



DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur
Flugzeugsysteme SS 2013 – Teil 1**

Datum: 05.07.2013

Flugzeugsysteme allgemein

Luftfahrtausdrücke

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

- | | |
|------------------------|---|
| 1. safety | Sicherheit |
| 2. redundancy | Redundanz |
| 3. availability | Verfügbarkeit |
| 4. commonality | Gemeinsamkeit (insbesondere zwischen Flugzeugtypen) |
| 5. secondary | sekundär |
| 6. reliability | Zuverlässigkeit |
| 7. maintainability | Wartbarkeit |
| 8. advisory (circular) | Beratungsrundschreiben (in Zulassungsangelegenheiten) |
| 9. gravity | Schwerkraft |
| 10. probability | Wahrscheinlichkeit |
| 11. criticality | Kritikalität (oder: Gefährlichkeit) |
| 12. accuracy | Genauigkeit |

2.) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Statistik | statistic |
| 2. Vorhersage (z.B. für Massen) | prediction |
| 3. Pneumatik | pneumatic |
| 4. Verlegung (von Kabeln) | routing |
| 5. Schutz | protection |
| 6. Abfall / Abwasser | waste |
| 7. fliegend | airborne or: flying |
| 8. Ausrüstung | equipment |
| 9. Fehler | error |
| 10. homogen | homogenous |
| 11. Trennung | separation or: segregation |
| 12. unabhängig | independent |

Flugzeugsysteme allgemein

3.) Nach welcher Vorschrift/Spezifikation werden Flugzeugsysteme in der Zivilluftfahrt gegliedert?

Nach FAR Part 25.

Nach ATA-100.

Nach JAR-25.

4.) Nennen Sie die grundsätzlichen Aufgaben einer Klimaanlage im Flugzeug!

Belüftung, Heizen/Kühlen, Bedruckung (evtl. noch: Befeuchtung/Entfeuchtung)

5.) Nennen Sie zwei verschiedene technische Möglichkeiten zur Kühlung einer Flugzeugkabine!

Verdampferanlage (vapor cycle system) und

Expansionskühlanlage (air cycle system)

6.) In welchem Frequenzbereich wird der normale Sprechfunk zwischen Flugzeugen und Flugkontrollstellen durchgeführt?

HF

UKW (Hinweis: deutsche Bezeichnung)

VHF (Hinweis: englische Bezeichnung)

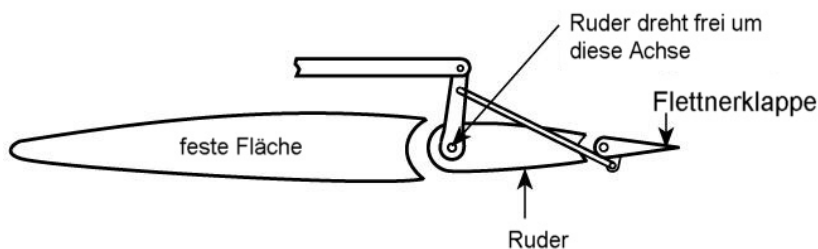
COM

- 7.) Je nachdem, ob zwei Generatoren gemeinsam die elektrischen Verbraucher auf einer Sammelschiene versorgen können oder nicht werden zwei Betriebsarten elektrischer Bordsysteme unterschieden. Nennen Sie die Bezeichnung dieser beiden Betriebsarten!
- getrenntes Sammelschienensystem (split bus system)
 - paralleles (Sammelschienen)System (parallel system)

- 8.) Nennen Sie vier Bereiche, die in Passagierflugzeugen normalerweise mit Feuerlöschanlagen ausgestattet sind!
- Triebwerksbereich (power plant compartment)
 - Einbauraum des Hilfstriebwerks (APU compartment)
 - Einbauraum eines Verbrennungsheizers (combustion heater chamber)
 - Frachtraum (cargo compartment)

- 9.) Wie funktioniert eine Flettnerklappe!

Die Flettner-Klappe (servo tab) wird vom Piloten über das Bedienorgan für die Einstellung des Ruders verstellt. Das Ruder wird vom Piloten nicht direkt verstellt, sondern durch die sich einstellenden Luftkräfte. Je stärker der Pilot die Flettner-Klappe ausschlägt, desto stärker schlägt auch das Ruder aus. Es werden die vom Piloten geforderten Kräfte stark reduziert.



- 10.) Bei einem "Fixed Body" Aktuator ist ...
- ... keine mechanische Rückführung (feedback) des Ruderausschlags auf das Servoventil möglich.
- ... die Kolbenstange mit der Flugzeugstruktur verbunden.
- Hinweis: Als korrekte Lösung darf hier nichts angekreuzt werden!

- 11.) Nennen Sie drei Funktionen, die die Spoiler übernehmen und die entsprechende Bezeichnung (in englisch oder deutsch) der Spoiler in dieser Funktion!
- Störklappen (spoiler) werden eingesetzt zur Rollsteuerung (roll spoiler), zur Gleitzahlreduzierung (speed brakes) und zum Abbau des Auftriebs nach dem Aufsetzen (lift dumper)

- 12.) Nennen Sie vier Bereiche im Flugzeug, die üblicherweise zur Unterbringung von Kraftstoff genutzt werden können!

Kraftstofftanks können sich im Flügel (wing), Rumpf (fuselage), Höhenleitwerk (horizontal tailplane), oder im Seitenleitwerk (vertical tailplane, fin) befinden. Tanks können aber auch dauerhaft an der Flügelspitze befestigt sein. Diese Art der Tanks bezeichnet man als Flügelspitzentanks (tip tank). Bei Kampfflugzeugen können zusätzliche Tanks unter/über dem Flügel oder unterhalb des Rumpfes befestigt werden. Verkehrsflugzeuge nutzen häufig den Bereich zwischen beiden Flügeln als Mitteltank (center tank). Verkehrsflugzeuge können einen Teil oder den gesamten Frachtraum (cargo compartment) mit „additional center tanks“ (ACT) bestücken werden.

- 13.) Nennen Sie die am häufigsten vorkommende Art der Vereisung!

Die am häufigsten vorkommende Art der Vereisung ist die durch unterkühlte Wassertropfen (supercooled water), die beim Aufprall auf das Flugzeug sofort gefrieren.

- 14.) Erklären Sie das Prinzip der „am häufigsten vorkommende Art“ der Vereisung!

Wir wissen aus der Alltagserfahrung, dass Wasser unter $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($32\text{ }^{\circ}\text{F}$) zu Eis gefriert und über $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ wieder schmilzt. Spätestens wenn es zu Flugzeugvereisung geht, 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 (supercooled 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. Wenn ein Flugzeug jedoch die Tröpfchen berührt, bekommt das Tröpfchen die Information seinen Aggregatzustand zu wechseln und wird zu Eis. Für die Umwandlungsphase von Wasser zu Eis ist ein Wärmeentzug nötig. Für diesen Wärmeentzug wird die Tatsache berücksichtigt, dass das Wasser unterkühlt ist. Das Eis wird etwas wärmer sein als das unterkühlte Wasser. Zusammenfassend: Unterkühltes Wasser gefriert sofort aufgrund der Wechselbeziehung mit dem Luftfahrzeug. Das Ergebnis ist Eisansammlung (ice accretion) auf der Flugzeugoberfläche wenn die Fläche eine Temperatur unter $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hat.

15.) Nennen Sie vier Auswirkungen einer Flugzeugvereisung, die den Flugbetrieb gefährden können!

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 Überziehggeschwindigkeit (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 Überziehggeschwindigkeit ist noch einmal höher.
- ... die Bohrungen vom Pitot-Rohr und der statischen Druckentnahme verstopfen.
- ... 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.

16.) Welche Trinkwassermenge wird pro Passagier bei der Auslegung der Trinkwasserbehälter im Flugzeug angesetzt?

0.2 l/pax/h

17.) Heute werden als APU Gasturbinen eingesetzt. Welche anderen APU-Konzepte werden untersucht oder diskutiert.

- a) Brennstoffzelle (fuel cell)
- b) Dieselmotor (diesel engine)

18.) Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten von Toilettensystemen an Bord von Flugzeugen. Welche?

- a) Chemietoilette (chemical toilet systems)
- b) Vakuumtoilette (vacuum toilet system)

19.) Was ist der Unterschied zwischen primärer und sekundärer Flugsteuerung?

- Die primäre Flugsteuerung dient der Regelung der Fluglage.
- Die sekundäre Flugsteuerung ändert die Flugzeugkonfiguration (Start-, Reise-flug-, Landekonfiguration). Dabei soll die Fluglage möglichst unbeeinflusst bleiben.

Zur primären Flugsteuerung gehören klassischerweise Höhenruder, Querruder und Seitenruder. Beispiele für Aufgaben der sekundären Flugsteuerung sind die Änderung des Auftriebs, des Widerstands, der Trimmung und der Flügelpfeilung.

Durch die Einführung der elektronischen Flugsteuerung können heute primäre und sekundäre Flugsteuerung kaum noch auseinander gehalten werden, weil durch den Fortfall der festen Verbindung zwischen Steuerorgan und Steuerfläche prinzipiell alle Steuerflächen - erheblich leichter als bei mechanischen Flugsteuerungssystemen - für alle erforderlichen Aufgaben genutzt werden können.

20.) Was ist der Unterschied zwischen reversibler und irreversibler Flugsteuerung?

- Reversible Flugsteuerungssysteme besitzen eine Verbindung, die Kräfte mit einem bestimmten Übersetzungsverhältnis von Steuerorganen zur Steuerfläche und umgekehrt überträgt.
- Als irreversible Flugsteuerungssysteme werden solche bezeichnet, bei denen eine Kraft an den Steuerorganen eine Kraft an den Steuerflächen verursacht, jedoch eine Kraft an den Steuerflächen keine Kraft an den Steuerorganen.

21.) Welche grundsätzlichen Arten der Signalübertragung unterscheidet man bei der Flugsteuerung?

Irreversible Flugsteuerungen können nach der Art der Übertragung der Steuersignale weiter unterteilt werden:

- Die mechanische Signalübertragung (Fly-By-Cable, FBC) wird heute im Rahmen der Einführung von Flugsteuerungsrechnern durch die
- elektrische Signalübertragung (Fly-By-Wire, FBW) verdrängt.
- Die optische Signalübertragung (Fly-By-Light, FBL) hat vor allem Vorteile im militärischen Bereich durch ihre Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen (Electro Magnetic Interference, EMI).

22.) Was versteht man unter trimmen? Gehen Sie bei Ihrer Antwort auf die beiden geläufigen Definitionen ein!

Ein Flugzeug ist getrimmt, wenn

- um die jeweilige Achse Momentengleichgewicht herrscht (das wird i.d.R. durch Ruderausschläge erreicht),
- das Ruder für diese Achse kraftfrei ist, der Pilot also keine Steuerkräfte aufbringen muss und das Steuerorgan somit auch loslassen könnte.

23.) Was ist der Unterschied zwischen einem Steuerhorn und einem Steuerknüppel?

Die Frage wird hier anhand der Bilder 1 bis 5 beantwortet.

Die Steuerung um die Quer- und Längsachse erfolgt mit einem Bedienorgan. In Segelflugzeugen oder Militärjets (Bild 1) ist dies ein (Steuer-)Knüppel (stick). In Kleinflugzeugen ist es ebenfalls der Knüppel (Bild 2) oder aber auch ein klassisches Steuerhorn (yoke) (Bild 3). Flugzeuge mit irreversibler Flugsteuerung und mechanischer Signalübertragung nutzen ebenfalls das Steuerhorn (yoke) (Bild 4). Bei den Airbus Flugzeugen mit Fly By Wire Steuerung findet man seitlich in der Nähe der Fensters auf beiden Seiten einen Side Stick installiert (Bild 5).



Bild 1 Steuerknüppel in einem Jet-Trainer für Militärpiloten dem Northrop T-38 Talon



Bild 2 Steuerknüppel in einer Robin DR 400



Bild 3 Steuerhorn Cessna Skyhawk



Bild 4 Steuerhorn in der Cessna Citation X – irreversible Flugsteuerung, mechanische Signalübertragung



Bild 5 Sidestick des Airbus A350 – irreversible Flugsteuerung, FBW

- 24.) Was ist der Unterschied zwischen einem aktiven und einem passiven Hochauftriebssystem?
 Hochauftriebssysteme werden eingeteilt in
- passive Hochauftriebssysteme, die (außer dem Antriebssystem zum Ein- und Ausfahren der Klappen) keine weitere Energiezufuhr benötigen und
 - aktive Hochauftriebssysteme, die von externer Energiezufuhr abhängig sind.
- 25.) Was versteht man unter „cabin systems“? Gehen Sie bei Ihrer Antwort auf die beiden geläufigen Definitionen ein!
 Nach ATA iSpec 2200 sind Cabin Systems (ATA 44) definiert als:
 Those units and components which furnish means of entertaining the passengers and providing communication within the aircraft 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, antenna etc. which are covered in ATA 23.
- Nach der geläufigen Definition in Norddeutschland sind Kabinensysteme (cabin systems) alle die Systeme, die ein Beutung in der Flugzeugkabine (und evtl. auch im Frachtraum) haben: ATA 25, 21, 38, 50 und bestimmte Untersysteme von ATA 26, 35.
- 26.) Was ist ein „Gray Water System“? Was ist ein „Potable Water System“?
- a)
 Die Trinkwasseranlage (Potable Water System) liefert Trinkwasser zu Wasserhähnen (faucets) und Kaffeemaschinen (coffee maker) in den Küchen (galley) zu Wasserhähnen und (in einigen Fällen) zu den Toilettenbecken (toilet bowls) in den Waschräumen (lavatories). Das Wasser wird in Tanks aus Faserverbundwerkstoffen gespeichert.
- b) (Hier zusätzlich erklärt):
 Die Abwasseranlage (Waste Water System) führt das Abwasser (waste water, gray water) von den Waschbecken (washbasins) der Waschräume und den Waschbecken (galley sinks) der Bordküche ab. Das Abwasser wird üblicherweise über Bord geführt über Abflussventile (drain valves).
- c)
 Das Abwasser könnte auch nach einer gewissen Reinigung (gray water treatment) an Bord für die Spülung der Vakuumtoiletten wieder verwendet werden (Gray Water System mit gray water reuse) – statt der Nutzung von Trinkwasser. Das würde Trinkwasser sparen, das andererseits dafür mit an Bord genommen werden müsste, und würde das Flugzeuggewicht daher gegenüber einem Standardsystem verringern.