

§17-Klausur Flugzeugentwurf SS99

Datum: 29.06.1999

Bearbeitungsdauer: 180 Minuten

Name:

Vorname:

Matrikelnummer.:

Punkte:

von 90 Punkten.

Note:

1. Klausurteil

(keine Hilfsmittel - 45 Minuten - 25 Punkte)

1.1) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung in deutscher Sprache:

downwash gradient
rejected take-off
dive speed
lavatory
clearway
airline
aerodynamic center
wetted area
chord line
to spin

1.2) Nennen Sie die entsprechende Bezeichnung in englischer Sprache:

Gang
Garderobe
Gesamtgewicht
Verdichtungsstoß
Einstellwinkel
Hinterkantenwinkel
Hochauftriebssystem
Vergleichsstudie
Scharnierlinie
Skelettlinie

1.3) a) Welches Verhältnis haben Nullauftriebswiderstand und induzierter Widerstand bei maximaler Gleitzahl?

b) Abgeleitet aus dem Ergebnis aus a): Berechnen Sie den Auftriebsbeiwert bei maximaler Gleitzahl als Funktion von Nullauftriebswiderstandsbeiwert $C_{D,0}$, Flügelstreckung A und dem Oswald-Faktor e .

- 1.4) Der Nullauftriebswiderstandsbeiwert $C_{D,0}$ kann abgeschätzt werden mit Hilfe des "äquivalenten Oberflächenwiderstandsbeiwerts" C_{fe} und der benetzten Fläche des Flugzeugs S_{wet} .
- Nennen Sie die entsprechende Formel zur Abschätzung des Nullauftriebswiderstandsbeiwerts.
 - Welcher Wert kann bei Transportflugzeugen angenommen werden für den "äquivalenten Oberflächenwiderstandsbeiwert"?
- 1.5) Die benetzte Fläche eines Flugzeugs S_{wet} kann abgeschätzt werden mit Hilfe der Referenzflügelfläche S_{ref} aus: $S_{wet} = x \cdot S_{ref}$. Geben Sie einen Wert x an für die Geometrie üblicher Verkehrsflugzeuge.
- 1.6) Nennen Sie mindestens drei typische Kostenelemente der direkten Betriebskosten (Direct Operating Costs, DOC) von Flugzeugen.
- 1.7) Welche Masse kann im Flugzeugentwurf angesetzt werden für einen Passagier einschließlich seines Gepäcks bei einem Kurzstreckenflug?
- 1.8) Betrachtet wird der Steigflug im 1., 2., 3., 4. Segment und das Durchstartmanöver jeweils bei Triebwerksausfall gemäß den Anforderungen aus JAR-25 bzw. FAR Part 25. Welche zwei dieser fünf Steigflugsituationen erfordern in der Regel das höchste Schubgewichtsverhältnis?
- 1.9) Der Auftriebsgradient einer ebenen Platte beträgt 2π 1/rad. Nennen Sie zwei geometrische Parameter realer Profile, die einen Einfluß haben auf den Auftriebsgradient der Profile?
- 1.10) Bei einer Machzahl $M = 0,1$ betrage der Auftriebsbeiwert eines bestimmten dünnen Profils $c_L = 0,8$. Bei diesem Auftriebsbeiwert sei der Anstellwinkel noch vergleichsweise klein. Schätzen Sie den Auftriebsbeiwert des Profils für eine Machzahl $M = 0,6$ mit Hilfe der Machzahlkorrektur nach Prandtl-Glauert. Hinweis: Die Zahlenwerte sind so gewählt, daß die Rechnung ohne Taschenrechner durchgeführt werden kann.
- 1.11) Welche Aussage ergibt sich für die maximale Gleitzahl des Flugzeugs - wird größer, bleibt etwa gleich oder wird kleiner - bei
- steigender Flügelstreckung A ,
 - steigender benetzter Fläche des Flugzeugs S_{wet} ,
 - steigender Masse des Flugzeugs,
- wenn alle anderen Parameter jeweils konstant bleiben?
- 1.12) Welche Aussage(n) ist (sind) richtig? Der geringste induzierten Widerstand eines ungepfeilten Trapezflügels wird erreicht bei einer Zuspitzung
- $\lambda = 0,1$
 - $\lambda = 0,45$
 - $\lambda = 1,0$
 - $\lambda = 0,9 \cdot e^{-0,036 \cdot \phi_{25}}$
- 1.13) Der Leitwerksvolumenbeiwert (tail volume coefficient) beträgt 1,0, die Flügelfläche 100m^2 . Die mittlere aerodynamische Flügeltiefe beträgt 3m und der Höhenleitwerkshebelarm 10m. Schätzen Sie die Fläche des Höhenleitwerks ab. Hinweis: Die Zahlenwerte sind so gewählt, daß die Rechnung ohne Taschenrechner durchgeführt werden kann.
- 1.14) Nennen Sie Vor- und Nachteile einer Flugzeugkonfiguration mit abgestütztem Flügel (braced wing) gegenüber einer Konfiguration mit freitragendem Flügel (cantilever wing).

2. Klausurteil (mit Hilfsmitteln - 135 Minuten - 65 Punkte)

Aufgabe 2.1 (28 Punkte)

Ein Verkehrsflugzeug mit vier Strahltriebwerken trägt eine Nutzlast von 90000kg. Es fliegt eine Mission bestehend aus Start, Steigflug, Reiseflug, Sinkflug sowie Landung (einschließlich dem Rollen zum Vorfeld). Die Reiseflughöhe beträgt 12 km. Das Flugzeug steigt mit 6 m/s bei einer wahren Fluggeschwindigkeit von 220 m/s. Im Reiseflug von 11 Stunden Dauer wird mit einer wahren Geschwindigkeit von 250 m/s geflogen. In beiden Flugphasen betrage die Gleitzahl 20 und der Kraftstoffverbrauch $17 \cdot 10^{-6}$ kg/(N's). Es wird angenommen, daß bei dieser theoretischen Mission der Kraftstoff nach dem Abstellen des Flugzeugs auf dem Vorfeld vollständig verbraucht sei. In der Praxis wird der Reiseflug kürzer sein und entsprechend Reservekraftstoff zur Verfügung stehen.

- Berechnen Sie die theoretische Reichweite R (ohne verbleibende Kraftstoffreserven).
- Berechnen Sie die "mission segment mass fractions" (Massenverhältnisse) sowohl für den Steigflug als auch für den Reiseflug.
- Berechnen Sie den Kraftstoffanteil m_F / m_{MTO} .

Der Betriebsleermassenanteil m_{OE} / m_{MTO} ermittelt aus einer Regressionsrechnung für *Strahlverkehrsflugzeuge* ist nach

$$\frac{m_{OE}}{m_{MTO}} = 0,591 \cdot \left(\frac{R \text{ [km]}}{1000} \right)^{-0,113} \cdot \left(\frac{m_{MTO} \text{ [kg]}}{1000} \right)^{0,0572} \cdot n_E^{-0,206} \quad (1)$$

eine Funktion der theoretischen Reichweite R , der maximalen Abflugmasse m_{MTO} und der Anzahl der Triebwerke n_E .

- Berechnen Sie den Betriebsleermassenanteil m_{OE} / m_{MTO} und die maximale Abflugmasse m_{MTO} mit Hilfe von Gl. (1). Das Ergebnis soll mit einer Genauigkeit von nur zwei signifikanten Ziffern angegeben werden.

Aufgabe 2.2 (6 Punkte)

Ein Flugzeug soll im Reiseflug mit einer Machzahl von 0,83 fliegen. Die Machzahl des Widerstandsanstiegs M_{DD} wird 0,02 Mach höher gewählt. Die relative Profildicke soll 0,1 betragen und der Auftriebsbeiwert 0,5.

- Ermitteln Sie (nach TORENBECK) die Flügelpfeilung gemessen auf der 25%-Linie bei Verwendung von neuen superkritischen Profilen.
- Wie müssen die relative Profiltiefe und /oder die Flügelpfeilung geändert werden, wenn die Auslegung bei gleicher Reiseflugmachzahl für einen größeren Auftriebsbeiwert erfolgen soll?

Hinweis: Lösen Sie die Aufgabe mit den im Skript gegebenen Diagrammen.

Aufgabe 2.3 (8 Punkte)

Für ein Flugzeug ist ein Diagramm mit den Grenzen des Schwerpunktes für Stabilität und Steuerbarkeit (**Bild 1**) gegeben. Der zulässige Schwerpunktsbereich soll 23 % der mittleren aerodynamischen Flügeltiefe betragen. Die Flügelfläche hat 100 m².

- Wie groß muß die Höhenleitwerksfläche mindestens gewählt werden?
- Der Neutralpunkt der Flügelrumpfkombination liege bei 25% der mittleren aerodynamischen Flügeltiefe. Bei einer Auslegung nach a), auf welcher Prozentlinie liegt die hinterste zulässige Schwerpunktslage?

Hinweis: Lösen Sie die Aufgabe zeichnerisch in Bild 1.

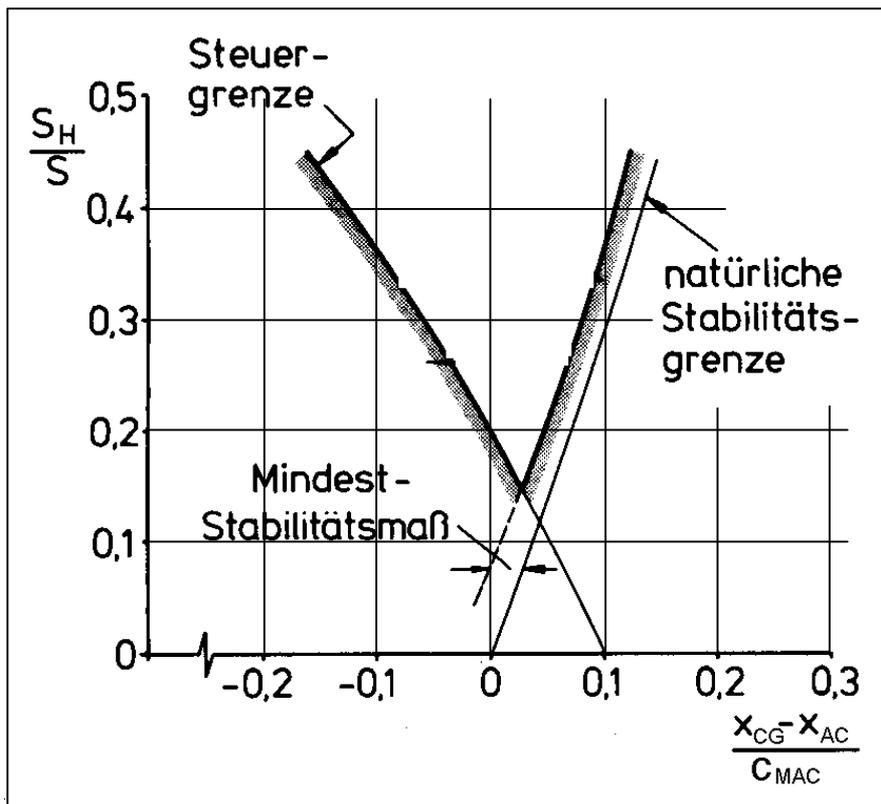


Bild 1: Stabilitäts- und Steuerbarkeitsgrenze eines Flugzeugs

Aufgabe 2.4 (13 Punkte)

Gegeben ist ein Flügel mit Pfeilung $\phi_{25} = 15^\circ$. Das Flügelprofil hat bei eingefahrenen Klappen einen Auftriebsgradienten $c_{L,\alpha} = 6,15$ 1/rad. Die Landeklappen verlaufen über die ganze Hinterkante des Flügels ($S_{W,f} \approx S_W$). Die relative Klappentiefe beträgt $c_F / c = 0,25$. Die Klappen können mit 25° ausgefahren werden. Der Flügel liefert mit eingefahrenen Klappen einen maximalen Auftriebsbeiwert von 1,2.

- Berechnen Sie die Zunahme des Auftriebsbeiwerts des Flügels durch den Vollausschlag einer Spaltklappe,
- Berechnen Sie die Zunahme des Auftriebsbeiwerts des Flügels durch den Vollausschlag einer Fowler-Klappe.
- Wenn am Flügel statt der Spaltklappe eine Fowler-Klappe vorgesehen wird, um wieviel Prozent könnte die Flügelfläche verkleinert werden, wenn am Originalflügel der maximale Auftriebsbeiwert ausreicht, der mit der Spaltklappe zu erzielen ist?

Hinweis: Lösen Sie die Aufgabe mit Hilfe der im Skript enthaltenen Handbuchmethode aus DATCOM.

Aufgabe 2.5 (10 Punkte)

Für den Start an einem bestimmten Flugplatz steht eine Freifläche (clearway) zur Verfügung.

Bei einem Start mit Triebwerksausfall bei V_1 betrage:

- die Strecke vom Anrollen bis zum Abhebepunkt 2,0 km,
- die Strecke vom Anrollen bis zum Überfliegen der Hindernishöhe (35 ft) 2,8 km.

Bei einem Start ohne Triebwerksausfall betrage:

- die Strecke vom Anrollen bis zum Abhebepunkt 1,5 km,
- die Strecke vom Anrollen bis zum Überfliegen der Hindernishöhe (35 ft) 2,1 km.

- a) Erstellen Sie basierend auf den Vorschriften nach FAR eine Skizze entsprechend Bild 2 für den Start ohne Triebwerksausfall.

Gemäß FAR:

- b) Berechnen Sie die Startstrecke (takeoff distance).
 c) Berechnen Sie die Startlaufstrecke (takeoff run).
 d) Wie lang muß die Startbahn (runway) mindestens sein?
 e) Berechnen Sie die Länge der genutzten Freifläche (clearway included) sowohl mit als auch ohne Triebwerksausfall.
 f) Ist es zulässig eine derartige Länge der Freifläche zu nutzen? Begründung!

Zitat aus FAR Part 25:

§ 25.113 Takeoff distance and takeoff run.
 (a) Takeoff distance is the greater of -
 (1) The horizontal distance along the takeoff path from the start of the takeoff to the point at which the airplane is 35 feet above the takeoff surface, determined [with a critical engine failure recognized at V₁] ...; or
 (2) 115 percent of the horizontal distance along the takeoff path, with all engines operating, from the start of the takeoff to the point at which the airplane is 35 feet above the takeoff surface, ...
 (b) If the takeoff distance includes a clearway, the takeoff run is the greater of -
 (1) The horizontal distance along the takeoff path from the start of the takeoff to a point equidistant between the point at which V_{LOF} is reached and the point at which the airplane is 35 feet above the takeoff surface, as determined [with a critical engine failure recognized at V₁] ...; or
 (2) 115 percent of the horizontal distance along the takeoff path, with all engines operating, from the start of the takeoff to a point equidistant between the point at which V_{LOF} is reached and the point at which the airplane is 35 feet above the takeoff surface, ...

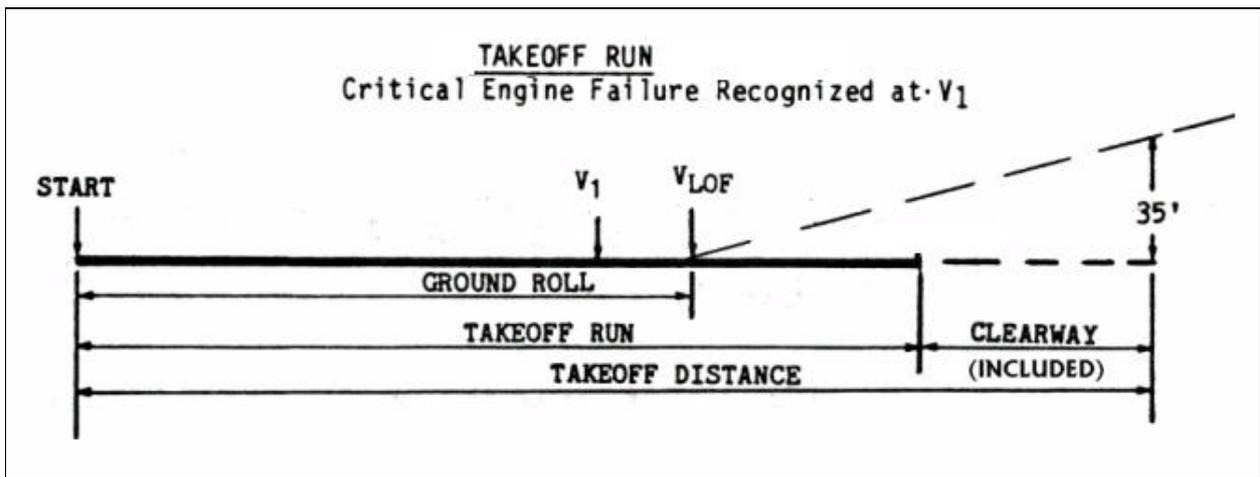


Bild 2: Definition der Start- und Startlaufstrecke bei Triebwerksausfall. Das Bild basiert auf AC 25-7 "Flight Test Guide for Certification of Transport Category Airplanes"

Zitat aus FAR Part 121:

§ 121.189 Airplanes: Turbine engine powered; takeoff limitations.
 (c) No person operating a turbine engine powered airplane ..., may takeoff that airplane ... at which compliance with the following may be shown:
 (2) The takeoff distance must not exceed the length of the runway plus the length of any clearway except that the length of any clearway included must not be greater than one-half the length of the runway.
 (3) The takeoff run must not be greater than the length of the runway.

Zitate aus FAR Part 1:

<p>§ 1.1 General definitions... "Clearway" means: (1) ... an area beyond the runway ...</p>	<p>§ 1.2 Abbreviations and symbols... V_{LOF} means liftoff speed ... V₁ means takeoff decision speed ...</p>
--	---