftrieb am Flügel gern das Gewicht des Kraftstoffes im Tank nutzt.
- 18.) Wozu sind die Kraftstofftanks mit einem Belüftungssystem ausgestattet?
Kraftstoff kann den Tanks nur entnommen oder zugeführt werden, wenn entsprechend Luft aufgenommen wird oder aus dem Tank entweichen kann.
- 19.) Wenn man mehrere baugleiche Hubschrauber zur Verfügung hat und mit einem der Hubschrauber eine Strecke überwinden will, die weiter ist als die Reichweite des Hubschraubers, wie kann man dieses Ziel erreichen?
Man setzt die Nutzlast der überzähligen Hubschrauber ein, um Kraftstoff in vorausliegende Depots zu transportieren. Das eine Luftfahrzeug, das die verlängerte Reichweite erhalten soll nutzt dann die kurz zuvor angelegten Depots für einen Tankstop.
- 20.) Was ist der Unterschied zwischen einem "servo valve" und einem "selector valve"?
Das "selector valve" (Schaltventil) kann diskrete Schaltzustände einnehmen (z. B. Ausfahren, Aus, Einfahren). Das "servo valve" (Servoventil) kann einen stufenlos verfahren werden.
- 21.) Welche Gemeinsamkeit in der Funktion haben ein "pressure relief valve" und ein "priority valve"? Wo liegt der Unterschied?
Beide Ventile öffnen bei einem bestimmten Druck. Das "pressure relief valve" (Überdruckventil) öffnet, wenn der Druck um einen definierten Betrag über dem Nenndruck des Systems liegt. Das "priority valve" (Vorrangventil) ist geöffnet bei Nenndruck und schließt, wenn der Nenndruck um einen

definierten Betrag unterschritten wird.

22.) Wie kommt es zur Vergaservereisung (bei Kolbenmotoren kleinerer Flugzeuge)?

Bei bestimmten Verhältnissen kann sich feuchte Luft im Vergaser aufgrund der Verdunstung von Kraftstoff unter 0 °C abkühlen. Die Feuchtigkeit kondensiert aus, gefriert und setzt Teile des Vergasers zu.

23.) Ausschnitt aus dem Skript:

In order to **calculate** the **total water catch** of the wing, let us cut off a piece of a wing with a span-wise extension Δy and maximum thickness t . This piece of wing will fly at a speed v through a unit volume of air with a certain mass of supercooled water. The mass of supercooled water per volume is called *liquid water content* (LWC) and is something like a density we name ρ_{LWC} . We consider $t \cdot \Delta y$ being the area of an imaginary sieve at an angle perpendicular to its flight path. The mass flow rate of supercooled water through the sieve would be

$$\dot{m} = v t \Delta y \rho_{LWC}$$

The impingement of water on the leading edge of the wing will, however, be different from the flow through the sieve ... A **simplified method to calculate the water catch efficiency** E_m is presented here ... as a function of aircraft speed v and wing thickness t

$$E_m = 0.00324 \left(\frac{v}{t} \right)^{0.613} \quad \text{for } v \text{ in m/s and } t \text{ in m .}$$

a) Ergänzen Sie den Ausschnitt aus dem Skript um die fehlende Formel für den Massenstrom!
Siehe oben.

b) Ein (einfacher) Flügel nutzt ein Profil NACA 0012. Die Profiltiefe des Rechteckflügels beträgt 2 m. Das Flugzeug fliegt mit 150 m/s. Wie viel Prozent des unterkühlten Wassers, das in Richtung der Frontfläche des Flügels auf diesen zuströmt trifft den Flügel schließlich?

$$t = t/c \cdot c = 0,12 \cdot 2 \text{ m} = 0,24 \text{ m}$$

$$E_m = 0,168 = 16,8 \%$$

24.) Nennen Sie je einen entscheidenden Vor- und Nachteil für ein "evaporative antiicing system"!

Das "evaporative antiicing system" lässt die auftreffende Feuchtigkeit sofort verdampfen. Damit ist die Feuchtigkeit vollständig vom Flugzeug entfernt und kann auch an anderen Stellen nicht mehr festfrieren oder anderen Schaden anrichten. Der Nachteil besteht im der hohen erforderlichen Leistung für ein derartiges Enteisungssystem.

25.) Mit zunehmender Höhe sinkt der Druck und damit die Anzahl der Sauerstoffmoleküle in einem definierten Volumen. Dies kann dadurch ausgeglichen werden, dass Atemluft mit mehr als 21% Sauerstoff eingeatmet wird. Warum kann man trotzdem mit einer Sauerstoffmaske nicht in beliebig hohe Flughöhen vorstoßen?

