

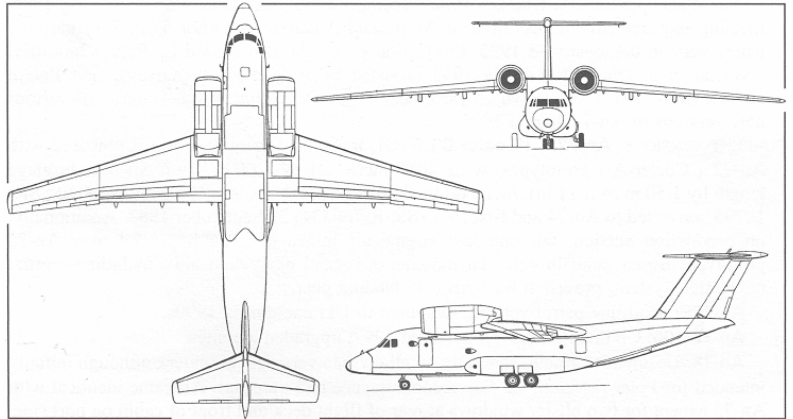


Lösung zur Klausur Flugzeugprojekt WS 07/08 Klausurteil Flugzeugentwurf

Datum: 28.01.2008

- 1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in deutscher Sprache.
- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. center of pressure | Druckpunkt |
| 2. cantilever wing | freitragender Flügel |
| 3. ratio of specific heats | Isentropenexponent |
| 4. plain flap | Normalklappe |
| 5. downwash | Abwind |
| 6. super velocity | Übergeschwindigkeit |
| 7. dive speed | Sturzfluggeschwindigkeit |
| 8. taper ratio | Zuspitzung |
| 9. mass break down | Masseaufteilung |
| 10. clean wing | Flügel mit eingefahrenen Klappen |
| 11. ventral fin | Bodenflosse |
| 12. wetted area | benetzte Fläche |
- 2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung folgender Luftfahrtausdrücke in englischer Sprache. Schreiben Sie deutlich, denn falsche oder unleserliche Schreibweise ergibt Punktabzug!
- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Dimensionierung | preliminary sizing |
| 2. Ausgabe | expense |
| 3. Einstellwinkel | incidence angle |
| 4. Flügelschnitt | wing section |
| 5. Schüttelgrenze | buffet onset boundary |
| 6. Triebwerksgondel | nacelle |
| 7. Randbedingung | constraint |
| 8. Nasenklappe | leading edge flap |
| 9. Grenzschicht | boundary layer |
| 10. Profil | airfoil |
| 11. Startflughahn | take-off path |
| 12. Bodeneffekt | ground effect |

- 3) Gezeigt ist die Dreiseitenansicht einer Antonov AN-74. Nennen Sie 4 besondere Merkmale dieser Konfiguration und diskutieren Sie kurz die Vor- und Nachteile der Merkmale bzw. nennen Sie die aus den Merkmalen folgenden Konsequenzen für den Flugbetrieb!



Hier ist mehr als eine Antwort möglich. Vergleiche mit alten FE-Klausuren!

- 4) Ein Flugzeug starte mit maximaler Abflugmasse. Dabei betrage die Kraftstoffmasse 35% der maximalen Abflugmasse. Die Betriebsleermasse betrage 50% der maximalen Abflugmasse. Die Nutzlast für den Flug ist mit 18000 kg angegeben. Berechnen Sie die maximale Abflugmasse!

$$18000 \text{ kg} / 0,15 = 120000 \text{ kg}$$

- 5) Welchen Wert nimmt der Oswald-Faktor e etwa an bei Transportflugzeugen
- in Reiseflugkonfiguration? etwa 0,85
 - bei ausgefahrenen Landeklappen? etwa 0,7

- 6) Beschreiben Sie kurz die Aufgabe des Flugzeugentwurfs! Gehen Sie dabei ein auf die Begriffe „Anforderung“, „Randbedingung“ und „Entwurfsziel“.

Die **Aufgabe des Flugzeugentwurfs** besteht darin, die Entwurfsparameter so zu bestimmen, dass 1. die **Anforderungen** und **Randbedingungen** erfüllt sind (dann haben wir einen zulässigen Entwurf) und darüber hinaus 2. die **Entwurfsziele** bestmöglich erfüllt werden (dann haben wir einen optimalen Entwurf).

- 7) Nennen Sie sechs Anforderungen an die Dimensionierung (preliminary sizing) eines Flugzeuges!

Startstrecke, Landestrecke, Nutzlast, Reiseflughöhe, Reisefluggeschwindigkeit, Reichweite, Steiggradient beim Start, Steiggradient beim Durchstarten ...

- 8) Nennen Sie die Entwurfsschritte (nach Skript) beim Entwurf (conceptual design) eines Flugzeugs!

