

DEPARTMENT FAHRZEUGTECHNIK UND FLUGZEUGBAU

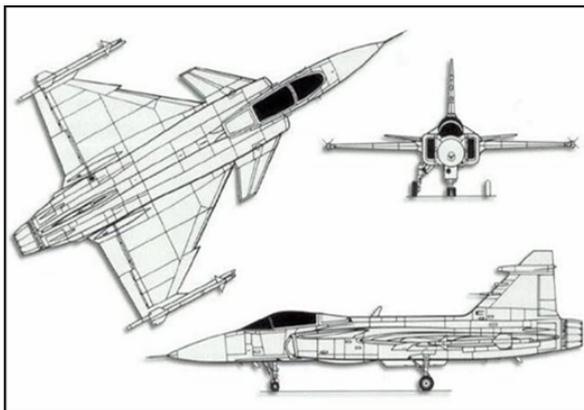
Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME

**Lösung zur Klausur**  
**Flugzeugprojekt SS 2009**  
**Teil: Flugzeugentwurf**

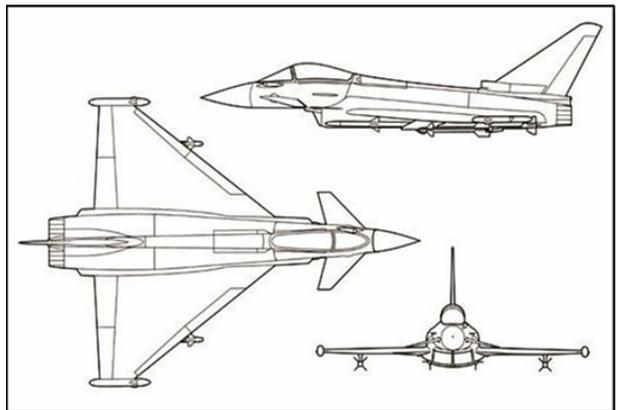
Datum: 09.07.2009

**Teil 1** (ohne Unterlagen) (23 Punkte)

1. Vergleichen Sie die zwei Flugzeugkonfigurationen! Nennen Sie drei gemeinsame Aspekte und einen nicht gemeinsamen Aspekt! Gehen Sie dabei auch auf die Vor- und Nachteile ein!



Saab Gripen



Eurofighter Typhoon

Gemeinsam: Delta-Flügel, Canard-Konfiguration, kein Höhenleitwerk  
Nicht gemeinsam: Zahl der Triebwerke

2. Welche ist die Aufgabe des Flugzeugentwurfs im abstrakten Sinn?
  1. Die Anforderungen und Randbedingungen erfüllen (dann haben wir einen zulässigen Entwurf) und darüber hinaus
  2. die Entwurfsziele bestmöglich erfüllen (dann haben wir einen optimalen Entwurf).
3. Wie kann man einen optimalen Entwurf erreichen?

Die freien Parameter des Flugzeugentwurfs werden variiert (natürlich immer unter Einhaltung der Anforderungen und Randbedingungen), so dass sich ein bestmöglicher Entwurf ergibt.

4. Was versteht man unter Vergleichstudien? Nennen Sie den englischen Begriff dafür! Geben Sie Beispiele von Quellen an, die für Vergleichstudien benutzt werden können!  
Abwägen der Vor- und Nachteile verschiedener Konfigurationen. Engl.: Trade-off studies. Beispiele: Janes, Flight International, Aviation Week.
5. Nennen Sie die wichtigsten Entwurfparameter (auf Deutsch und auf Englisch)!
- Startmasse (take-off mass)  $m_{TO}$ ,
  - Kraftstoffmasse (fuel mass)  $m_F$ ,
  - Betriebsleermasse (operating empty mass)  $m_{OE}$ ,
  - Flügelfläche (wing area)  $S_W$ ,
  - Startschub (take-off thrust)  $T_{TO}$ .
6. Was ist der Unterschied zwischen kontinuierlichen und diskreten Entwurfparametern? Nennen Sie Beispiele für die beiden Kategorien!
- Kontinuierliche Entwurfparameter* können als Wert eine reelle Zahl annehmen. Beispiele: Flügelfläche, Flügelstreckung, Flügelzuspitzung, Flügeldicke, Flügelpfeilung.
- Diskrete Entwurfparameter* beschreiben alternative Flugzeugkonfigurationen. Beispiele: Zahl der Triebwerke, Rumpfquerschnitt, Leitwerkskonfiguration, Flügellage.
- Im Flugzeugentwurf werden kontinuierliche und diskrete Entwurfparameter zweckmäßigerweise in zwei Schritten bestimmt:
1. Schritt: Es werden die diskrete Entwurfparameter gewählt.  
(Man wählt damit eine Flugzeugkonfigurationen.)
  2. Schritt: Für jede erhaltene Flugzeugkonfiguration werden die kontinuierlichen Entwurfparameter variiert.
7. Definieren Sie die Abschreibung eines Flugzeuges? Nennen Sie den englischen Begriff.  
Abschreibung = Neuwert / Abschreibungsdauer  
Engl.: depreciation
8. Was passiert beim Meilenstein *go ahead*?  
Beim *go ahead* (*launch*, Projektstart) geht die Projektphase über in die Entwicklungsphase.
9. Was ist der erste Schritt in der Dimensionierung als Teile des Entwurfsablaufs?  
Durchdenken der Anforderungen und Erstellen einer Liste mit solchen Anforderungen, die einen großen Einfluß auf den Entwurf haben.
10. Welche Optimierungsvariablen werden im Entwurfsdiagramm dargestellt? Für welche Flugphasen werden diese Optimierungsvariablen ermittelt? Wie heißt das Entwurfsdiagramm auf Englisch?
- Schub-Gewichtsverhältnis (thrust-to-weight ratio) und Flächenbelastung (wing loading)
  - Start, Steigflug, Reiseflug, Landung und Durchstartmanöver
  - Engl.: *Matching Chart*