In einer Höhe von 37000 ft ist der Druck so gering, dass es notwendig wird reinen Sauerstoff einzuatmen um die gleiche Anzahl an Sauerstoffmolekülen einzuatmen wie in Meereshöhe. In noch größeren Höhen müsste die Maske dann

den Sauerstoff bei höheren Drücken bereitstellen als es dem Umgebungsdruck entspricht. Hier sind dann die Grenzen dessen was praktikabel ist.

26.) Was versteht man unter einem "diluter-demand system"?

Das "diluter-demand system" (der Atemregler zur Luftbeimischung) regelt das Verhältnis aus Luft und Sauerstoff in der Atemluft, die die Sauerstoffmaske zur Verfügung stellt. Durch den Regler wird bei Flügen in geringer Höhe Sauerstoff gespart. Aus Sicherheitsgründen ist der Atemregler so eingestellt, dass er bereits oberhalb von 32000 ft Flughöhe die Luftbeimischung abschaltet.

27.) Wie lautet die chemische Formel, die die Sauerstofferzeugung in einem chemischen Sauerstoffgenerator beschreibt?



28.) Wie kann man an Bord Sauerstoff erzeugen? Wie wird ein derartiges System genannt?

Sauerstoff kann an Bord aus der Umgebungsluft erzeugt werden. Der Sauerstoff wird aus der Luft mit Hilfe von Molekularsieben erzeugt. Dabei wird elektrische Energie und Zapfluft benötigt. Ein derartiges System wird "On-board Oxygen Generation System" (OBOGS) genannt.

29.) Warum reicht es aus, wenn das "intermediate pressure valve" (IP valve) des Zapfluftsystems als Rückschlagventil ausgeführt wird, statt in der Form eines Schaltventiles mit den Stellungen "auf" und "zu"?

Normalerweise wird über das IP valve Zapfluft entnommen. Nur bei geringen Triebwerksdrehzahlen und entsprechend geringen Drücken im Triebwerkskompressor wird das "high pressure valve" (HP valve) geöffnet. Ein Rückstrom über das IP valve zurück in dem Kompressor wird dadurch verhindert, dass das IP valve als Rückschlagventil ausgeführt ist.

30.) Aus welchen drei Subsystemen besteht das "water/waste" System?

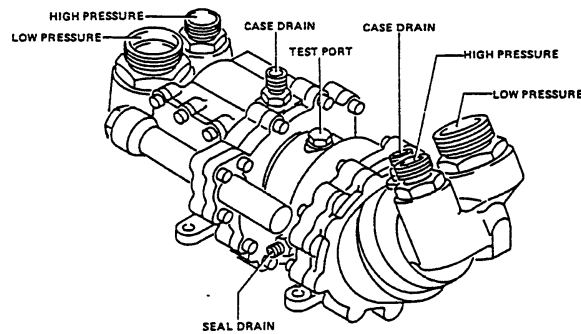
Trinkwassersystem (potable water system)

Abwassersystem (wastewater drain system)

Toilettensystem (toilet system)

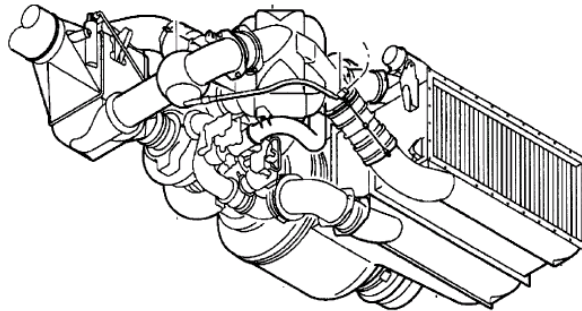
Flugzeugsysteme des Airbus A321

31.) Welches Teil ist hier gezeigt?



Power Transfer Unit (PTU)

32.) Welches Teil ist hier gezeigt?



Air Conditioning Pack

33.) Welche Spannung hat das Gleichstrombordnetz?

28 V

34.) Wie wird die kleine Feuerlöschanlage über dem Abfallbehälter in der Toilette ausgelöst?

Die Öffnung des Halonspeichers über dem Abfallbehälter ist mit einer Schmelzsicherung ausgestattet, die bei etwa 79 °C schmilzt und das Löschgas freigibt.

35.) Wie kann Druck im Roten Hydrauliksystem aufgebaut werden?

Es gibt kein Rotes Hydrauliksystem.

36.) Was passiert, wenn im Langsamflug der mit α_{FLOOR} bezeichnete Anstellwinkel überschritten wird?

