

Lösungen zur

§17-Klausur Flugzeugsysteme WS 01/02

Datum: 21.01.2002

Bearbeitungszeit: 90 Minuten

Bewertung:	Luftfahrtausdrücke	6	Punkte
	Fragen (je 1)	41	Punkte
	Auslegungsrechnung	6	Punkte
<hr/>			
	Summe	53	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!

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. flaps | Landeklappen |
| 2. slats | Vorflügel |
| 3. artificial feel | künstliches Gefühl |
| 4. rudder pedal | Seitenruderpedal |
| 5. stick | Knüppel |

6. control column	Steuerhorn
7. inertial navigation system	Trägheitsnavigationssystem
8. instrument landing system	Instrumentenlandesystem
9. fuel	Kraftstoff

Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache.

1. Satellitennavigation	global positioning system
2. Wendezeiger	turn indicator
3. künstlicher Horizont	artificial horizon
4. Kurskreisel	directional giro
5. Variometer	vertical speed indicator
6. Vorrangventil	priority valve
7. Druckbegrenzungsventil	pressure relief valve
8. Rückschlagventil	check valve
9. Sauerstoff	oxygen

Flugzeugsysteme allgemein

- 1.) Flugzeugsysteme können nach der ATA Spezifikation 100 gegliedert werden:
 - nur in *systems*.
 - nur in *systems* und *subsystems*.
 - nur in *systems*, *subsystems* und *units*.
 - nur in *systems*, *subsystems*, *units* und *parts*.Dabei kommt ein 6-ziffriger Zahlencode zum Einsatz.

- 2.) Auf welcher Druckhöhe wird die Druckkabine während des Reisefluges im Normalfall gehalten?
8000 ft = 2440 m

- 3.) Was versteht man im Zusammenhang mit Flugzeugklimaanlagen unter "Rezirkulation"?
Rezirkulation (Umluft) bezeichnet das Vorgehen, einen Teil der aus der Kabine abgeführten Luft wieder in die Kabine zurück zu leiten.

- 4.) Welche Aufgabe hat die Zonenregelung? Aufgabe der Zonenregelung ist, ...
 - ... durch variabel zu positionierende Trennwände die Größe der Zonen (First, Business, Tourist) dem Bedarf flexibel anzupassen.
 - ... die Temperaturregelung in verschiedenen Bereichen der Kabine separat vorzunehmen.
 - ... die Druckregelung in verschiedenen Bereichen der Kabine separat vorzunehmen.

5.) Welche Aufgabe hat das *Selcal* System?

Durch das Selcal System (Selective Calling) kann ein Flugzeug mittels eines bestimmten Signals aufgefordert werden, eine Bodenstation der Airline auf einer vorher festgelegten Frequenz anzurufen. Die Bodenstation sendet einen Code. Wenn dieser Code mit dem im Flugzeug eingestellten Code übereinstimmt, dann wird die Crew benachrichtigt.

6.) Was ist Drehstrom?

Drehstrom ist dreiphasiger Wechselstrom, der in Generatoren entsteht, die drei um 120° versetzte Spulen enthalten. Durch eine sternförmige Verschaltung der Spulen werden nur drei Außenleiter benötigt und evtl. zusätzlich der Mittelpunktsteiter.

7.) Durch welche Parameter wird der Drehstrom in Bordnetzen von Passagierflugzeugen beschrieben?

Frequenz: 400 Hz,
Spannung: 115 V (Sternschaltung) bzw. 200 V (Dreieckschaltung).

8.) Welche Aufgabe hat ein *Inverter*?

Der Inverter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um.

9.) Welche Aufgabe hat ein Gleichdrehzahlgetriebe (*Constant Speed Drive, CSD*)?

Die Frequenz in Flugzeugbordnetzen soll über den ganzen Betriebsbereich der Triebwerke konstant bleiben. Die Generatoren müssen dazu mit konstanter Eingangsdrehzahl angetrieben werden. Das Gleichdrehzahlgetriebe liefert Wellenleistung vom Triebwerk mit geforderter konstanter Drehzahl. Das Gleichdrehzahlgetriebe wandelt dazu die unterschiedlichen Drehzahlen vom Triebwerk in eine konstante Drehzahlen um.

