



**DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur  
Flugzeugsysteme WS 11/12**

Datum: 01.02.2012

**Luftfahrtausdrücke**

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

1. autopilot	Autopilot
2. airframe	Flugzeugzelle <i>oder auch nur</i> Zelle
3. altimeter	Höhenmesser
4. aileron	Querruder
5. auxiliary power unit	Hilfstriebwerk <i>oder</i> Hilfsturbine
6. bleed air	Zapfluft
7. brake	Bremse
8. bus	Sammelschiene
9. bypass valve	Bypassventil <i>oder</i> Umgehungsventil
10. cargo compartment	Frachtraum
11. circuit breaker	Sicherung
12. chapter	Kapitel

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

1. Uhr	clock
2. Regelung	control
3. verdichten	to compress
4. Reiseflug	cruise
5. Bedienung mit Essen	catering
6. Zylinder	cylinder
7. Differenzdruck	differential pressure
8. Sinkflug	descent
9. Kurskreisel	directional giro
10. Tür	door
11. abwärts	down
12. Anzeige	display

### Flugzeugsysteme allgemein

3.) Für welches Flugzeugsystem (Bezeichnung und ATA-Kapitel) ist dies die 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.*

Pneumatische Anlagen (engl.: pneumatic), ATA 36

4.) Welches waren – historisch gesehen – die ersten Flugzeugsysteme? Nennen Sie 2 Systeme!

Flugsteuerung (flight controls)

Fahrwerk (landing gear)

Kraftstoffanlage (fuel system)

5.) Wie werden ATA 36, 21, 30 zusammenfassend genannt?

Pneumatische Systeme (pneumatic systems)

6.) Welche Bedeutung haben Flugzeugsysteme? Bezüglich ...

... der Leermasse des Flugzeugs:

... der Produktionskosten eines Flugzeugs:

... der direkten Wartungskosten (DMC):

... der direkten Betriebskosten (DOC):

Geben Sie jeweils eine ungefähre Prozentzahl an!

Für jeden dieser Bereiche gilt, dass die Flugzeugsysteme dazu ca. 33 % (oder 1/3) beitragen.

- 7.) Welche Firma (allgemeine Bezeichnung / Beschreibung) definiert die Flugzeugsysteme?  
Der Flugzeughersteller (aircraft manufacturer) definiert die Flugzeugsysteme.

Welche Firma (allgemeine Bezeichnung / Beschreibung) baut Flugzeugsysteme?  
Die verschiedenen Zulieferer (subcontractors) bauen die Flugzeugsysteme.

- 8.) *CS 25.969 Fuel tank expansion space*  
*Each fuel tank must have an expansion space of not less than 2% of the tank capacity. It must be impossible to fill the expansion space inadvertently with the aeroplane in the normal ground attitude.*

Wie nennt man diesen "expansion space"?

Belüftungstank (vent tank)

- 9.) Welche Funktion / Bedeutung haben die ...

a) Minimum Equipment List (MEL)?

Die MEL basiert auf der MMEL (siehe unten). Die MEL wird vom Betreiber des Flugzeugs für die Piloten geschrieben. Aus wirtschaftlicher Sicht mag es sinnvoll sein, die Möglichkeiten der MMEL weiter einzuschränken. Die MEL enthält diese Einschränkungen gegenüber der MMEL.

b) Master Minimum Equipment List (MMEL)?

Die MMEL zeigt an, welche Flugzeugkomponenten mindestens verfügbar sein müssen und welche Bedingungen gelten müssen, damit auch im Ausnahmefall mit einer oder mit mehreren ausgefallenen Komponenten geflogen werden darf. Die MMEL wird vom Flugzeughersteller erstellt und ist Teil der Flugzeugzulassung.

*Aus der Vorlesung:*

*"The pilot gets a clear indication about which subsystems or components need to be available at takeoff from the minimum equipment list (MEL) written by the airline on the basis of the master minimum equipment list (MMEL) provided by the manufacturer and approved by the authorities."*

- 10.) Wie viele Arten von Sekundärenergien gibt es im Flugzeug?

3 (drei)

Welche Sekundärenergien sind es?

Hydraulik, Elektrik, Pneumatik

Wie viele bidirektionale Möglichkeiten zur Umwandlung gibt es zwischen diesen Sekundärenergien?

Es gibt 3 (drei) Möglichkeiten zur bidirektionalen Umwandlung:

- Hydraulik ↔ Elektrik
- Hydraulik ↔ Pneumatik
- Pneumatik ↔ Elektrik

## 11.) Was versteht man nach ATA unter „Cabin Systems“ (ATA 44)?

Unter „Cabin Systems“ nach ATA wird die Elektronik zur Unterhaltung der Passagiere verstanden.

Zur weiteren Info: Die ATA-Definition für „Cabin Systems“ lautet:

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, antennas etc. which are covered in Chapter 23 or Chapter 46.

## 12.) Welche Aufgabe hat ein Cockpit Voice Recorder?

Der Cockpit Voice Recorder (CVR) hat die Aufgabe die Konversation der Cockpitbesatzung untereinander und zu Bodenstationen aufzunehmen. Es werden ebenso die Geräusche im Cockpit aufgenommen. Genauso wie die Aufzeichnungen des Flugschreibers, dienen die Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders dazu, Unfälle zu analysieren, um so im Falle eines systematischen Fehlers, weiteren Schaden in ähnlichen Fällen zu vermeiden.

