



**DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur  
Flugzeugsysteme SS 2012 – Teil 1**

Datum: 12.07.2012

**Hinweise:**

- Die Bearbeitung der Klausur erfolgte ohne Unterlagen.
- Es gab 1 Punkt je Aufgabe bzw. Teilaufgabe – falls nicht anders angegeben.
- Gesamtpunktzahl: 40
- Die Beantwortung der Fragen war auf Deutsch vorgesehen. Hier stehen auch englische Antworten, wenn ich die Musterantwort dadurch einfach aus dem Skript kopieren konnte.

**1. Klausurteil: Flugzeugsysteme allgemein**

**Luftfahrtausdrücke**

(6 Punkte)

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

1. aircraft system	Flugzeugsystem
2. power plant	Triebwerk
3. flight controls	Flugsteuerung
4. landing gear	Fahrwerk
5. subcontractor	Zulieferer
6. breakdown	Gliederung
7. certification	Zulassung
8. safety	Sicherheit
9. reliability	Zuverlässigkeit
10. redundancy	Redundanz
11. ram air turbine	Stauluftturbine
12. trade-off studies	Vergleichsstudien

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

1. Belüftung	ventilation
2. Wärmetauscher	heat exchanger
3. Verbrennung	combustion
4. Quelle	source
5. Senke	sink
6. Dampf	vapor oder auch vapour
7. verdunsten	to evaporate
8. Kabinenhöhe	cabin altitude
9. Wechselstrom	alternating current
10. Rauch	smoke
11. löschen	to extinguish
12. Küche (im Flugzeug)	galley

### Flugzeugsysteme allgemein – Mechanische Systeme (Prof. Dr. Scholz)

1.) Für welches Flugzeugsystem (Bezeichnung und ATA-Kapitel) ist dies die ATA-Definition:  
*Those unites and components which furnish a means of supporting and steering the aircraft on the ground or water, and make it possible to retract and store the landing gear in flight. Includes tailskid assembly, brakes, wheels, floats, skids, skis, doors, shock struts, tires, linkages, position indicating and warning systems. Also includes the functioning and maintenance aspects of the landing gear doors but does not include the structure [of the doors] ...*

Landing Gear (Fahrwerk), ATA 32

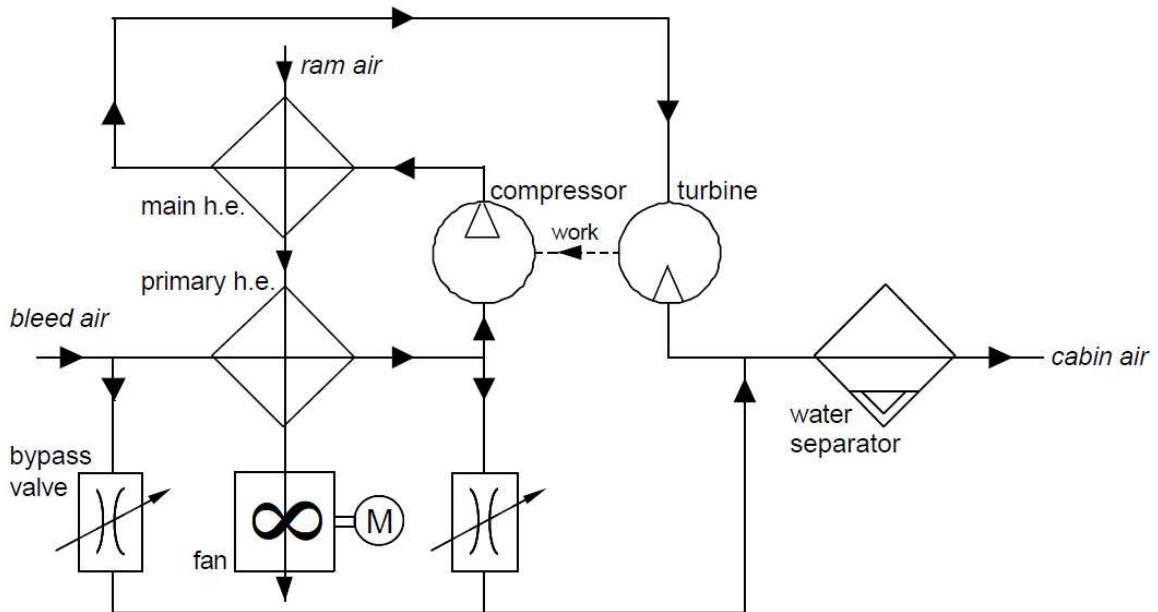
2.) Warum sind Flugzeugsysteme wichtig? Nennen Sie mindestens 2 Gründe!

