



STUDIENDEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur  
Flugzeugsysteme SS 2006**

Datum: 28.06.2006

**Luftfahrtausdrücke** (6 Punkte)

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

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. oxygen                    | Sauerstoff                  |
| 2. check valve               | Rückschlagventil            |
| 3. pressure relief valve     | Druckbegrenzungsventil      |
| 4. priority valve            | Vorrangventil               |
| 5. ram air                   | Stauluft                    |
| 6. aileron                   | Querruder                   |
| 7. stick                     | Steuerknüppel               |
| 8. exhaust                   | Abgase, Entlüftung, Auspuff |
| 9. global positioning system | Satellitennavigationssystem |
| 10. fuse                     | Sicherung                   |
| 11. emergency                | Notfall                     |
| 12. to extinguish            | löschen                     |

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

- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Kraftstoff                 | fuel                            |
| 2. Instrumentenlandesystem    | instrument landing system (ILS) |
| 3. Trägheitsnavigationssystem | inertial reference system (IRS) |
| 4. Steuerhorn                 | control column, yoke            |
| 5. Knüppel                    | stick                           |
| 6. Seitenruderpedal           | rudder pedal                    |
| 7. künstliches Gefühl         | artificial feel                 |
| 8. Vorflügel                  | slat                            |
| 9. Landeklappen               | flaps                           |
| 10. Anzeige                   | indicator                       |
| 11. Sicherheit                | safety                          |
| 12. Verteiler                 | manifold                        |

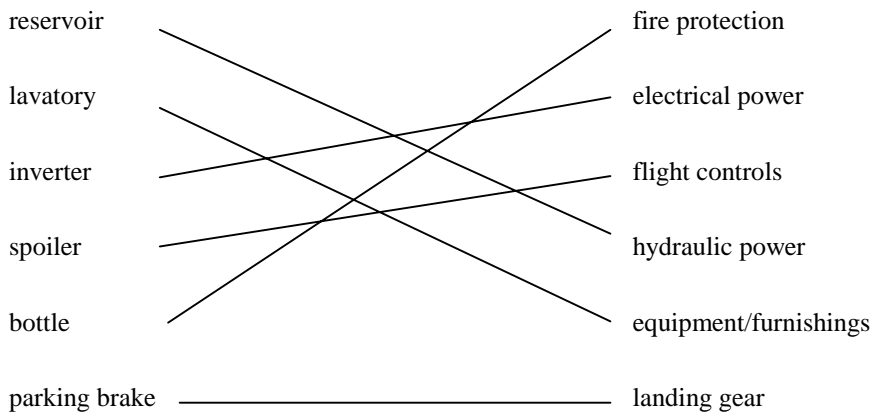
**Flugzeugsysteme allgemein**

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

Those units and components which store, regulate, and deliver oxygen to the passengers and crew, including bottles, relief valves, shut-off valves, outlets, regulators, masks, walk-around bottles, etc.

Oxygen (Sauerstoff), ATA 35

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



5.) Was versteht man nach ATA unter "cabin systems"?

Cabin Systems (ATA 44):

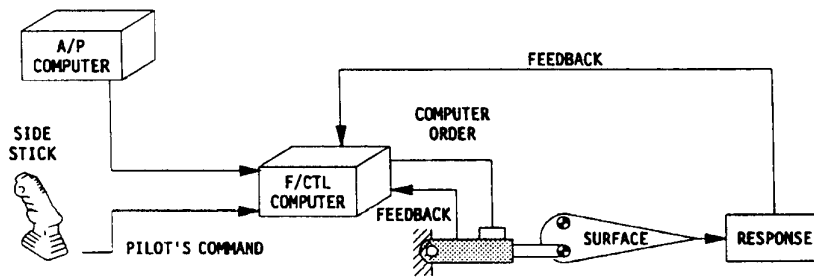
Those units and components which furnish means of entertaining the passengers and providing communication within the air and between the aircraft cabin and ground stations. Includes voice, data, music and video transmissions. Does not include SATCOM, HF, VHF, UHF and all transmitting/receiving equipment, antennas etc. which are covered in Chapter 46.