- Anforderungen
- Vergleichsstudie
- Flugzeugkonfiguration
- Antriebssystem
- Dimensionierung
- Kabine, Rumpf
- Flügel, Querruder, Spoiler
- Klappensystem
- Leitwerk, Höhen-, Seitenruder
- Masse & Schwerpunkt
- Stabilität & Steuerbarkeit
- Fahrwerk
- Polare, Gleitzahl, Startmasse
- Flugleistungen
- Betriebskosten
- Dreiseitenansicht

9) Wie ist die Sicherheitslandestrecke (landing field length) definiert?

"JAR 25.125 Landing" und "JAR - OPS 1.515 Landing - Dry Runways"

Die Landestrecke ist definiert als die Strecke ab der das Flugzeug sich 50 ft über dem Boden befindet bis zu dem Punkt an dem es zum Stillstand kommt. Die Sicherheitslandestrecke ist um einen Sicherheitsfaktor länger. Dieser beträgt $1/0,6 = 1,666$ bei strahlgetriebenen Flugzeugen und $1/0,7 = 1,429$ bei Turboprops. Ausschnitte aus den Vorschriften dazu sind:

JAR 25.125 Landing

- (a) The horizontal distance necessary **to land** and to come to a complete stop **from a point 50 ft above the landing surface** must be determined
- (1) The aeroplane must be in the landing configuration.
 - (2) A stabilised **approach**, with a calibrated **airspeed** of not less than **1,3 VS**, must be maintained down to the 50 ft height.

JAR - OPS 1.515 Landing - Dry Runways

- (a) An operator shall ensure that the landing mass of the aeroplane ... allows a full stop landing from 50 ft above the threshold:
- (1) Within **60% of the landing distance available** at the destination aerodrome and at any alternate aerodrome for **turbojet** powered aeroplanes; or
 - (2) Within **70% of the landing distance available** at the destination aerodrome and at any alternate aerodrome for **turbopropeller** powered aeroplane ...

10) Durch welche zwei Parameter des Flugzeugentwurfs wird die Startstrecke eines Flugzeuges bestimmt?

Flächenbelastung und Schub-Gewichtsverhältnis

11) Was versteht man unter Durchstartmanöver (missed approach, discontinued approach)?

Unter einem Durchstartmanöver versteht man eine abgebrochene Landung. Dabei wird zuerst voller Schub gesetzt. Da sich die Landeklappen noch in Landekonfiguration befinden, ist der Widerstand jetzt sehr hoch. Ist die Geschwindigkeit auf einen für den Steigflug sicheren Bereich gestiegen, werden die Klappen schrittweise eingefahren. Das Fahrwerk wird meist sehr früh eingefahren um ebenfalls den Widerstand zu verringern.

12) Wie nennt man diesen Parameter: m_{MTO} / S_W ?

Flächenbelastung

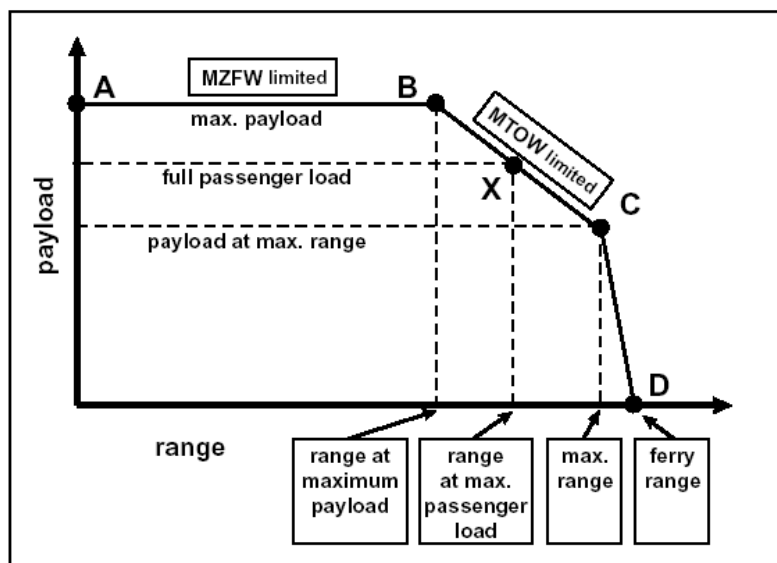
13) Nennen Sie die Gleichung, mit der man die maximale Gleitzahl abschätzen kann!

$$E_{\max} = k_E \sqrt{\frac{A}{S_{\text{wet}}/S_W}} \quad \text{mit } k_E = 15,8 \text{ nach RAYMER}$$

14) Welche Umweltziele muss der Flugzeugentwurf beachten? Nennen Sie min. drei!