Aircraft systems accounts for one-third of the aircraft's empty mass. Similarly, aircraft systems have a high economic impact: more than one-third of the development and production costs of a medium-range civil transport craft can be allocated to aircraft systems, and this ratio can be even higher for military aircraft. The price of the aircraft is driven in the same proportion by aircraft systems. Aircraft systems account for roughly one-third of the Direct Operating Costs (DOC) and the Direct Maintenance Costs (DMC). In short: **Aircraft systems account for 1/3 of the aircraft.**

3.) Wie werden ATA 35 und 21 zusammenfassend genannt?

ATA 35 und ATA 21 werden zusammenfassen **environmental control system (ECS)** genannt. Diese Gezeichnung wird so auch in Deutschland in der Flugzeugindustrie genutzt.

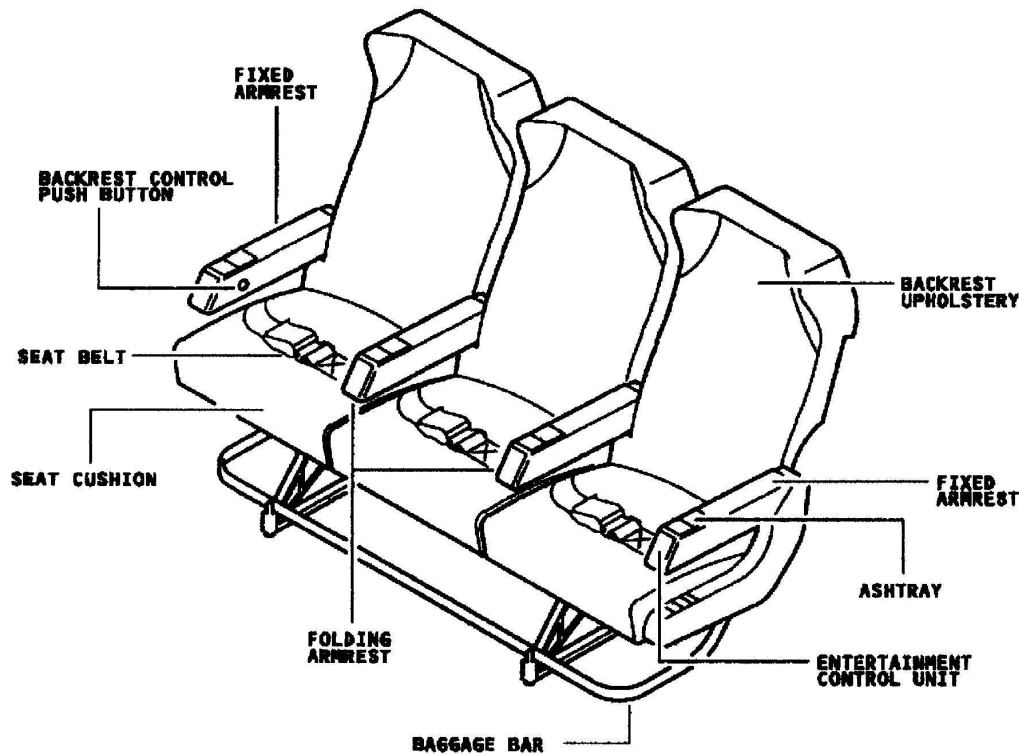
4.) Beschreiben Sie die Funktionsweise dieses Systems! (3 Punkte)