Es wird automatisch der maximale Schub eingestellt.

37.) Was versteht man unter dem "Flare Mode"?

Flare = Ausschweben. Der Flare Mode definiert das Verhalten des Flugzeugs in der Ausschwebephase kurz vor dem Aufsetzen.

38.) Welche Funktion hat der rote Knopf auf jedem Sidestick?

Er dient als

- a) autopilot disconnect PB und
- b) take over PB

39.) Beschreiben Sie kurz das mechanische Prinzip mit dem die Vorflügel (slats) ausgefahren werden!

Ritzel (pinion) greifen in Zahnstangen (rack), die mit den Vorflügeln verbunden sind. Daraufhin gleitet eine bewegliche Schiene (track) über Rollen (rollers) am Flügel. Die Schiene schiebt dann die Vorflügel nach vorn.

40.) Was versteht man unter "magnetic level indicating"?

Es handelt sich um ein zweites System zur direkten Ablesung und Berechnung des Kraftstoffvolumens ohne Nutzung weiterer Bordsysteme. Der Kraftstoffstand wird an jedem "magnetic level indicator" über einen Schwimmer und einen Magneten auf einen Stab übertragen, der dann je nach Kraftstoffstand mehr oder weniger unterhalb des Flügels aus der Struktur hervorschaut. Der A321 hat insgesamt 15 "magnetic level indicator" deren einzelne angezeigte Werte alle in die Berechnung des Kraftstoffvolumens einbezogen werden.

41.) Was wird auf der "fuel page" des ECAM systems angezeigt?

- X Kraftstoffmasse an Bord (Fuel On Bord, FOB)
- X Kraftstoffmassen im linken Flügeltank (left wing tank)
- X Kraftstoffmassen im Mitteltank (center tank)
- X Kraftstoffmassen im rechten Flügeltank (right wing tank)
- O Kraftstoffmassen im Tank des Höhenleitwerkes
- O Kraftstoffdurchflußrate (fuel flow)
- X Kraftstofftemperatur

42.) Wie kann Druck im Blauen Hydrauliksystem aufgebaut werden?

Im Flug: Mit der E-Pumpe und mit der Ram Air Turbine (RAT).

Am Boden: Mit der E-Pumpe und über die Bodenanschlüsse (ground supply connections)

43.) Wie wird der E-Motor der E-Pumpe im Gelben Hydrauliksystem gekühlt?

Mit Kühlluft, die über ein Gebläse von außen zugeführt wird und durch Hydraulikflüssigkeit, die den Motor von innen kühlt.

44.) Wo befindet sich das Bedienpanel zum Einfahren der Stauluftturbine (Ram Air Turbine, RAT)?

Innerhalb des Bedienpanels zum Blauen System.

- 45.) Kann ein Mechaniker die innere Leckage der Hydraulikkomponenten im linken Flügel ermitteln, ohne eine dieser Komponenten auszubauen?
- X ja
O nein
- 46.) Bei der Power Transfer Unit (PTU) der A321 handelt es sich um
- O eine unidirektionale PTU
X eine bidirektionale PTU
O eine tridirektionale PTU
O einen Zwittertyp
- 47.) Nennen Sie zwei Schalter auf dem Overhead Panel, bei denen erst eine mechanische Sicherung angehoben werden muss bevor der entsprechende Schalter betätigt werden kann!
Schalter zur Betätigung der Ram Air Turbine (RAT), Schalter zum Trennen des Integrated Drive Generators (IDG) vom Triebwerk, die Feuerdruckknöpfe (FIRE push button switch).
- 48.) Was bedeuten die Abkürzungen EFIS, ECAM, EIS, EFCS?
- EFIS: Electronic Flight Instrument System
ECAM: Electronic Centralized Aircraft Monitoring
EIS: Electronic Instrument System
EFCS: Electronic Flight Control System
- 49.) Wie können die Piloten bei Ausfall der beiden Cabin Pressure Controllers (CPC) den Druck in der Kabine regeln?
Über einen Kippschalter (MAN V/S CTL) kann das Auslaßventil manuell auf und zu gefahren werden. Damit kann die Steig- und Sinkgeschwindigkeit der Kabinenhöhe kontrolliert werden.
- 50.) Der Pilot ist an der Information des Kraftstoffsystems auf dem System Display des ECAM Systems interessiert. Wie kann er sich diese Information anzeigen lassen?
Durch Druck auf die Taste FUEL auf dem ECAM control panel wird die "fuel page" auf dem System Display angezeigt.