## 13.) ATA 23 ist so definiert:

*Those units and components which furnish a means of communicating from one part of the aircraft to another and between the aircraft or ground stations, includes voice, data, C-W communicating components, PA system, intercom and tape reproducer-record player.*

Was ist C-W Kommunikation?

C-W steht für „Continuous Wave“. Es ist eine bestimmte Art der Funkübertragung. Letztendlich versteht man darunter die Datenübermittlung mit Morse-Zeichen.

Was ist ein PA System?

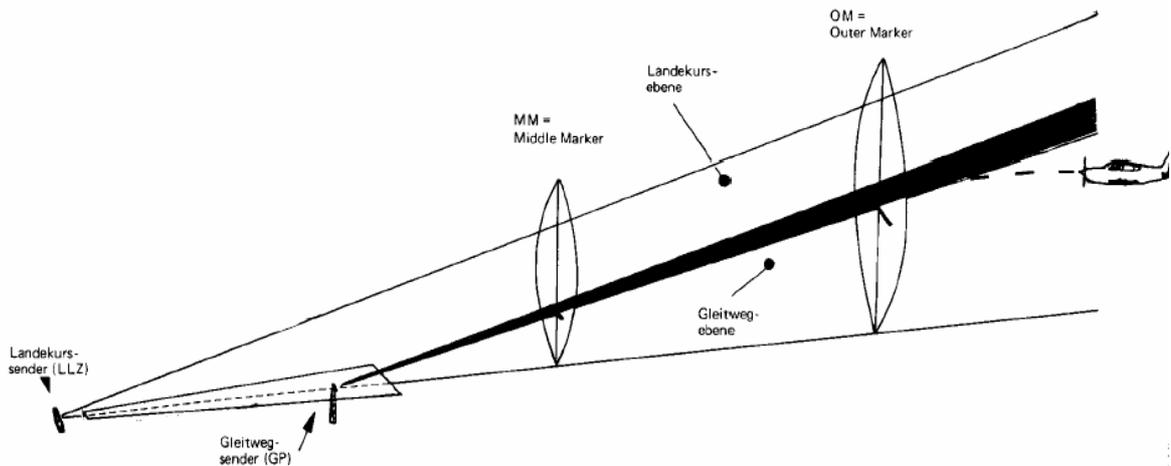
PA steht für „Passenger Address“. Gemeint ist die Kommunikation vom Cockpit in die Passagierkabine. Über das PA-System wird die traditionelle Ansprache der Passagiere durch Kapitän oder Co-Piloten durchgeführt: „... hier spricht der Kapitän ...“.

## 14.) Zu welchem ATA-Kapitel gehören die Seitenruderpedale?

Die Seitenruderpedale gehören zum Flugsteuerungssystem (flight control), ATA 27.

## 15.) Beschreiben Sie kurz die Aufgabe und den Aufbau eines Instrumentenlandesystems (ILS)?

Das Instrumentenlandesystem, kurz als „ILS“ (engl.: Instrument Landing System) bezeichnet, ist das ICAO-Standardverfahren zur Durchführung von Anflug und Landung bei schlechtem Wetter (IMC = Instrument Meteorological Conditions). Es besteht aus einer ILS-Bodenanlage (siehe Bild) mit Landekurssender (engl.: LLZ = Localizer), Gleitwegsender (engl.: GP = Glide path transmitter) und den Einflugzeichen (engl.: MKR = Marker). Landekurssender (LLZ) und Gleitwegsender (GP) produzieren durch ihre scharf gebündelte Ausstrahlung in Anflugrichtung eine Landekursebene und eine Gleitwegebene, auf denen das Flugzeug mit Hilfe der ILS-Bodenanlage die Landebahn sowohl richtungs- als auch höhenmäßig im Sinkflug genau anfliegen kann.



Quelle:

KÜHR, W.: *Der Privatflugzeugführer, Band 4B: Funknavigation*. Schiffmann, Bergisch Gladbach, 1988

16.) Was ist eine Essential APU und was im Unterschied dazu eine Non-Essential APU?

Eine „Essential APU“ ist notwendig für den Flug und muss daher bei Abflug funktionieren. Ein Flugzeug, welches mit einer „Non-Essential APU“ ausgestattet ist, darf auch ohne diese in die Luft gebracht werden.

Zur weiteren Info: Die FAA unterscheidet „Category 1 APUs“ (essential) von „Category 2 APUs“ (non-essential):

The criticality of an APU relative to flight safety in any particular aircraft installation will determine if the APU system should be considered essential, or non-essential. Airplanes that rely on APUs for provision of back-up electrical power in flight in the event of a failure of the primary power sources are usually considered essential installations. The following definitions may be helpful. Category 1 APUs are installed where in-flight auxiliary power operation is necessary. Category 1 APUs are usually required for essential APU installations. These APUs have been shown to meet all of the test and analysis requirements of the Minimum Performance Standard (MPS) of TSO C77b, Appendix 1. Category 2 APUs are installed where in-flight APU operation is not necessary (non-essential installations). Both Category 1 and Category 2 APUs are acceptable for non-essential APU installations. Category 2 APUs are not required to meet all of the test and analysis requirements that Category 1 APUs are subjected to.