Die offene Bootstrap-Expansionskühlanlage (open bootstrap air cycle system) leitet Zapfluft zunächst durch einen primären Wärmetauscher (primary heat exchanger). Anschließend wird sie verdichtet und durch einen zweiten Wärmetauscher (oder Hauptwärmetauscher) (main heat exchanger) geführt. Danach wird die Luft in der Turbine (turbine) auf das Kabinendrucklevel entspannt. Bevor die Luft in die Kabine gelangt, wird in einem Niederdruckwasserabscheider (low pressure water separator) der Wassergehalt reduziert. Der Bootstrap-Verdichter (bootstrap compressor) wird über die Turbine angetrieben. Hier wird Wärmeenergie in Wellenleistung (shaft power) umgewandelt. Der primäre und der Hauptwärmetauscher werden durch die Stauluft (ram air) aus der Umgebung gekühlt. Das Gebläse (fan) könnte über einen Elektromotor angetrieben werden, um den Luftstrom durch die Wärmetauscher zu erhöhen. Mit Hilfe von integrierten Nebenstromleitungen (by pass) kann die Temperatur eingestellt werden.

- 5.) Nennen Sie mindestens 4 Komponenten, die Bestandteil eines Passagiersitzes im Flugzeug sind!

Die Bestandteile eines Sitzes sind im Bild dargestellt. Nicht zusehen auf dem Bild ist die Zeitschriftentasche und der Klapp Tisch auf der Rückseite des Sitzes.



- 6.) Nennen Sie mindestens 4 Steuerflächen am Flugzeug!

Höhenruder (elevator), Querruder (aileron), Seitenruder (rudder), Spoiler (spoiler)

- 7.) Nennen Sie mindestens 2 Möglichkeiten die bei Flugzeugen vorgesehen sein können, um die Kraftstoffmenge am Boden festzustellen (ohne Nutzung des elektrischen Bordsystems)!

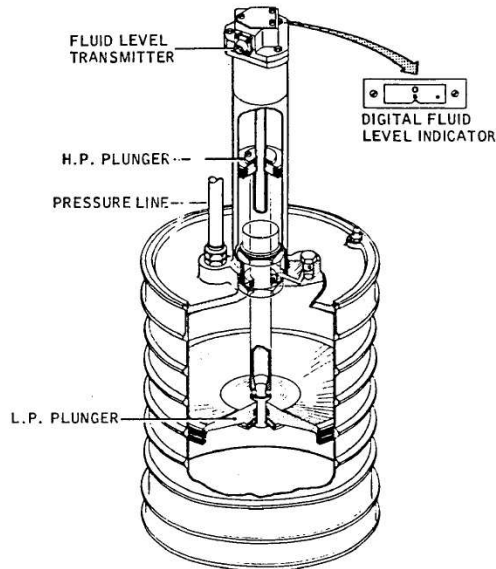
Kurze Antwort: 1.) drip stick, 2.) magnetic level indicator

Hintergrund:

Zusätzlich zu dem Kraftstoffmengenanzeiger, der überwiegend während des Fluges verwendet wird, ist es wünschenswert den Kraftstoffstand am Boden auch zusätzlich optisch festzustellen. Bei kleinen Flugzeugen kann man den Kraftstoffstand optisch erkennen, indem man durch die Tanköffnung schaut. Da bei Transportflugzeugen dies nicht möglich ist, befinden sich an der Flügelunterseite Dripsticks. Diese hohlen Fiberglasstäbe werden entriegelt und langsam herausgezogen, bis es anfängt zu tropfen (drip). Die Stellung des Stabes entspricht dann dem Kraftstoffstand im Tank. Fortschrittlicher

sind magnetische Füllstandsanzeiger (magnetic level indicator, MLI). Der magnetische Füllstandsanzeiger wird ebenfalls an der Unterseite des Flügels entriegelt. Dabei setzt sich ein magnetischer Schwimmer auf die Kraftstoffoberfläche, während ein magnetischer Stab einen Kontakt zum Schwimmer herstellt. Über die Position des Stabes, lässt sich wiederum der Kraftstoffstand bestimmen.