10.) In mechanischen Flugsteuerungssystemen werden zur Übertragung der Kräfte zwischen den Bedienorganen und den Steuerflächen oft Seile verwendet. Nennen Sie drei weitere mechanische Übertragungselemente!

Stoßstangen, Drehwellen, Ketten

11.) Nennen Sie den Unterschied zwischen einem "Moving Body" und einem "Fixed Body" Aktuator?

Fixed Body: Das Aktuatorgehäuse ist mit der Flugzeugstruktur verbunden, die Kolbenstange ist mit der Steuerfläche verbunden.

Moving Body: Das Aktuatorgehäuse ist mit der Steuerfläche verbunden, die Kolbenstange ist mit der Flugzeugstruktur verbunden.

- 12.) Auf dem Flügel von Verkehrsflugzeugen sind Klappen angebracht, die (nur) nach oben ausschlagen können. Diese Klappen übernehmen Funktionen, die (englisch) bezeichnet werden als
- elevator
 - taileron
 - speed brake
 - roll spoiler
 - lift dumper
- 13.) Bei welchen Flugsteuerungssystemen wird eine Ruderdrucksimulation (*artificial feel*) benötigt?
Ein *artificial feel* wird für "irreversible Flugsteuerungssysteme" (*fully powered systems*) benötigt. Das sind Flugsteuerungssysteme, die unabhängig von der Kraft des Piloten die Steuerflächen ausschlagen. An die Steuerflächen angreifende Kräfte werden nicht an die Bedienorgane zurückführen, daher sind "künstliche" Kräfte notwendig (z.B. Federkräfte).
- 14.) Nennen Sie drei Gründe dafür, dass Kraftstofftanks belüftet werden müssen!
Eine Belüftung ist notwendig bei: Be- und Enttanken, Kraftstoffentnahme durch Tankpumpen, beim Höhenwechsel des Flugzeugs im Flugbetrieb.
- 15.) Es gibt zwei Betankungsarten. Mit der einen der beiden Arten können die Kraftstofftanks erheblich schneller gefüllt werden. Wie wird diese Betankungsart genannt?
Die beiden Betankungsarten sind: Oberflügelzulaufbetankung (*overwing fueling*) und Druckbetankung (*pressure fueling*). Die Druckbetankung führt zu erheblich kürzeren Betankungszeiten.
- 16.) Nennen Sie zwei Vorteile, die in Hydraulikanlagen erzielt werden durch einen Vordruck des Reservoirs!
Siedepunkt wird erhöht, Schaumbildung wird verringert, Gefahr der Kavitation verringert.
- 17.) Ein Flugzeug steuert nach Kompass einen Kurs von 270° . Die Ortsmissweisung beträgt $+3^\circ$. Die Deviation beträgt -2° . Wind aus nördlichen Richtungen sorgt für eine Abdrift von 6° . Berechnen Sie den Kurs über Grund!
 $270^\circ + 3^\circ - 2^\circ - 6^\circ = 265^\circ$
- 18.) Der Sauerstoff im Cockpit wird in der Regel durch chemische Sauerstoffgeneratoren erzeugt.
 Der Sauerstoff in der Kabine wird in der Regel durch chemische Sauerstoffgeneratoren erzeugt.
 Flugzeugreifen werden nicht mit Luft, sondern mit Sauerstoff befüllt.
 Es müssen 10% mehr Sauerstoffmasken installiert sein, als es dem Sitzangebot entspricht.

- 19.) Zu welchen Zwecken wird in Flugzeugkabinen Trinkwasser verbraucht? (Nennen Sie drei solcher Zwecke!)

Zur Toilettenspülung bei Vakuumtoilettensystemen, zum Händewaschen in den Toiletten, bei Arbeiten in den Bordküchen (Kaffee, ...)

- 20.) Warum sind die *drain masts* beheizt?

Die *drain masts* (Abwasserstutzen) sind beheizt, damit das Wasser auch bei Umgebungstemperaturen unter 0 °C abfließen kann.

- 21.) Wie wird der Unterdruck einer Vakuumtoilettenanlage im Reiseflug aufgebaut?

Das Vakuumtoilettensystem wird mit dem Umgebungsdruck verbunden.

Flugzeugsysteme des Airbus A321

- 22.) Als technische "Highlights" des Airbus A321 werden (u.a.) genannt: FBW, EFIS, CFDS und FADEC. Erklären Sie was damit gemeint ist!

FBW: Fly By Wire => Elektrische Übertragung der Steuersignale von Bedienorganen zu den Steuerflächen

EFIS: Electronic Flight Instrument System => Darstellung der Informationen im Cockpit mittels elektronischer Instrumente (Bildschirme) - statt mit mechanischen Zeigerinstrumenten

CFDS: Centralized Fault Display System => zentrale Erfassung und Darstellung von Fehlermeldungen

FADEC: Full Authority Digital Engine Control => Elektronische Triebwerksregelung

- 23.) Welche Öffnungen stellen eine Verbindung zwischen der Umgebung und dem Druckrumpf dar?

X *Pax/Crew Door*

X *Emergency Exit*

X *Bulk Cargo Door*

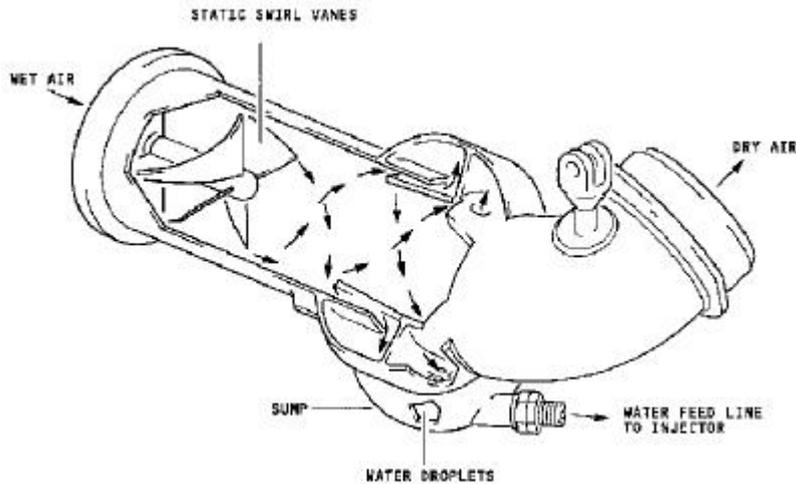
X *Forward Cargo Door*

O *Main Landing Gear Door*

X *Avionic Door*

O *APU Access Doors*

24.) Welches Teil ist hier abgebildet?