Quelle: [http://www.faa.gov/aircraft/air\\_cert/design\\_approvals/engine\\_prop/apu\\_approvals/apu\\_auxpoweru3/](http://www.faa.gov/aircraft/air_cert/design_approvals/engine_prop/apu_approvals/apu_auxpoweru3/)

17.) Welche Bedeutung kann einer APU bei einem ETOPS-Flug zukommen?

Bei einem ETOPS-Flug kann eine APU, die normalerweise als Non-Essential APU deklariert ist zur Essential APU werden.

18.) Wie wird die Zapfluft durch die APU erzeugt?

Wenn eine APU so genannte Zapfluft (bleed air) erzeugt, dann wird diese nicht dem Verdichter der Gasturbine entnommen, sondern wird durch einen separaten Verdichter erzeugt, der mechanisch von der Gasturbine angetrieben wird.

- 19.) Ein Flugzeug wird bei Temperaturen unter 0 °C abgestellt. Was ist hinsichtlich des Wassersystems zu beachten?

Das Trinkwasser muss aus dem Trinkwassersystem abgelassen werden, damit es nicht einfriert (und damit evtl. Schaden an der Anlage verursacht).

- 20.) Wie unterscheiden sich die Aufgaben eines Hochdruckpneumatiksystems (High-pressure Pneumatic Systems) von einem Niederdruckpneumatiksystems (Low-pressure Pneumatic Systems)?

Aufgaben des Hochdruckpneumatiksystems entsprechen denen eines Hydrauliksystems im Flugzeug. Typische Verbraucher wären damit die Flugsteuerung und das Fahrwerk. Die typischen Verbraucher des Niederdruckpneumatiksystems sind die Klimaanlage, die Enteisung und der Triebwerksstarter.

Zur weiteren Info wird auf die Unterlagen aus der Vorlesung verwiesen:

High-pressure pneumatic systems, much like hydraulic systems, may apply a nominal system pressure of 20.7 MPa (3000 psi). In contrast, low-pressure pneumatic systems may operate at only 0.3 MPa (44 psi). High-pressure pneumatic systems work very similarly to hydraulic systems. The difference is that in pneumatic systems compressible air is used instead of incompressible hydraulic fluid.

Low-pressure consumers are the

- air conditioning (including cabin pressurization)
- wing and engine anti icing
- engine starting
- hydraulic reservoir pressurization
- potable water pressurization
- air-driven hydraulic pumps.

One aircraft type will not necessarily use all these pneumatic functions.

- 21.) Welche Aufgabe hat der Vorkühler (precooler)? Was können Sie daraus ableiten hinsichtlich des zu erwartenden Wirkungsgrades eines pneumatischen Systems im Flugzeug? Hinweis: Das pneumatische System umfasst hier die Gewinnung der Zapfluft im Triebwerk und den pneumatischen Verbraucher.

Aus der Vorlesung:

The precooler uses cooling air bled form the engine fan to regulate the original bleed air with a temperature of up to 400 °C down to a delivery temperature of 200 °C.

Die von Triebwerk abgenommene heiße Luft wurde unter Verbrauch von Kraftstoff verdichtet und dabei auf 400 °C erwärmt. Zu den Verbrauchern wird aber nur abgekühlte Luft (200 °C) weiter geleitet. Damit steht z.B. für die Enteisung erheblich weniger Energie zur Verfügung als ursprünglich (energieintensiv) in die Zapfluft eingebracht wurde. Es kann daher angenommen werden, dass der Wirkungsgrad eines solchen pneumatischen Systems gering ist.

22.) Wie wird bei der Boeing 787 die Klimaanlage versorgt? Worin soll der Vorteil dieses Systems liegen?

Die B787 ist ein Flugzeug bei dem keine Zapfluft von den Triebwerken bereit gestellt wird. Die Klimaanlage wird daher elektrisch betrieben. Erforderliche verdichtete Luft wird der Klimaanlage der B787 durch elektrisch betriebene Kompressoren bereit gestellt. Im Vergleich zu einem herkömmlichen System (siehe Aufgabe 21), wird somit ein besserer Wirkungsgrad der Klimaanlage der B787 erwartet.

23.) X Landescheinwerfer verbessern die Sichtbarkeit des landenden Flugzeugs.  
O Landescheinwerfer müssen während des gesamten Fluges eingeschaltet sein.  
O Landescheinwerfer dienen zur Beleuchtung des Bugfahrwerksschachtes.  
X Landescheinwerfer helfen dem Piloten<sup>1</sup> zum Erkennen des richtigen Momentes für das Abfangen.

<sup>1</sup> bei Nacht

24.) Beschreiben Sie die Grundlagen der Vereisung! Unter welchen Bedingungen kann es zur Vereisung kommen? Beschreiben Sie den Mechanismus der Vereisung! Welche Formen von Eis können sich bilden? Wovon ist die Menge des Eisansatzes abhängig? Welche Effekte sind es, die die Vereisung so kritisch machen? Nutzen Sie gegebenenfalls ein separates Blatt.

Zur Beantwortung dieser umfangreichen Frage wird der entsprechende Text aus der Vorlesung hier wiedergegeben.