- Lärmgrenzen
- Luftqualität im Nahbereich des Flughafens
- Luftqualität in der Atmosphäre
 - CO_2 Ausstoß
 - NO_x Ausstoß
 - ...

15) Skizzieren und beschreiben Sie (allgemein) ein Nutzlast-Reichweiten-Diagramm!



Ein Flugzeug darf aus Festigkeitsgründen nur eine bestimmte maximale Nutzlast (maximum payload), m_{MPL} mitnehmen. Für eine Flugstrecke von 0 NM (Punkt A, rein theoretische Betrachtung) ist kein Kraftstoff erforderlich. Die Abflugmasse wäre in diesem Fall die maximale Leertankmasse (maximum zero fuel mass), m_{MZFW} . Soll weiter als 0 NM geflogen werden, so ist (mehr) Kraftstoff erforderlich. Es darf nur so viel Kraftstoff aufgetankt werden, dass beim Start die maximale Abflugmasse (maximum take-off mass), m_{MTO} nicht überschritten wird. Dies ist in Punkt B der Fall, bei dem die Reichweite bei maximaler Nutzlast (range at maximum payload) geflogen werden kann.

Wenn noch weiter geflogen werden soll, so muss ein Teil der Nutzlast durch Kraftstoff ersetzt werden - immer unter der Bedingung, dass die maximale Abflugmasse nicht überschritten wird. Dies geht so lange, bis die Kraftstofftanks gefüllt sind und dadurch kein weiterer Kraftstoff mehr aufgenommen werden kann. Es ist jetzt die maximale Kraftstoffmasse (maximum fuel mass), m_{MF} an Bord. Die Nutzlast an diesem Punkt C ist die Nutzlast bei maximaler Reichweite (payload at maximum range). Am Punkt C liegt die für den praktischen Betrieb größte Reichweite des Flugzeugs. Das Flugzeug kann - auch ohne zusätzlichen Kraftstoff - noch etwas weiter fliegen, wenn die Nutzlast reduziert wird. Dies geht, weil ein leichteres Flugzeug weniger Kraftstoff verbraucht. Aus diesem Grunde fällt die Nutzlastkurve bei maximaler Reichweite nicht senkrecht nach unten ab, sondern fällt lediglich sehr steil nach unten ab. Am Punkt D hat man eine Reichweite vorliegen, die nur für Überführungsflüge (ohne Nutzlast) von Bedeutung ist (ferry range).

16) Wie wird das Nutzlast-Reichweiten-Diagramm verändert, wenn bei einem bestimmten Flugzeug die maximale Abflugmasse erhöht wird?

Wird im Nutzlast Reichweitendiagramm nur die maximale Abflugmasse erhöht, so verschiebt sich im Diagramm die Gerade B - C parallel nach rechts oben. Der Punkt B wandert nach rechts. Der Punkt C wandert nach oben. Die Abflugmasse könnte sinnvollerweise so weit erhöht werden, bis die Punkte B und C zusammen fallen. Die Linien im Nutzlastreichweitendiagramm umschließen jetzt eine größere Fläche, was anzeigt, dass die Transportleistung des Flugzeugs durch die Maßnahme erhöht wurde.

- 17) Erklären Sie, in welchen Schritten und mit welchen Rechnungen ein Nutzlast-Reichweiten-Diagramm erstellt wird.

Als allgemeiner Zusammenhang zwischen den Massen gilt:

$$B-C: m_{PL} = m_{MTO} - m_{OE} - m_F \quad \text{bzw.} \quad C-D: m_{TO} = m_{PL} + m_{OE} + m_F$$

Die Ermittlung der nötigen Kraftstoffmenge folgt aus der vorgegebenen Reichweite nach Breguet:

$$m_F = m_{TO} \left(1 - e^{-\frac{R}{B_s}} \right) \quad \text{mit B-C: } m_{TO} = m_{MTO} \quad C-D: m_{TO} \text{ berechnet (siehe oben)}$$

Dabei ist R die Reichweite und B_s der Breguet-Faktor:

$$B_s = \frac{L/D \cdot V}{SFC \cdot g}$$

- 18) Der Luftverkehr wird nicht beliebig wachsen können, weil es Kapazitätslimits am Himmel gibt. Erklären Sie, wie der Airbus A380 versucht hier eine Lösung anzubieten und welche Probleme damit verbunden sind.

Der A380 bietet pro Slot mehr Sitzplätze. So kann die Kapazität eines Airports bei einer konstanten Anzahl an Flugbewegungen weiter gesteigert werden. Das Problem ist die aktuell noch gültige Verordnung die einen größeren Abstand für andere Flugzeuge hinter einem A380 vorschreibt. Das senkt wiederum die Startzahl und relativiert so den Effekt.