11. Erläutern Sie den Begriff *design point*!

Durch die Optimierung im Entwurfsdiagramm wird versucht

- mit 1. Priorität: ein möglichst geringes Schub-Gewichtsverhältnis zu erreichen
- mit 2. Priorität: eine möglichst hohe Flächenbelastung zu erreichen

Der Design Point ist der Punkt in dem Entwurfsdiagramm der am besten diese beiden Ziele erfüllt.

## 12. Welche Parameter werden von der Dimensionierung geliefert?

- Startmasse (take-off mass)  $m_{MTO}$  ,
- Kraftstoffmasse (fuel mass)  $m_F$  ,
- Betriebsleermasse (operating empty mass)  $m_{OE}$  ,
- Flügelfläche (wing area)  $S_W$  ,
- Startschub (take-off thrust)  $T_{TO}$  .
- Außerdem liefert die Dimensionierung die Reiseflughöhe (cruise altitude)  $h_{CR}$  .

## 13. Nennen Sie 5 Parameter die einen Flügel beschreiben!

- Streckung (aspect ratio),  $A_W$   
(aus der Dimensionierung ist bereits ein erster Wert bekannt)
- Zuspitzung (taper ratio),  $\lambda_W$
- Pfeilung (sweep angle),  $\Phi_{25,W}$   
(aus der Dimensionierung ist bereits ein erster Wert bekannt)
- relative Profildicke (thickness ratio),  $(t/c)_W$
- Flügelprofile (airfoils)
- Einstellwinkel (incidence angle),  $i_W$
- V-Winkel (dihedral angle),  $v_W$
- Schränkung (wing twist),  $\varepsilon_t$

## 14. Welche Parameter und Eigenschaften des Fahrwerks müssen in der Fahrwerksentwurfsphase festgelegt werden?

- Fahrwerkstyp
- Fahrwerksanordnung
- Anzahl und Anordnung der Räder an jedem Fahrwerk
- Reifentyp(en)
- Prinzip des Ein- und Ausfahrmechanismus

## 15. Die Startmasse kann berechnet werden aus Nutzlast, Betriebsleermassenanteil und Kraftstoffmassenanteil. Nennen Sie die Formel dafür!

$$m_{MTO} = \frac{m_{PL}}{1 - \frac{m_{OE}}{m_{MTO}} - \frac{m_F}{m_{MTO}}}$$

16. Erläutern Sie die Begriffe: *payload* und *range*.

Nutzlast (payload) ist alles, was gegen Geld mit dem Flugzeug transportiert wird.

Reichweite (range) ist die Strecke, die ein Flugzeug unter gegebenen Bedingungen (Nutzlast, Kraftstoffreserven, ...) fliegen kann.

17. Was ist eine *seat-range diagramm* und für was ist es nützlich?

In einem Sitzplatz-Reichweiten-Diagramm (seat-range diagram) sind die Anzahl der Sitzplätze der Passagierflugzeuge über ihrer Reichweite aufgetragen.

A quick view on the diagram reveals which combinations of "number of seats" and "range" is not covered. These void areas may warrant a newly designed aircraft or a variant of an existing one in form of a stretch or shrink.

18. Was ist ein *load factor* und was ist *range flexibility*?

Nutzladefaktor = verkaufte Transportleistung / angebotene Transportleistung

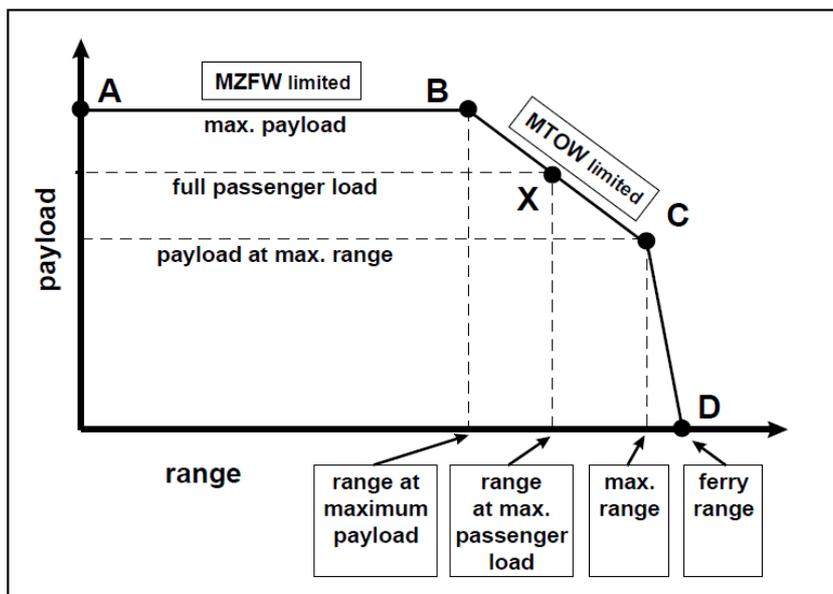
Reichweitenflexibilität = Reichweite / durchschnittliche Flugstrecke

19. Geben Sie eine Gleichungen an, um die Nutzlast zu berechnen!

$$m_{PL} = m_{pax} n_{seat} + m_{baggage} n_{seat} + m_{cargo}$$

$$m_{PL} = m_{TO} - m_{OE} - m_F$$

20. Welche ist die Bedeutung jedes Punktes des Payload-Range Diagramm? Füllen Sie bitte die Kästchen aus!



Punkt A: Für eine Flugstrecke von 0 NM (theoretisch) ist kein Kraftstoff erforderlich. Die Abflugmasse wäre in diesem Fall die maximale Leertankmasse (maximum zero fuel mass),  $m_{MZF}$ .

Punkt B: Es darf nur so viel Kraftstoff aufgetankt werden, daß beim Start die maximale Abflugmasse (maximum take-off mass),  $m_{MTO}$  nicht überschritten wird.

Punkt C: Die Nutzlast an diesem Punkt ist die Nutzlast bei maximaler Reichweite (payload at maximum range). Am Punkt C liegt die für den praktischen Betrieb größte Reichweite des Flugzeugs.

Punkt D: Am diesen Punkt hat man eine Reichweite vorliegen, die nur für Überführungsflüge (ohne Nutzlast) von Bedeutung ist (ferry range).

Segment AB des Nutzlast-Reichweitendiagramms begrenzt das MZFW (maximale Leertankmasse, *maximum zero fuel mass*).

Segment BC des Nutzlast-Reichweitendiagramms begrenzt das MTOW (maximale Abflugmasse, *maximum take-off mass*).

Segment CD des Nutzlast-Reichweitendiagramms begrenzt das OEW (Betriebsleermasse, *operating empty mass*).

21. Wer ist der erste Mensch, der erfolgreich und wiederholbar Gleitflüge mit einem Flugzeug absolvierte, und dem Flugprinzip "schwerer als Luft" damit zum Durchbruch verhalf?  
(Karl Wilhelm) Otto Lilienthal, Flüge ab 1891
22. Wann und wer hat die ersten kontrolliert gesteuerten Motorflüge der Welt nach dem Prinzip "schwerer als Luft" durchgeführt?  
Gebr. Wright im Jahr 1903
23. Wie heißt der zweimotorige Mitteldecker in Canard Auslegung, der für zwei Piloten eingerichtet war, und mit dem die erste Nonstop-Weltumrundung ohne Auftanken und Zwischenlandung im Jahr 1986 gemacht wurde?  
  
Voyager

## **Teil 2** (mit Unterlagen) (21 Punkte)

Siehe Lösung zur Klausur Flugzeugentwurf SS 2009, Aufgabe 2.1 .