Wir wissen aus der Alltagserfahrung, dass Wasser zu Eis unter 0 °C (32°F) gefriert und wieder über 0 °C 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 °C sein. Die meisten Tröpfchen werden bei unter -20 °C (-4 °F) zu Eis. Sehr kleine und reine Tröpfchen können eine Temperatur von -40 °C (-40 °F) erreichen wo sie immer noch flüssig sind. Unter -40 °C wird schließlich jedes Wasser in der Luft gefrieren. (Flüssiges) Wasser unter 0 °C wird *unterkühltes Wasser* 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 seine Phase 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* auf der Flugzeugoberfläche wenn die Fläche eine Temperatur unter 0 °C hat.

**Flugzeugvereisung ist möglich, wenn:**

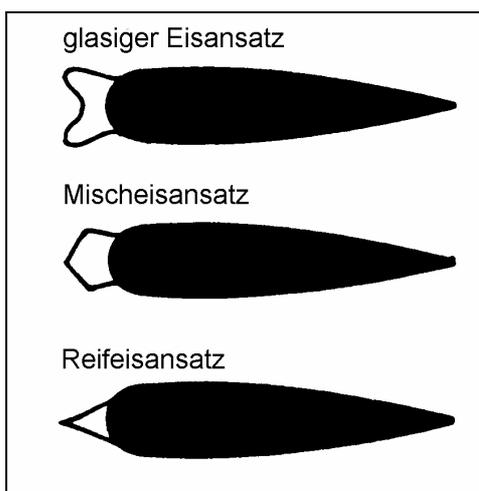
- Wasser in der Luft (Wolken sind Anzeichen dafür)
- Lufttemperatur unter 0°C
- Lufttemperatur über -40°C
- Flugzeugoberflächentemperatur unter 0°C.

Es gibt noch andere Vereisungsarten als wie die oben diskutierte Standardvereisung:

- **Eisansammlung** tritt beim Sinkflug von größeren Flughöhen auf, wenn das Flugzeug auf feuchte Luft über 0 °C trifft.
- **Vergaservereisung** kann bei Temperaturen von -7 °C (20°F) und +21 °C (70 °F) auftreten, wenn es Nebel oder eine hohe Luftfeuchtigkeit gibt. Die Vergaservereisung wird verursacht durch die von Treibstoffverdampfen hervorgerufene Abkühlung kombiniert mit der Ausdehnung der Luft, die durch den Vergaser strömt.
- **Wasser und Matsch**, den die Flugzeuge beim Rollen auf der Landebahn aufnehmen, können bei größeren Flughöhen gefrieren, was zu ungünstigen Effekte für das Flugzeug führt.
- **Frost, Eis, und Schnee** muss vor dem Start entfernt werden.

**Zwei Eisformen** bilden sich auf Flugzeugflächen *glasiger Eisansatz* und *Reifeisansatz* (siehe Bild):

- **Glasiger Eisansatz** bildet sich von 0°C bis -10°C gewöhnlich von größeren Wassertropfen oder gefrorenen Regen, er kann stark die Form der Profilvorderkante verändern. Er kann sich über die Fläche ausbreiten.
- **Mischeisansatz** entsteht von -10 °C bis -15 °C. Er ist eine Mischung aus Glasiger und Reifeisansatz. Er hat die schlechten Eigenschaften von beiden und kann sich schnell verändern.
- **Reifeisansatz** bildet sich von -15 °C bis -20 °C aus kleinen Wassertropfen, die sofort nach Kontakt mit der Flugzeugoberfläche gefriert. Dieser Eisansatz ist spröde, rau und hat eine milchweiße Farbe.



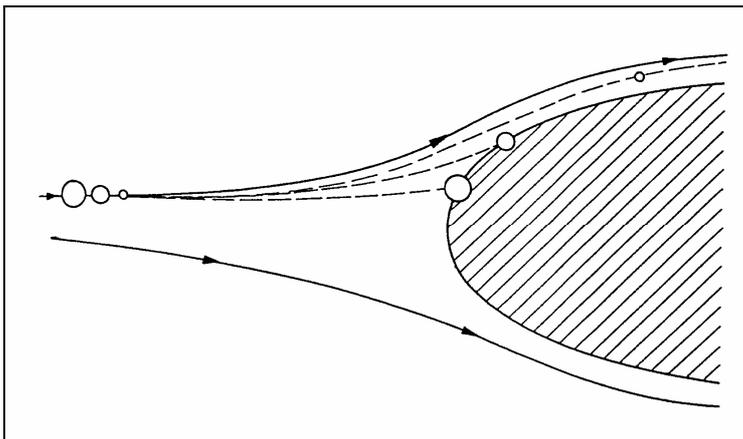
**Bild:** Eisformen an der Profilvorderkante