Kurz: Nach ATA umfasst "cabin systems" die optionale Kabinenelektronik.

6.) Erklären Sie das Grundprinzip der FBW Flugsteuerung!

FBW = Fly by Wire = Flugsteuerung mit elektrischer Signalübertragung.

Im manuellen Flug kommandiert der Pilot einen flugmechanischen Parameter (z.B. das Lastvielfache; Eingabe z.B. über den Side Stick). Das Kommando wird an die Flugsteuerungsrechner weiter gegeben. Diese kommandieren und regeln einen Steuerflächenausschlag (innere Regelschleife). Das Flugzeug reagiert auf den Steuerflächenausschlag. Sensoren messen die flugmechanischen Parameter. Das Kommando an die Steuerfläche wird so geregelt (äußere Regelschleife), dass sich der vom Piloten kommandierte flugmechanische Parameter einstellt.



7.) Was bedeutet VFR? Was bedeutet IFR?

VFR = Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)

IFR = Instrument Flight Rules (Instrumentenflugregeln)

VMC = Visual Meteorological Conditions (Sichtflugbedingungen) sind erforderlich für einen Flug nach Sichtflugregeln. IMC = Instrument Meteorological Conditions (Instrumentenflugbedingungen): Flug nach Sichtflugregeln nicht zulässig, stattdessen: Fliegen nach Instrument Flight Rules.

8.) Mit Hilfe welcher Navigationshilfen wird die Navigation über die Luftstraßen durchgeführt?

Mit Hilfe der VORs (UKW-Drehfunkfeuer).

9.) Berechnen Sie:  $R(t) + F(t) =$

Lösung:  $R(t) + F(t) = 1$

10.) Was versteht man unter *schlafender Fehler (dormant failure)*?

Ein schlafender Fehler ist ein Fehler in einem inaktiven Subsystem, das aufgrund einer Redundanz zur Zeit nicht aktiv sein muss. Der Fehler in diesem Subsystem fällt nicht auf, weil das Subsystem nicht arbeitet. Das übergeordnete System funktioniert, weil das parallele redundante Subsystem ohne Fehler arbeitet. Schlafende Fehler sind problematisch, weil das übergeordnete System bei Fehler des aktiven Subsystems unvermittelt und überraschend ausfällt. Schlafende Fehler sind weiterhin problematisch, weil Sie nur durch spezielle Überprüfungen entdeckt werden.

11.) Was ist der Unterschied zwischen *Zuverlässigkeit (reliability)* und *Verfügbarkeit (availability)*?

"The reliability is the probability of survival." D. h. Zuverlässigkeit beschreibt die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein System eine bestimmte Zeit arbeitet ohne auszufallen. "The (instantaneous) availability is the probability that the system will be available at time  $t$ ." D. h. die Verfügbarkeit ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das System zu einem bestimmten Zeitpunkt (das ist i. d. R. der Moment der Inbetriebnahme) funktioniert.

12.) Was sind *trade-off studies*?

trade-off studies = Vergleichsstudien. Es werden verschiedene Produkte oder Lösungsvarianten miteinander verglichen.

13.) Welche Aufgabe hat ein *shut-off valve*?

shut-off valve = Absperrrventil. Das Ventil ist entweder offen oder geschlossen.

- 14.) Welches System generiert die automatische Ansage im Cockpit "*don't sink, don't sink, ...*"?  
Das Ground Proximity Warning System (GPWS).
- 15.) Welche Form haben i.d.R. die Behälter für das Feuerlöschmittel über den Abfallbehältern in den Toiletten?  
Die Behälter sind kugelförmig.
- 16.) Es wird über lange Zeit ein Kurvenflug nach links durchgeführt. Das Seitenruder steht auf neutral. Das Flugzeug hat eine positive Spiralstabilität. In welche Richtung muss das Querruder betätigt werden um den Hängewinkel konstant zu halten?  
Positive Spiralstabilität bedeutet, dass das Flugzeug die Tendenz hat den Kurvenflug mit abnehmendem Hängewinkel durchzuführen. Wenn der Pilot in einer Linkskurve dieser stabilisierenden Tendenz entgegenwirken will, dann muss das Steuerhorn nach links ausgeschlagen werden (d. h. linkes Querruder schlägt nach oben aus, rechtes Querruder schlägt nach unten aus).
- 17.) Bei welcher Kabinenhöhe fallen die Sauerstoffmasken in der Kabine automatisch aus ihren Behältern?  
Bei ca. 14000 ft Kabinenhöhe.
- 18.) 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.
- 19.) Mit welcher Frequenz werden Flugzeugdrehstrombordnetze betrieben?  
400 Hz
- 20.) 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.) Schub reduzieren auf dem entsprechenden Triebwerk. 2.) Triebwerk abschalten. 3.) Brandherd isolieren (Kraftstoffzufuhr, Luftversorgung, Hydraulikpumpen, Generatoren) durch Betätigung der entsprechenden (gesicherten) Druckschalter. 4.) 10 s warten vor Löschung. 5.) Ersten Löschmittelbehälter auslösen => gasförmiges Löschmittel strömt über Rohrleitungen zwischen Triebwerksverkleidung und Triebwerk. 6.) Bei "two shot system": nach 30 s Wartezeit zweiten Löschmittelbehälter auslösen.
- 21.) 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.

- 22.) 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.
- 23.) Nennen Sie zwei Aufgaben eines Druckspeichers (Akkumulators) im Hydrauliksystem!  
Kurzzeitige Versorgung des Systems, Dämpfung von Schaltimpulsen, Dämpfung von Pulsationen aus der Pumpencharakteristik.
- 24.) Nennen Sie drei physikalische Prinzipien, die zur Enteisierung bzw. Eisverhütung an Flugzeugen während des Fluges eingesetzt werden!  
Pneumatische Enteisierung, Flüssigkeitsenteisierung, Warmluftenteisierung (bzw. - eisverhütung), elektrische Eisverhütung.
- 25.) Welche Dichte hat Kerosin?  
Ca.  $810 \text{ kg/m}^3$
- 26.) Wieviel Satelliten muß ein GPS-Gerät mindestens empfangen, um eine Position im Raum (Standort und Höhe) zu berechnen?  
Dafür mindestens 4 Satelliten.
- 27.)
- 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/CS- 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.
- 28.) Woher kommt bei den meisten Passagierflugzeugen der Sauerstoff für die Sauerstoffmasken, die in der Kabine über den Sitzen installiert sind?  
Aus chemisch arbeitenden Sauerstoffgeneratoren.
- 29.) Woher kommt das Abwasser, welches das Flugzeug über Abflusstutzen (drain masts) nach außen verläßt?  
Aus den Handwaschbecken und aus den Abflüssen der Bordküchen. (NICHT aus der Toilette!)
- 30.) Wie könnte ein innovatives Abwassersystem funktionieren und welche Vorteile wären damit verbunden?  
Ein innovatives Abwassersystem könnte das Wasser aus den Handwaschbecken (sogenanntes Grauwasser) aufbereiten und zur Toilettenspülung verwenden. Dadurch könnte Frischwasser eingespart werden. Die Gesamtflugzeugmasse zu jedem Zeitpunkt während des Fluges wäre geringer, ebenso der induzierte Wi-

derstand und damit auch der notwendige Schub sowie der Kraftstoffverbrauch.

31.) Welche Anforderungen werden an die Temperaturregelung eines Flugzeugs gestellt?

The temperature control from the cockpit may typically be possible in a range between 18 °C and 30 °C. Transient scenarios will probably determine the heating and cooling performance of the air conditioning system in civil subsonic aircraft:

- from -32 °C to 21 °C in 30 minutes,
- from 46 °C to 27 °C in 30 minutes.

32.) Was versteht man unter Hochdruckwasserabscheidung?

A high-pressure water separator (Hochdruckwasserabscheider) is installed before the turbine of an aircycle machine in an air conditioning pack. Separating the water before the turbine requires at least one more heat exchanger: a condenser or a condenser and a reheater. The advantage of the high-pressure water separator is that the air may be cooled down to temperatures of -50 °C. This results in higher temperature differences at the heat exchangers and a higher efficiency of the system.