8.) Welches Teil ist hier gezeigt? Welche Aufgabe hat es? Wie funktioniert es? (2 Punkte)



- Gezeigt ist ein Bootstrap Reservoir.
- Das Reservoir dient als Vorratsbehälter für die Hydraulikflüssigkeit des Systems.
- Die Behälter werden i.d.R. unter einen gewissen Druck gesetzt. Das kann geschehen über das Pneumatiksystem, mit Hydraulikdruck (Bootstrap-Prinzip) oder mit einer Feder. In einem Bootstrap-Reservoir wirkt die Hochdruckflüssigkeit auf einen kleinen Kolben, der mit einem großen Kolben verbunden ist. Dieser wirkt auf die Niederdruckflüssigkeit im Behälter.

9.) Was ist „super cooled water“? Warum ist es gefährlich?

- Wir wissen aus der Alltagserfahrung, dass Wasser zu Eis unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}\text{F}$ ) gefriert und über  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  wieder schmilzt. Spätestens wenn es zu Flugzeugvereisung kommt, lernen wir, dass die Temperaturverhältnisse nicht so sein müssen. Kleine Tröpfchen können noch in der flüssigen Phase unter (!)  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bestehen. Die meisten Tröpfchen werden bei unter  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-4\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) zu Eis. Sehr kleine und reine Tröpfchen können eine Temperatur von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) erreichen wo sie immer noch flüssig sind. Unter  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird schließlich jedes Wasser in der Luft gefrieren. **(Flüssiges) Wasser unter  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird unterkühltes Wasser (super-cooled water) genannt.** Der Grund für die Existenz von unterkühltem Wasser liegt in der Tatsache, dass es einfach ungestört während der Abkühlung ist - nichts verursacht eine Eisbildung.

- b) Wenn ein Flugzeug die unterkühlten Tröpfchen berührt, bekommt das Tröpfchen die Information seinen Aggregatzustand zu wechseln und wird zu Eis. Die negativen Effekte von **Vereisung** an Flugzeugen sind vielfältig. Eis kann...
- ... die **Profilform verändern**. Dies kann den Anstellwinkel verändern, bei dem das Flugzeug überzieht (stall), und es verursacht eine bedeutend höhere Überziehgeschwindigkeit (stall speed). Eis kann den Auftrieb reduzieren, den das veränderte Profil noch erreichen kann und erhöht den Luftwiderstand um ein mehrfaches.
  - ... teilweise die **Steuerung und Trimmung blockieren** oder behindern.
  - ... das **Fluggewicht erhöhen**. Das Flugzeug könnte nicht mehr in der Lage sein die Flughöhe zu halten. Die Überziehgeschwindigkeit ist noch einmal höher.
  - ... die Bohrungen vom Pitot-Rohr und der statischen Druckentnahme **blockieren**.
  - ... den **Bruch von Flugzeugantennen** verursachen.
  - ... ein **Überziehen des Höhenleitwerks** verursachen. Dadurch kann das Flugzeug abnicken und unkontrollierbar werden.
  - ... einen unrunden Propellerlauf verursachen und die **Propellerwirkungsgrad verschlechtern**. Eis, das von dem Propeller weggeschleudert wird, ist eine Gefahr für alle Komponenten, die sich in der Rotationsebene des Propellers befinden.
  - ... die inneren **Triebwerksteile beschädigen**.

10.) Bis zu welcher Höhe ist es (theoretisch) möglich den Menschen ohne Druckkabine allein durch ein Sauerstoffsystem mit Atemluft zu versorgen?