Um die **gesamte Wasseraufnahme des Flügels** zu **berechnen**, wird ein Flügelstück abgeschnitten mit einer Spannweitenausdehnung  $\Delta y$  und einer maximalen Dicke  $t$ . Das Flügelstück fliegt mit einer Geschwindigkeit  $v$  durch eine Volumeneinheit Luft mit einer bestimmten Menge an unterkühltem Wasser. Die Menge an unterkühltem Wasser pro Volumeneinheit wird Flüssigwassergehalt *liquid water content* (LWC) genannt und ist vergleichbar mit einer Dichte, die wir  $\rho_{LWC}$  nennen. Wir betrachten  $t \cdot \Delta y$  als gedachte Siebfläche im senkrechten Winkel zu ihrer Anströmrichtung. Der Massenstrom des unterkühlten Wassers durch das Sieb würde sein:  $\dot{m} = v t \Delta y \rho_{LWC}$ . Die Strömung der Wassertropfen um die Vorderkante des Flügels unterscheidet sich aber vom Massenstrom durch das Sieb wie das Bild unten zeigt. Die Luft und die sehr kleineren Tropfen umströmen den Flügel, nur die größeren Tröpfchen treffen auf die Oberfläche. Dieses Phänomen wird mit der *water catch efficiency*  $E_m$  ausgedrückt. Das gedachte Sieb ergibt eine Effizienz von  $E_m = 1$ . Die Gesamtwasseraufnahme eines Flügels wird durch Hinzufügen von  $E_m$  berechnet:

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

$E_m$  ist eine Funktion, die von der Flugzeuggeschwindigkeit und Tröpfchengröße, Profilform und Dicke, Viskosität und Dichte der Luft abhängt:

- Hohe Fluggeschwindigkeiten und große Tröpfchengröße verursachen einen Anstieg der *water catch efficiency*.
- Hohe Fluggeschwindigkeiten führen jedoch zu aerodynamischer Erwärmung der Vorderkante. Dieses verringert die Eisbildung.
- Dünne Flügel lenken den Strom weniger ab und so steigt die *water catch efficiency*.



**Bild:** Strömung um eine Flügelvorderkante:  
 - Stromlinien trockener Luftströmung  
 - Flugbahn von unterschiedlich großen Tropfen

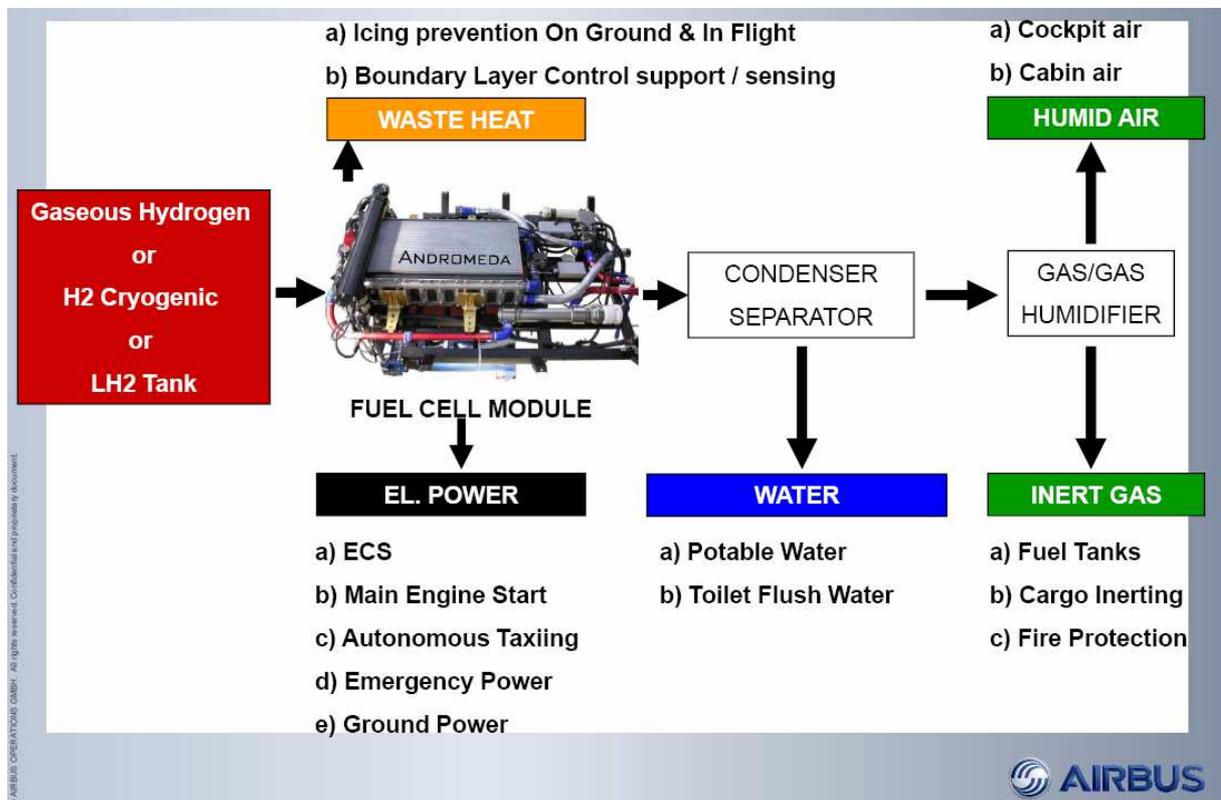
Die negativen Effekte von Vereisung an Flugzeugen sind vielfältig. Eis kann...

- ... die Profilform verändern. Dies kann den Anstellwinkel verändern, bei dem das Flugzeug in den Stall kommt, und er verursacht eine bedeutend höhere Überziehggeschwindigkeit. Eis kann den Auftrieb reduzieren den ein Profil leisten kann und erhöht den Luftwiderstand.
- ... 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 höher.
- ... die Öffnungen vom Pitot-Rohr und der statischen Druckentnahme blockieren.
- ... den Bruch von Flugzeugantennen verursachen.
- ... ein Überziehen des Höhenleitwerks verursachen.
- ... unrunder Propellerlauf hervorrufen und den Wirkungsgrad des Propellers verschlechtern. Eis, das von dem Propeller weggeschleudert wird, ist eine Gefahr für alles, was sich in der Rotationsebene befindet.
- ... die inneren Triebwerksteile beschädigen.

### Fragen zur Vortragsreihe

25.) Welche Aufgaben übernimmt eine Multifunktionale Brennstoffzelle?

Die Aufgabe, die die Multifunktionale Brennstoffzelle übernimmt, kann an deren Output in Form von Energie- oder Stoffströmen (siehe Bild) verdeutlicht werden.



26.) Es wird eine weitere Steigerung der Passagierkilometer im Luftverkehr erwartet. Das Luftverkehrssystem wird dabei aber an seine Grenzen stoßen. Was wird sich dabei zunehmend am Flughafen als Nadelöhr herausstellen?

Entscheidend für die Abfertigungskapazität eines Flughafens sind die Landungen und damit der zeitliche Abstand der landenden Flugzeuge. Für die Bestimmung des notwendigen zeitlichen und räumlichen Abstandes sind zwei Faktoren maßgeblich:

- die Bahnbelegungszeiten und
- die Wirbelschleppenintensität.

27.) Welches sind die zwei Kategorien der Wartung im Hinblick auf deren Planbarkeit?

Categories of Maintenance:  
 Scheduled Maintenance / Unscheduled Maintenance  
 (geplante Wartung / ungeplante Wartung)

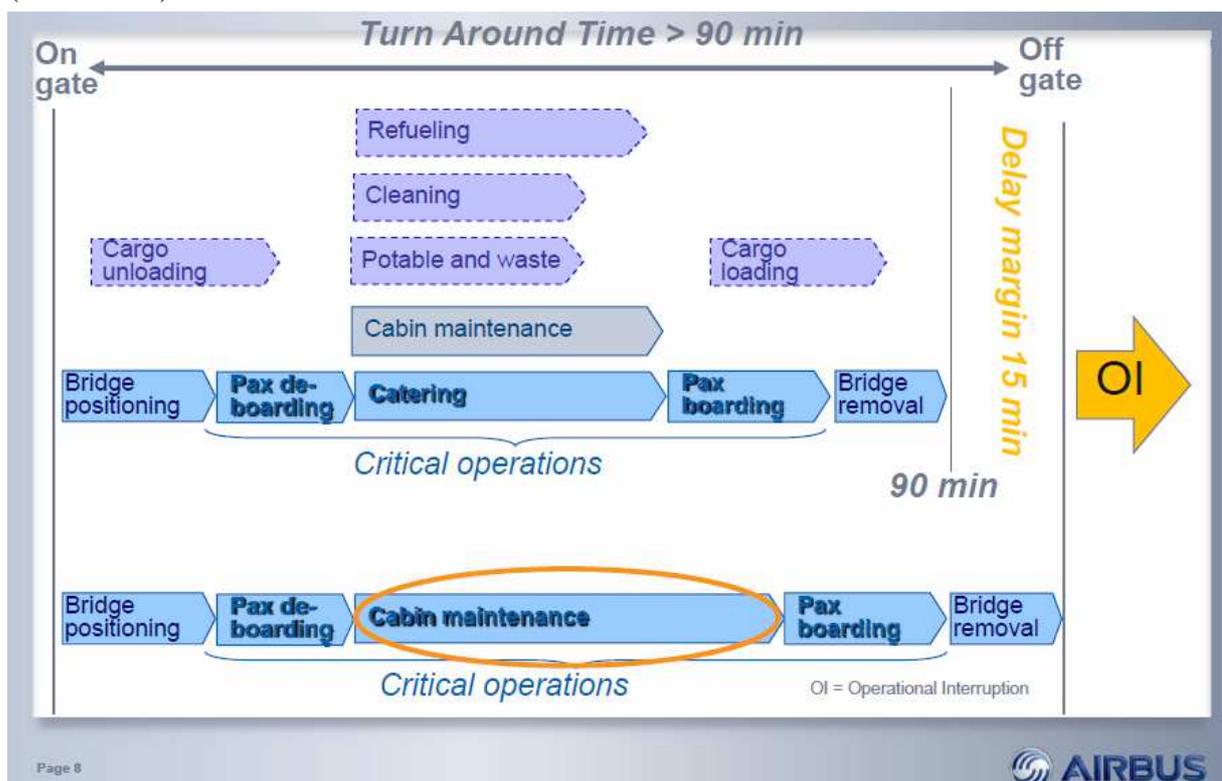
28.) Welches sind die zwei Kategorien der Wartung im Hinblick auf die Zeit und den Ort der Durchführung?

Airline Maintenance Organization:  
 Hangar Maintenance / Line Maintenance  
 (Wartung in der Halle / Wartung auf dem Vorfeld)

29.) Wie viele Minuten darf sich die Off-Block-Zeit eines Fluges maximal verzögern, ohne dass der Flug als verspätet (delayed) gilt?