33.) Welchen Anteil am Kraftstoffverbrauch für den gesamten Flug hat die Klimaanlage?

Der Gesamtanteil des Klimaaggregats am Kraftstoffverbrauch des gesamten Flugzeugs beträgt derzeit etwa knapp 5 %. Mit Zapfluftsyste-men wird dieser Verbrauch nicht wesentlich zu verbessern sein. Aus diesem Grunde konzentrieren sich gegenwärtige Technologieprogramme in Europa und USA auf zapfluftlose Klimatisierungssysteme, bei denen bis zu 20% Brennstoffeinsparung erwartet werden. Das ist dann 1 % am Kraftstoffverbrauch des gesamten Flugzeugs.

34.) Nennen Sie die Bezeichnung des Universalcontainers für Großraumflugzeuge!

LD3

35.) Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten von Notrutschen. Welche?

- 1.) Rutschen, die nur zum Ausstieg dienen
- 2.) Rutschen, die zum Ausstieg und als Schlauchboot dienen

36.) Nennen Sie drei Funktionen, die die Spoiler übernehmen und die entsprechende Bezeichnung (in englisch oder deutsch) der Spoiler in dieser Funktion!

Rollenfunktion - roll spoiler (durch einseitigen Spoilerausschlag)

Geschwindigkeitsbremsen - speed brakes

(steileren Gleitwinkel durch Zusatzwiderstand)

Bodenspoiler - ground spoiler, lift dumper

(Auftriebsabbau, Widerstandserhöhung nach Landung)

## Flugzeugsysteme des Airbus A321

37.) Welche Aufgabe hat das gezeigte Panel? Wo befindet es sich? Welche Aufgabe haben die gezeigten vier Knöpfe?



Das Cabin Pressure Panel nimmt Eingaben zum Druckregelsystem entgegen. Es befindet sich im Overhead Panel.

### MAN V/S toggle

The switch controls the manual motor of the outflow valve. MAN V/S toggle switch is spring

loaded to neutral. When the MAN V/S toggle switch is moved up, the outflow valve moves towards the open position. When the MAN V/S toggle switch is moves down, the outflow valve moves towards the closed position.

### MODE SEL switch

When the MODE SEL switch is selected to MAN, the MAN V/S toggle switch controls the manual motor of the outflow valve.

### LDG ELEV selector

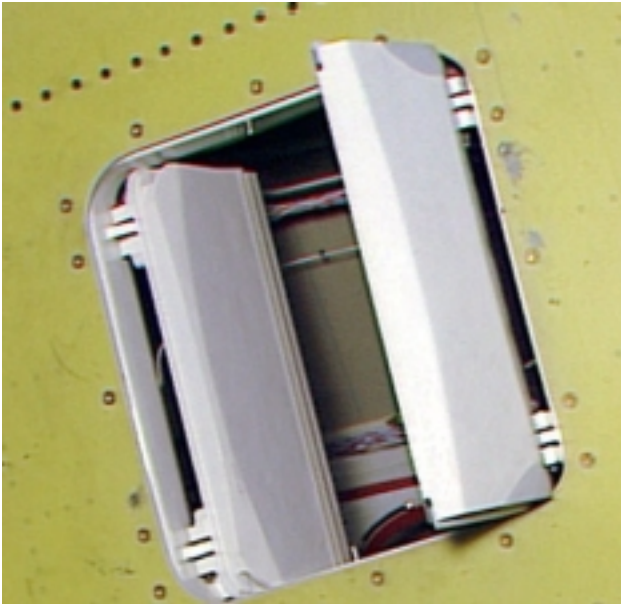
If data from the FMGS is not available, the landing field elevation can be manually adjusted with the LDG ELEV selector.