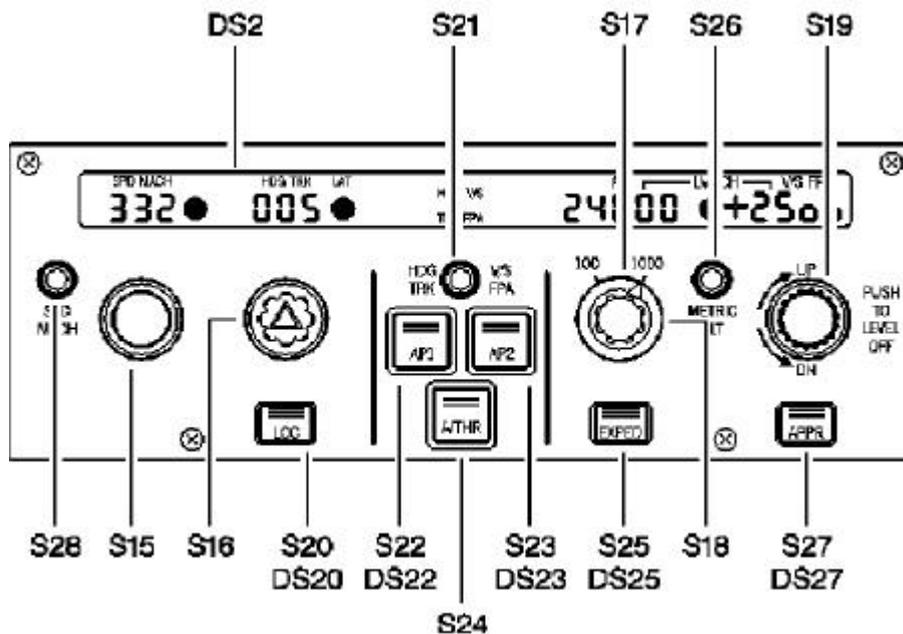


Der water extractor des Klimapacks

25.) Wir betrachten den *Constant Speed Motor/Generator (CSM/G)*. Wozu dient das Gerät? Wie wird es angetrieben? Welche Leistung hat es (ungefähr)?

- Der CSM/G wandelt hydraulische Leistung in elektrische Leistung.
- Der CSM/G wird vom "blauen" Hydrauliksystem mittels der Ram Air Turbine (RAT) angetrieben.
- Leistung: 5kVA.

26.) Welches Teil ist hier gezeigt? Wo befindet es sich im Flugzeug?



Gezeigt ist die Flight Control Unit (FCU) (genauer der Autopiloten-Anteil der FCU). Position: Im Blendschutz (glare shield) unterhalb des Cockpit-Fensters.

27.) Welche Knöpfe (nach dem Bild oben) müssen Sie betätigen, wenn Sie über den Autopiloten ...

- ... den Kurs ändern wollen : S16
- ... die Geschwindigkeit ändern wollen: S15
- ... die Flughöhe ändern wollen : S17

28.) Was ist der Unterschied zwischen HDG und TRK?

- HDG = heading = Steuerkurs
- TRK = track = Kurs über Grund

29.) Was ist der Unterschied zwischen "*Managed Guidance*" und "*Selected Guidance*"?

- Managed Guidance*: Das Flugzeug fliegt automatisch eine vorgeplante Route
- Selected Guidance*: Das Flugzeug fliegt mit dem Autopiloten entsprechend der Werte, die über die FCU eingegeben wurden

30.) Wie viele (Halon gefüllte) Feuerlöschflaschen (*fire extinguisher bottles*) sind angebracht ...

- ... in der Kabine : 0
- ... an jedem Triebwerk : 2
- ... an der APU : 1
- ... im Abfallbehälter in jeder Toilette : 1

31.) Was versteht man unter dem Begriff "*control law*"?

- control law* = Steuergesetz. Gibt den Zusammenhang zwischen einer Eingabe der Bedienorgane und der daraus resultierenden Bewegung des Flugzeugs an. Von Bedeutung insbesondere bei FBW-Flugsteuerungen. Die *control laws* befinden sich in Form von Software in den Flugsteuerungscomputern.

32.) Wie wird der *Integrated Drive Generator* (IDG) gekühlt?

- Durch Kraftstoff aus den Kraftstofftanks.

33.) Was versteht man unter "*X FEED*" im Kraftstoffsystem?

- X FEED = cross feed
- Das *cross feed valve* trennt das linke von dem rechten Kraftstoffsystem. Bei offenem Ventil ist eine Versorgung beider Triebwerke aus beiden Tanks möglich.

34.) Durch welche Komponenten kann im "grünen" Hydrauliksystem Druck aufgebaut werden?

- Durch die triebwerksgetriebene Pumpe, durch die *Power Transfer Unit* (PTU) oder am Boden durch ein Bodenaggregat

35.) Was versteht man unter dem Begriff "*manifold*"? Welche Vorteile hat ein "*manifold*"?

Ein *manifold* im Hydrauliksystem ist ein Teil, das Anschlussmöglichkeiten bietet für diverse Rohrleitungen, Filter und Ventile. Dadurch kann die Anzahl an Rohrverzweigungen reduziert werden. Das Hydrauliksystem wird übersichtlicher und zuverlässiger.

36.) Wie kann die A321 gebremst werden, wenn das "grüne" und das "gelbe" Hydrauliksystem ausgefallen sind?

Durch Druck aus dem Bremsakkumulator im "gelben" System.

37.) Welcher Computer steuert und überwacht die Bugradlenkung?

Die *Braking & Steering Control Unit* (BSCU)

38.) Mit welcher Energieform wird (flugzeugseitig) die Flügelenteisung (*wing anti ice*) durchgeführt?

Mit pneumatischer Energie (Warmluft vom Triebwerk)

39.) Auf welchem Bildschirm wird die Fluggeschwindigkeit abgelesen?

Auf dem *Primary Flight Display* (PFD)

40.) Durch die APU werden folgende Energieformen bereit gestellt:

- X elektrische Energie
- X pneumatische Energie (Druckluft)
- O hydraulische Energie (Hydraulikdruck)

41.) Einige Abkürzungen, die immer wieder auftauchen, muss man wohl doch auswendig wissen! Was bedeuten:

- A/C : aircraft
- F/O : first officer
- P/B : push button

Auslegungsrechnung

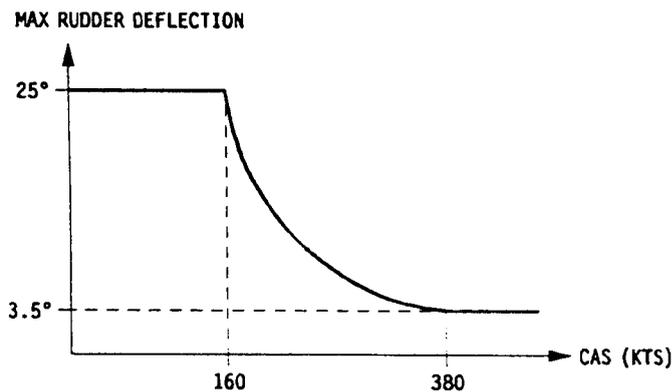
Ab einer Fluggeschwindigkeit von $v = 160$ kts (CAS) wird der Seitenruderausschlag der A321 auf kleinere Ausschlagswinkel δ begrenzt, um die Seitenleitwerksstruktur (trotz des höheren Staudrucks) keinen höheren Lasten L auszusetzen. Die Lasten am Seitenrudder steigen nicht proportional mit dem Ausschlagswinkel δ an, sondern etwas geringer. Dies führt auf den Ansatz

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \cdot \frac{d_1^x}{d_2^x} = 1 \quad .$$

Berechnen Sie den Wert x unter Berücksichtigung der gegebenen Werte des abgebildeten Diagramms. Dazu benötigen Sie den Zusammenhang

$$\log_a b = \frac{\ln b}{\ln a} .$$

Berechnen Sie mit dem gefundenen Zusammenhang den zulässigen Seitenruderausschlag bei 270 kts (CAS)!



Lösung der Auslegungsrechnung

$$\frac{v_1^2}{v_2^2} \cdot \frac{d_1^x}{d_2^x} = 1$$

$$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^x = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \quad \text{dies ist die Form} \quad a^x = b$$

$$\text{Mit dem Logarithmus zu lösen: } x = \log_a b = \frac{\ln b}{\ln a} = \frac{\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2}{\ln\frac{d_1}{d_2}} = \frac{\ln\left(\frac{380}{160}\right)^2}{\ln\frac{25}{3,5}} = 0,88$$

$$d_2 = d_1 \cdot \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\frac{2}{0,88}} = 25^\circ \cdot \left(\frac{160}{270}\right)^{2,2727} = 7,6^\circ$$

Bei einer Geschwindigkeit von 270 kts (CAS) ist ein maximaler Ausschlagswinkel des Seitenruders zulässig von 7,6°.