Eine Verzögerung bis maximal 15 Minuten gilt noch nicht als Verspätung (siehe auch Bild zu Frage 30)

30.) Was versteht man unter dem kritischen Pfad (critical path) bei der Abfertigung des Flugzeugs (turnaround)?



Ein „kritischer Pfad“ ist die Abfolge von Prozessen, die zu einer Verzögerung des gesamten Prozesses führt, wenn sich ein einzelner Prozess des Pfades verzögert. Ein „kritischer Pfad“ ist ein Pfad, der keine Zeit enthält.

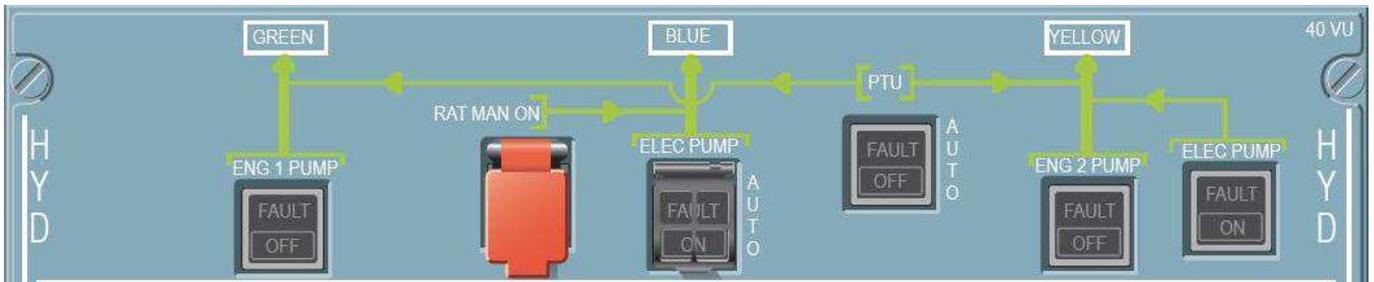
## Flugzeugsysteme des Airbus A321

31.) Welche zwei Funktionen können hier betätigt werden?



Es können die Scheibenwischer (wiper) und die Sprühfunktion zum Abweisen der Regentropfen (rain repellent) betätigt werden.

32.) Welches Panel ist hier gezeigt?



Gezeigt ist die Hydraulikschalttafel (hydraulic panel, HYD) im Overhead Panel des Flugzeugs.

33.) Erklärung Sie die Funktion der 6 gezeigten Knöpfe aus Aufgabe 32! (2 Punkte)

Beschreibung der Funktionen der 6 Knöpfe (P/B) von links nach rechts:

ENG 1 PUMP: Schalter für die triebwerksgetriebene Pumpe am linken Triebwerk. Im Fehlerfall (FAULT) kann die Pumpe aus (OFF) geschaltet werden.

RAT MAN ON: Manuelles Ausfahren der Ram Air Turbine.

ELEC PUMP: Die Pumpe ist in Betrieb wenn eines der Triebwerke in Betrieb ist (AUTO). Im Fehlerfall (FAULT) kann die Pumpe aus geschaltet werden. Zur weiteren Info: Über das Maintenance Panel (oben im Overhead Panel) kann die Pumpe auch bei stehenden Triebwerken eingeschaltet werden.

- PTU: Die Power Transfer Unit (PTU) besteht aus Pumpe und Hydraulikmotor auf einer Welle und kann so Leistung zwischen dem Grünen (GREEN) und dem Gelben (YELLOW) System austauschen. Dies geschieht automatisch (AUTO), wenn der Druckunterschied mehr als 35 hPa beträgt. Im Fehlerfall (FAULT) kann die Pumpe aus (OFF) geschaltet werden.
- ENG 2 PUMP: Schalter für die triebwerksgetriebene Pumpe am rechten Triebwerk. Im Fehlerfall (FAULT) kann die Pumpe aus (OFF) geschaltet werden.
- ELEC PUMP: Die Pumpe kann manuell in Betrieb genommen werden (ON). Dies kann am Boden oder in einer Notsituation erfolgen. Im Fehlerfall (FAULT) kann die Pumpe auch wieder aus geschaltet werden.

34.) Welches Panel ist hier gezeigt?

Welchen Namen hat das Panel im Panel?



Gezeigt ist das Blaue (BLUE) Service Panel. Das Panel im Panel ist das RAT STOW PANEL zum Einfahren der Raim Air Turbine (RAT) am Boden.

35.) Welches Teil ist hier gezeigt?



Gezeigt ist die Power Transfer Unit (PTU).

36.) Welche zwei großen Teile sind hier gezeigt?



Gezeigt ist ein Reservoir (links) und ein Niederdruckfilter (Low Pressure Filter) (rechts).

37.) Zu welchem der drei Systeme gehören die in Aufgabe 36 gezeigten Teile?

Die Teile gehören zum Blauen (BLUE) Hydrauliksystems.

38.) Welche Rollrate wird im Reiseflug erreicht, wenn der Sidestick links oder rechts an den Anschlag gebracht wird?

Es wird eine Rollrate von 15 °/s erreicht. Die Begrenzung auf diese Rollrate erfolgt durch das Elektronische Flugsteuerungssystem (Electronic Flight Control System, EFCS).