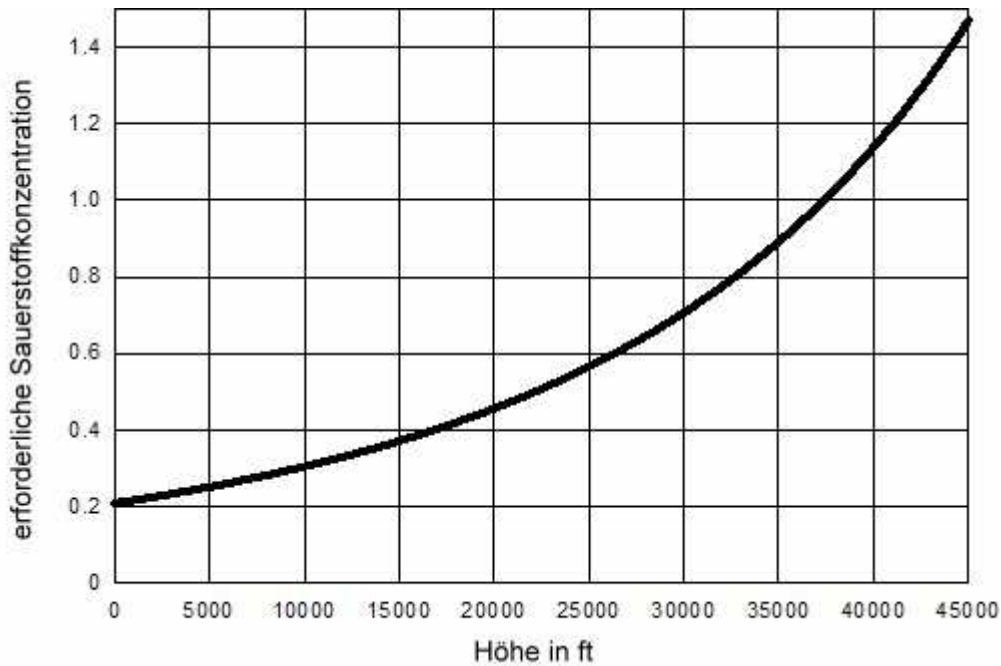
Um die Effekte der Höhenkrankheit zu kompensieren kann der Sauerstoffpartialdruck erhöht werden durch Atmung höherer Sauerstoffkonzentration. Der partielle Sauerstoffdruck  $p$  in Meereshöhe beträgt

$$0,21 p_{SL} = 0,21 \cdot 1013 \text{ hPa} = 212,7 \text{ hPa} \quad .$$

Wenn der Partialdruck bei der Flughöhe  $h$  aufrechterhalten werden soll, so beträgt die geforderte Sauerstoffkonzentration  $x$

$$x = \frac{212,7 \text{ hPa}}{p(h)} \quad .$$

Wie aus dem Bild abgelesen werden kann oder aus einer Rechnung folgt, wird 100 % (also reiner) Sauerstoff in einer Höhe von 37000 ft benötigt. Über 37000 ft müsste dem Piloten der Sauerstoff weiterhin mit einem Druck von 212,7 hPa durch die Maske zugeführt werden. Die Lungen würden dann aber „aufgeblasen“ mit einem Druck, der höher ist als der Druck in der (nicht bedruckten) Kabine.



## Flugzeugsysteme allgemein – Elektrische / elektronische Systeme (Dr. Berkahn)

Siehe dazu die letzten 4 Seiten dieses Dokumentes.

### Fragen zur Vortragsreihe

- 1.) What is the advantage of a variable pitch propeller compared to the fixed pitch propeller?

The variable pitch propeller can maintain its maximum efficiency over a wider range of advance ratios (flight speeds and propeller rpm).

- 2.) Welche vier verschiedenen Arten der Zulassung kann ein gemäß EASA Part 21 Subpart J zugelassener Entwicklungsbetrieb bei der EASA beantragen?