### DITCHING pushbutton switch

If aircraft ditching needs to be prepared, a guarded DITCHING pushbutton switch

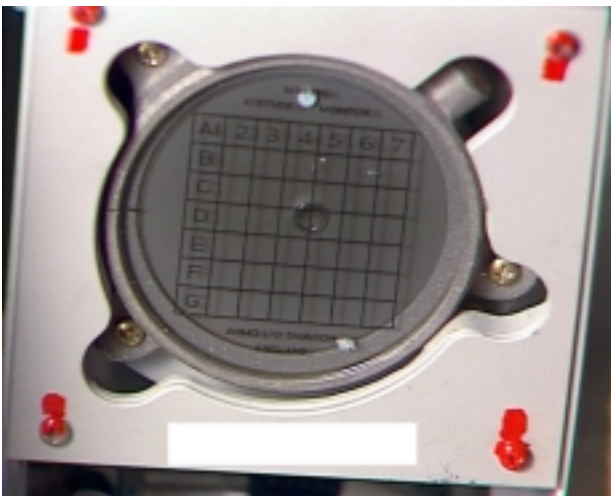
- closes the outflow valve
- closes the avionics ventilation extract valve
- closes the pack flow control valves.

38.) Welches Teil ist hier gezeigt?



Das Outflow Valve.

39.) Welche Aufgabe hat das hier gezeigte Teil?



Mit Hilfe dieses Teils kann festgestellt werden, ob das Flugzeug am Boden horizontal abgestellt wurde, bzw. in welcher Weise und wie stark es von einer horizontalen Lage abweicht. Anwendung: Beim Betanken oder Aufbocken.

40.) Welches Gerät ist in der Lage, hydraulische Leistung in hydraulische Leistung zu wandeln?

Die Power Transfer Unit (PTU).

41.) Welcher Parameter wird mit dem Seitenruder kommandiert?

Der Schiebewinkel  $\beta$  wird mit dem Seitenruder kommandiert.



- 42.) 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:
- X precooler,
  - O aftercooler,
  - X primary heat exchanger,
  - O secondary heat exchanger,
  - X main heat exchanger,
  - X reheater,
  - O recooling,
  - X condenser.
- 43.) Über welches Gerät können die Piloten den Flugplan eingeben?  
Über die Multipurpose Control & Display Unit (MCDU).
- 44.) Alle Generatoren der A321 produzieren Drehstrom. Welche Geräte sorgen dafür, dass auch Gleichstrom zur Verfügung steht? Wie viele derartiger Geräte gibt es an Bord?  
Die Transformer Rectifier Units (TRU) wandeln den Drehstrom in Gleichstrom um. Die A321 hat 3 TRUs.
- 45.) 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.)
- 46.) Nenne Sie drei verschiedene Computer des Flugsteuerungssystems!  
ELAC, SEC, FAC, FCDC, SFCC
- 47.) 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.
- 48.) 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.
- 49.) 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.)

- 50.) 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.
- 51.) 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.
- 52.) 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).
- 53.) 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.
- 54.) 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.
- 55.) Sie fliegen mit Autopilot und wollen die Machzahl ändern. Wo geben Sie dies ein?  
Die Machzahl wird über die Flight Control Unit (FCU) eingegeben.
- 56.) Über welches Eingabegerät kann am Boden das trimmbare Höhenleitwerk (THS) entsprechend dem Schwerpunkt des Flugzeugs eingestellt werden?  
Der THS kann über die Handräder eingestellt werden.
- 57.) Welche Funktion(en) hat der rote Knopf am Side Stick?  
a) Autopilot Disconnect  
b) Priority Push Button
- 58.) Welcher Computer berechnet die Anti-Skid Funktion?  
Die Braking and Steering Control Unit (BSCU) berechnet die Anti-Skid Funktion.

59.) Wo im Cockpit wird die Stellung der Landeklappen angezeigt?

Die Stellung der Landeklappen wird auf dem Engine Warning Display angezeigt. Dieses Display ist ein Teil des ECAM Systems (Electronic Control and Monitoring).

60.) Wo wird der Druck der Reservoirs der Hydrauliksysteme angezeigt?

Der Druck wird auf dem Manometer direkt am Reservoir angezeigt.