39.) Was wird im normalen Reiseflug mit dem Sidestick beim Ziehen oder Drücken kommandiert?

Es wird das Lastvielfache  $n_z$  kommandiert. Zusatzinfo: Dies steht so im FCOM. Genau genommen ist es so, dass eine Mischung aus dem Lastvielfachen  $n_z$  und der Nickrate  $q$  kommandiert wird. Dies ist das so genannte C\*-Law. Wenn der Sidestick in der Neutralposition steht, so fliegt das Flugzeug weiter an den Punkt am Himmel, auf welchen es ausgerichtet ist. Das Lastvielfache ist durch Schutzfunktionen (Flight Envelope Protection) begrenzt.

40.) Welche Hydrauliksysteme versorgen das Seitenruder?

Das Seitenruder wird durch alle drei Hydrauliksysteme versorgt (GREEN, BLUE, YELLOW).

41.) Welche Aufgabe hat das Vorrangventil (priority valve)?

Das Vorrangventil legt einen Vorrang auf die Versorgung der wichtigsten hydraulischen Funktionen. Dies ist die primäre Flugsteuerung. Grosse Verbraucher (z.B. Fahrwerk und Landeklappen) werden nur mit Verzögerung versorgt, falls die zur Verfügung stehenden Pumpen (in einer Ausfallsituation) nicht genügend Volumenstrom bereit stellen können.

42.) Welche Aufgabe hat der Akkumulator im Hydrauliksystem?

Der Akkumulator in jedem der drei Hydrauliksysteme nimmt Druckspitzen auf. Dadurch werden Druckschwankungen im System geglättet, was zur Geräuschminderung beiträgt. Der Akku kann zusätzlich zu den Pumpen einen Volumenstrom bereit stellen. Aufgrund der geringen Größe des Akkumulators geht das aber nur im Sekundenbereich. Zusatzinformation: In der Hydraulikversorgung des Fahrwerks (YELLOW) befindet sich ein weiterer Akkumulator. Dieser liefert Druck für wenige Bremsbetätigungen (und stellt damit die dritte Redundanz zum Bremsen dar, neben dem regulärem Druck aus dem Grünen und Gelben System). Der Akku im Fahrwerkssystem liefert weiterhin den Druck für die Parkbremse (wenn das Flugzeug abgeschaltet ist).

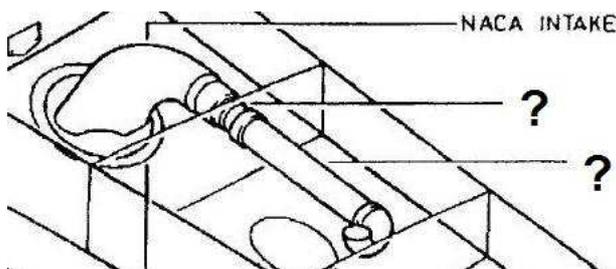
43.) Was bedeutet Rezirkulation im Zusammenhang mit der Klimaanlage?

Die Luft, die in die Kabine strömt besteht zu 50% aus frischer Zapfluft und zu 50% aus Luft, die von der Kabine über Filter zurück in die Kabine geleitet wird. Diese Rückführung von Kabinenluft in die Kabine bezeichnet man als Rezirkulation.

44.) Die Systeme der elektrischen Energieerzeugung (Electrical Power, ATA 24) im Flugzeug sind benannt nach ihrem prinzipiellen Aufbau. Wie nennt man das Prinzip nach dem das elektrische System der A321 aufgebaut ist?

Das elektrische System der A321 stellt **primär Wechselspannung** zur Verfügung. Unter keinen Umständen sind in der A321 zwei Generatoren parallel geschaltet. Es handelt sich also um ein so genanntes „**Split Bus System**“.

45.) Welche Funktion sollen diese Teile in der Flügelspitze erfüllen? Bitte beschreiben Sie ausführlich! (3 Punkte)



Bezeichnung der Teile:

Vent Protector

Vent Duct

Die Vorlesungsunterlagen beschreiben die Funktion der hier gezeigten Teile so:

*The tank venting system makes sure that air pressure in the fuel tanks (and in the vent surge tanks themselves) keeps near to the ambient air pressure. This prevents a large difference between these pressures, which can cause damage to the fuel tank / aircraft structure. If a fuel tank overflows during a refuel or a fuel transfer, the tank venting system can contain this fuel. If the fuel flow is more than it can contain, the tank venting system lets this fuel spill overboard.*

*Tank venting is most important:*

- during the *refuel* or *defuel* operations,
- when the aircraft *climbs* or *descends*.

The **vent surge tank** is open to the external air through a stack pipe which is connected to a NACA intake. The NACA intake is on the access panel in the bottom of the vent surge tank. The vent surge tank lets the air flow through it in each direction. It is also a temporary reservoir for the fuel that can come into it from the vent pipes. Each vent surge tank has a capacity (before fuel flows overboard) of 190 l.

A **vent protector** with a **flame arrestor** and **ice protector** is installed in a stack pipe. If a ground fire occurs, it prevents the ignition of the fuel vapor in the surge tank (and thus the tank venting system). It lets the air flow freely through it in both directions and prevents ice formation. If a failure occurs in the fuel system (which may cause large quantities of fuel to enter the surge tank), then the vent protector lets also the fuel flow freely overboard.