- Musterzulassung (type certificate, TC)
- Änderung der Musterzulassung
- Ergänzende Musterzulassung (supplemental type certificate, STC)
- Reparaturzulassung

Siehe dazu:

HINSCH, Martin: *Grundlagen der Musterzulassung - Vom Design-Entwurf bis zur EASA-Zulassungsurkunde*. Vortrag: HAW Hamburg, 12-05-10. - Online abgelegt unter URL: <http://hamburg.dgllr.de>

- 3.) Was sind die mit MRO abgekürzten (Kern-)Leistungen von Lufthansa Technik und mit welcher weiteren Fähigkeit versucht sich Lufthansa Technik einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen?

M - Maintenance  
R - Repair  
O - Overhaul  
M - Modification & Management

- 4.) Zu welcher Treibstoffeinsparung führt die Anwendung der Triebwerkswäsche laut Lufthansa Technik?

0,5 - 1 %

Zu Frage 3 und 4 siehe:

KIRSCHFINK, Franz Josef: *"Green Aircraft" in MRO - Aktuelle und zukünftige Herausforderungen in der Flugzeugwartung und -überholung*. Vortrag: HAW Hamburg, 12-05-24. - Online abgelegt unter URL: <http://hamburg.dglr.de>



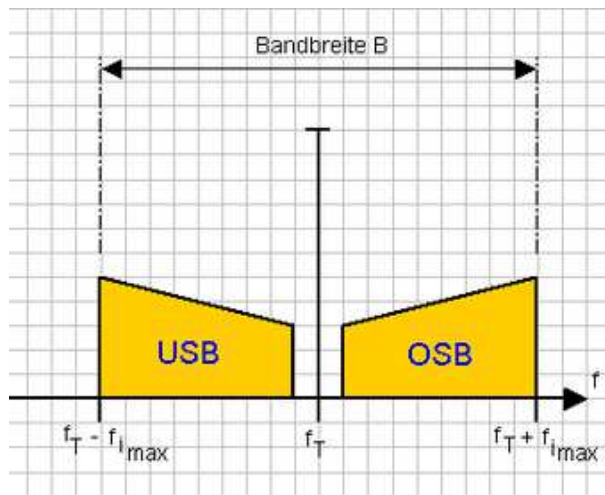
# Musterlösung zur Klausur Flugzeugsysteme SS 2012

## Vorlesungsteil Dr. Berkahn

### Frage 1:

Zeichnen Sie das Frequenzspektrum einer Amplituden-Modulation!

### Antwort:



Dargestellt werden muss:

- *USB (Unteres Seitenband) : Bezeichnung und prinzipielle Lage links von der Trägerfrequenz  $f_T$*
- *OSB (Oberes Seitenband): Bezeichnung und prinzipielle Lage rechts von der Trägerfrequenz  $f_T$*
- *Trägerfrequenz  $f_T$ : Bezeichnung und prinzipielle Lage in der Mitte*

### Frage 2:

- Was sind die Vorteile und die Nachteile der Amplitudenmodulation (AM) gegenüber der Frequenzmodulation (FM)?
- Wodurch entsteht der Nachteil der AM?

Antwort:

- a) *Vorteil: Sender und Empfänger sind technisch sehr einfach zu realisieren / das Signal lässt sich sehr einfach erzeugen*  
*Nachteil: Geringe bzw. schwankende Signalqualität / Sprachqualität*
- b) *Die Amplitude des AM-Signals schwankt mit der Amplitude des zu übertragenden (Basisband)-Signals. Die Amplitude ist jedoch relevant für die Stärke und Qualität des empfangenen Signals.*  
*Die Amplitude des FM-Signals ist konstant und somit unabhängig von der Amplitude des zu übertragenden (Basisband)-Signals*

**Frage 3:**

Nennen Sie mindestens 5 Komponenten des Kabinen-Management-System CIDS.

Antwort:

- *Director*
- *FAP (Flight Attendant Panel)*
- *DEU (Decoder Encoder Unit)*  
*ebenfalls gültige Antwort: DEU-A / DEU-B*
- *Handset*
- *AIP (Attendant Indication Panel)*
- *AAP (Additional Attendant Panel)*

**Frage 4:**

Die Bord-Spannung im Flugzeug, die von den Generatoren an den Triebwerken erzeugt wird, muss konstant gehalten werden.

- a) *Wie groß ist die von den Generatoren erzeugte Primär-Spannung (gemessen zum Sternpunkt)?*
- b) *Durch welche Maßnahme in den Generatoren wird die Höhe der Spannung geregelt?*
- c) *Beschreiben Sie die Wirkungsweise dieser Maßnahme.*

Antwort:

- a) *115V*
- b) *Spule / Wicklung um den Anker im Generator*
- c) *Durch Anlegen einer Spannung an die zusätzliche Spule, die um den Anker gewickelt ist, lässt sich das Magnetfeld des Ankers verstärken oder abschwächen. Dadurch wird in den außenliegenden Spulen mehr oder weniger Spannung induziert.*

**Frage 5:**

Nennen Sie mindestens 4 Quellen für Stromversorgung des Flugzeuges.

**Antwort:**

- *Generatoren an den Triebwerken*
- *APU (Auxiliary Power Unit)*
- *External Ground Power*
- *Emergency Power Generator (mittels RAT, Ram Air Turbine)*
- *Battery Power*

**Frage 6:**

Das Navigationssystem Automatic Direction Finder (ADF) besteht aus zwei verschiedenen Antennen.

- a) Wie heißen die beiden Antennen?
- b) Wieso sind zwei unterschiedliche Antennen für die Peilung notwendig?

**Antwort:**

- a) *Loop Antenne und Sense Antenne.*
- b) *Loop Antenne hat zwei Maxima. Man weiß nicht in welcher Richtung der Peilsender liegt. Durch Überlagerung mit dem Signal der Sense-Antenne wird die Peilung eindeutig.*

**Frage 7:**

Das Instrumenten Landesystem (ILS) sendet verschiedene Signale aus.

- a) Welche Modulation wird für die Aussendung des ILS Localizer Signals genutzt?
- b) Was ist das besondere an diesem Signal?

**Antwort:**

- a) *Amplituden-Modulation.*
- b) *Im USB und OSB werden unterschiedliche (Basisband)-Frequenzen übertragen.*  
*USB: 90 Hz*  
*OSB: 150 Hz*  
*Das USB Signal wird links und das OSB Signal wird rechts von der Landebahn ausgestrahlt. Das ILS erkennt beim Empfang des Signals anhand der beiden (Basisband)-Frequenzen, ob sich das Flugzeug zu weit links oder rechts von der Landebahn befindet.*

**Frage 8:**

Nennen Sie die drei Modi des ATC Transponders und welche Information dabei übertragen werden.

Antwort:

- Mode A: 4-stelliger ID Code des Flugzeuges
- Mode C: Barometrisch gemessene Höhe
- Mode S: zusätzliche Daten für die Flugsicherung bzw. Kollisionswarnsystem (eindeutiger ICAO Code, Heading, digitale Daten für Flugsicherung)

**Frage 9:**

Das GPS Signal hat stets eine gewisse Ungenauigkeit, die für einen Landeanflug unzureichend ist.

- Durch welche Maßnahme wird die Genauigkeit z.B. im Bereich von Flughäfen erhöht?
- Wie ist die prinzipielle Funktionsweise dieser Maßnahme?

Antwort:

- Durch Übertragung eines (lokalen) Korrektur-Signals (DGPS-Signal).
- Die Position des DGPS Senders ist sehr genau bekannt. Der DGPS Empfänger kann die Differenz zwischen seiner Position der durch das GPS ermittelten Position berechnen. Dieser Korrektur-Faktor wird als DGPS Korrektur Signal zu den Flugzeugen übertragen.

**Frage 10:**

Skizzieren Sie das generelle Layout eines parallelen elektrischen Systems (parallel system) (ATA 24) im Flugzeug! (Aus den Vorlesungsunterlagen von Prof. Scholz)

Antwort:

