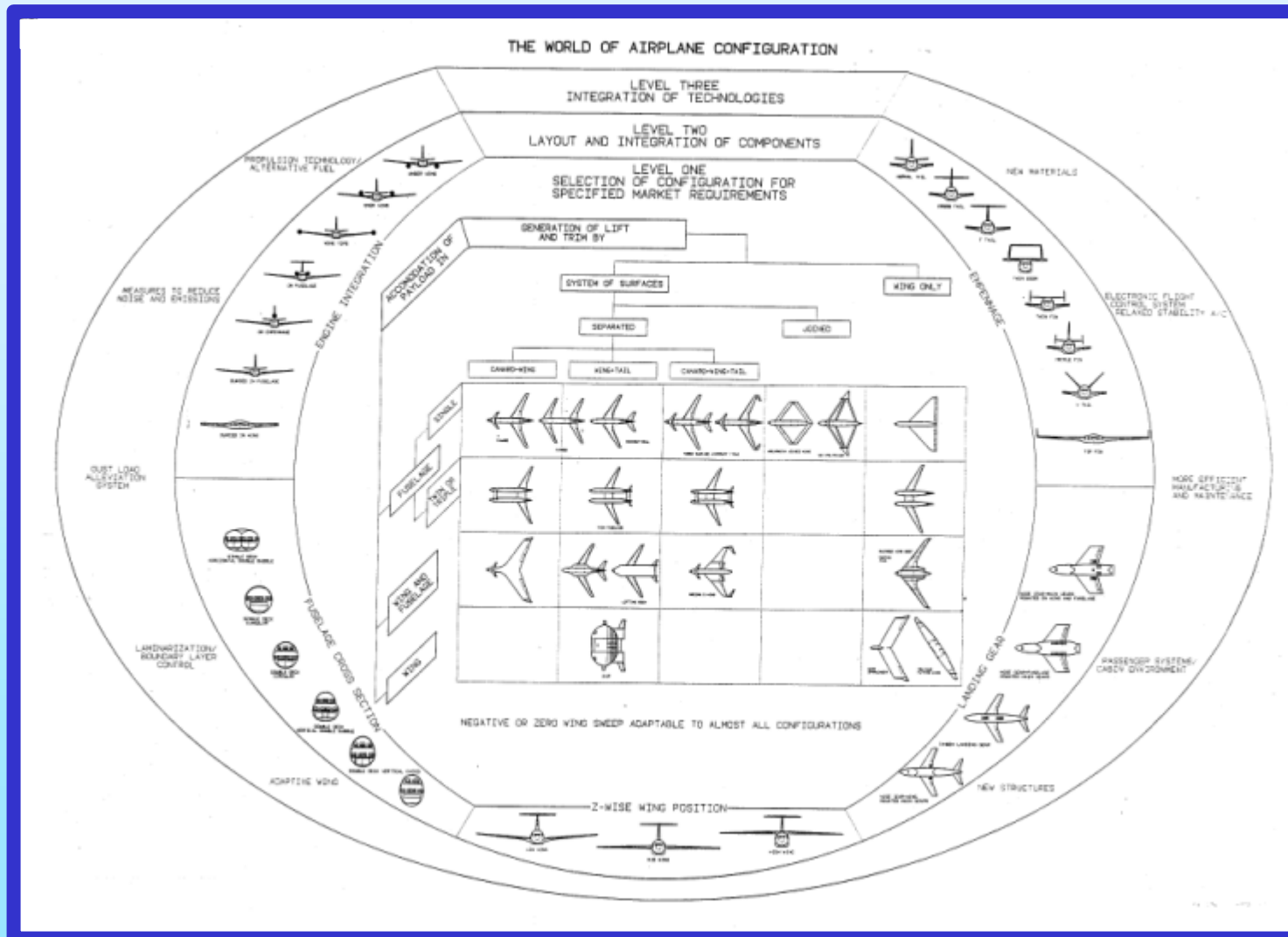


**Von Monstern und anderen
Möglichkeiten , Triebwerke
an
Flugzeugen zu installieren**

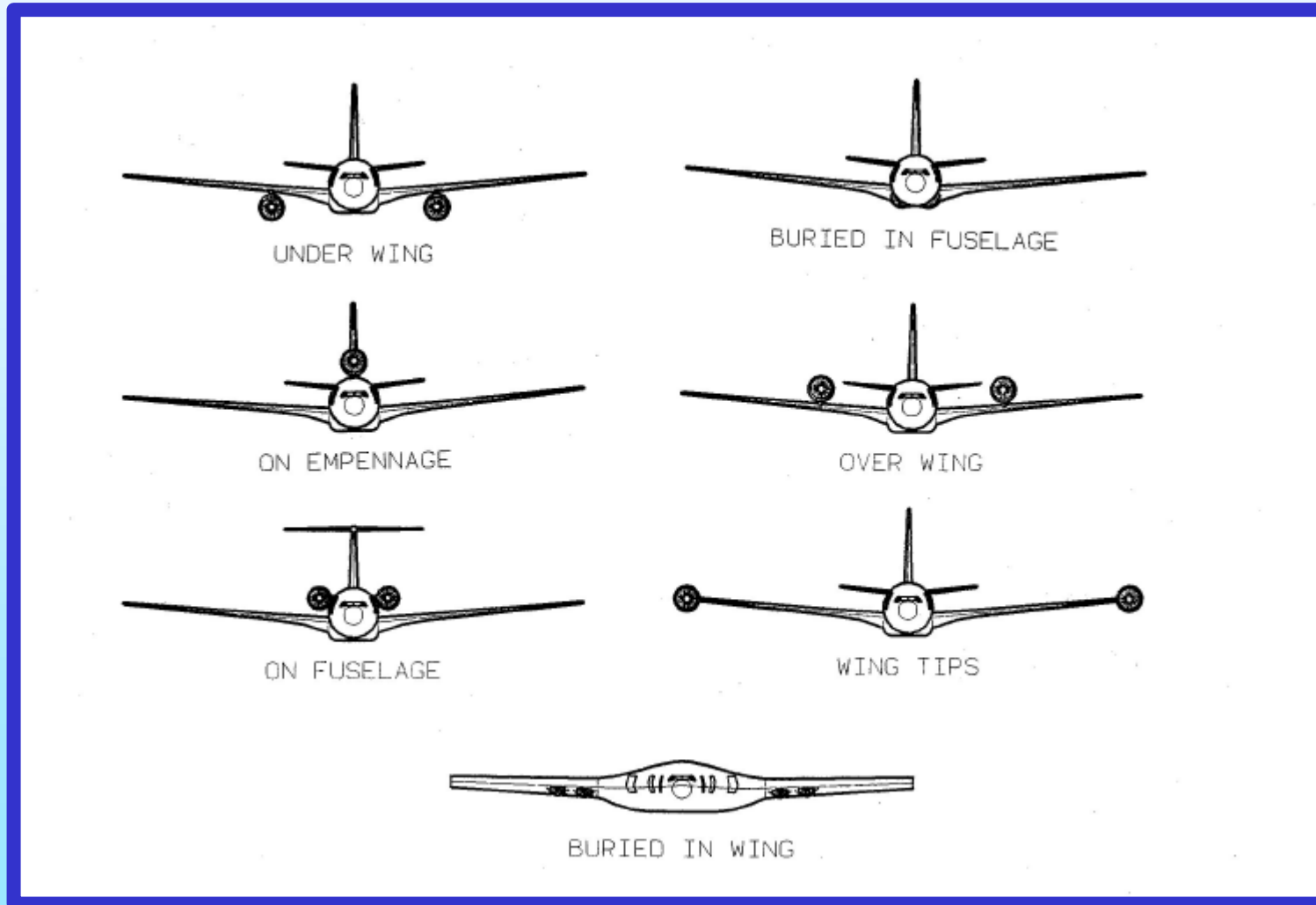
**Hamburg
13.4.2000**

**Wolfgang Brix
DASA-Bremen
Abt. EFL**

Die Welt der Flugzeugkonfigurationen



Konventionelle und unkonventionelle Triebwerksanordnungen



Konventionelle und unkonventionelle Triebwerksanordnungen

Konventionell

Triebwerke

- o am Pylon unter dem Flügel
- o am Heck

Unkonventionell

Triebwerke

- o ohne Pylon unter dem Flügel
- o im Flügel
- o im Rumpf
- o am Rumpf
- o mit Pylon über dem Flügel
- o ohne Pylon auf dem Flügel

Einschränkungen :

- o Kein Überschall
- o Kein VSTOL
- o Keine Propeller
- o Keine Kampfflugzeuge (Militärische Transporter erlaubt)

Die erste Triebwerksanordnung: ohne Pylon unter dem Flügel



Messerschmitt Me 262
2 Strahltriebwerke Jumo 004
mit je ca.2000 lb
Erstflug 18.7.1942

Die ersten zivilen Triebwerksanordnungen: ohne Pylon unter dem Flügel



Vickers Viking

24 Pax / 2 RR Nene Turbojets mit je 5100 lb

Erstflug 6.4.1948

Prototyp /keine Serie

Erster ziviler Strahlflug : 25.7.1948
London-Paris



Avro Ashton

4 RR Nene Turbojets mit je 5100 lb

Erstflug 1.9.1950

Forschungsflugzeug /keine Serie

Die ersten zivilen Triebwerksanordnungen: ohne Pylon unter dem Flügel



Vickers Viscount

32 Pax

2 RR Tay Turbojets mit je 5000-6000 lb

Erstflug 15.3.1950 / Prototyp /keine Serie



Avro Canada C-102 Jetliner

40-50 Pax

4 RR Derwent Turbojets mit je 3600 lb

Erstflug 10.8.1949 / Prototyp /keine Serie

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Boeing 707
131-181 Pax
4 Turbofans PW JT3D-1
mit je 17000 lb
Erstflug 15.7.1954

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



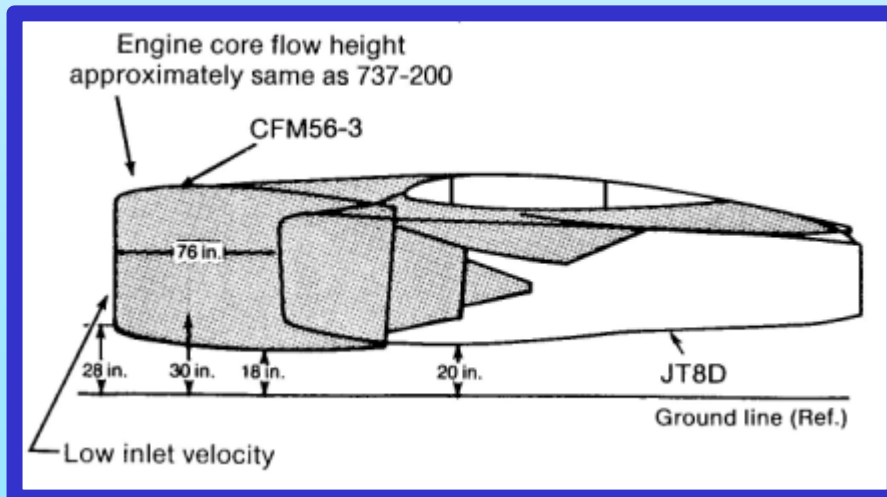
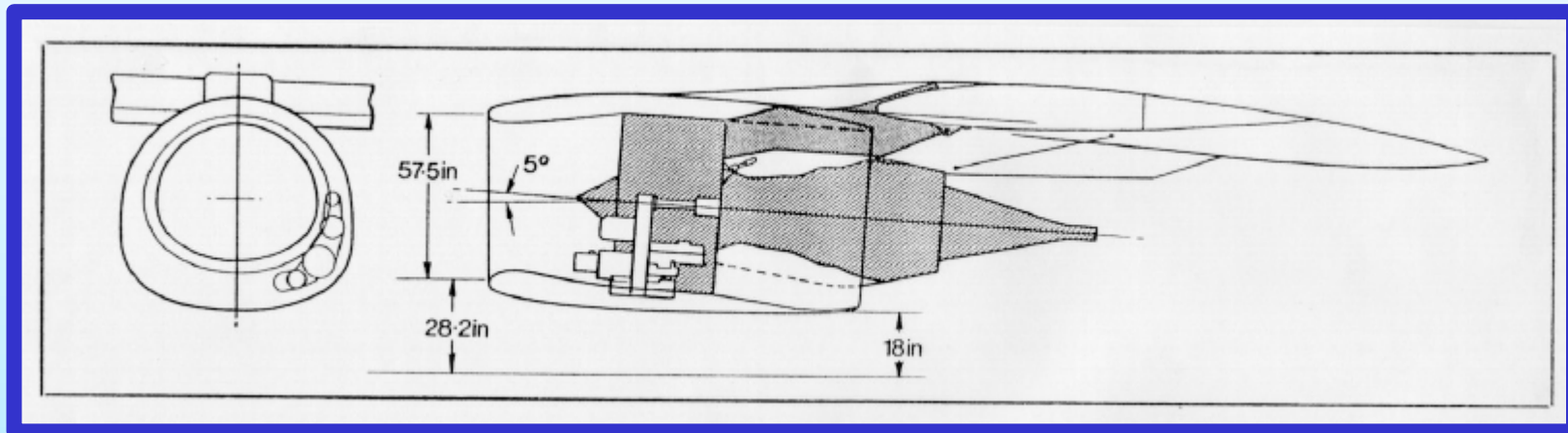
Boeing 737-100/200
103-125 Pax
2 Turbofans PW JT8D-1
mit je 17000 lb
Erstflug 9.4.1967 (o.hushkit)
Hier mit "Hushkit" , um
FAR36 Stage 3 zu erfüllen

Nicht mehr ganz konventionelle Triebwerksanordnung: kurzgekoppelt mit Pylon unter dem Flügel



Boeing 737-300/400
110-149 Pax
2 Turbofans CFM56-3
mit je 20000 lb
Erstflug 24.2.1984

Nicht mehr ganz konventionelle Triebwerksanordnung: kurzgekoppelt mit Pylon unter dem Flügel



Boeing 737
Vergleich der Turbofans
CFM56-3 und JT8D

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Boeing 747-100
374-490 Pax
4 Turbofans P&W JT9D-3
mit je 43500 lb
Erstflug 9.2.1969



Boeing 747-400
4 Turbofans GE CF6-80C2B1F
mit je 56750 lb

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Airbus A-300B
220-300 Pax
2 Turbofans GE CF6-50C
mit je 51000 lb
Erstflug 28.10.1972

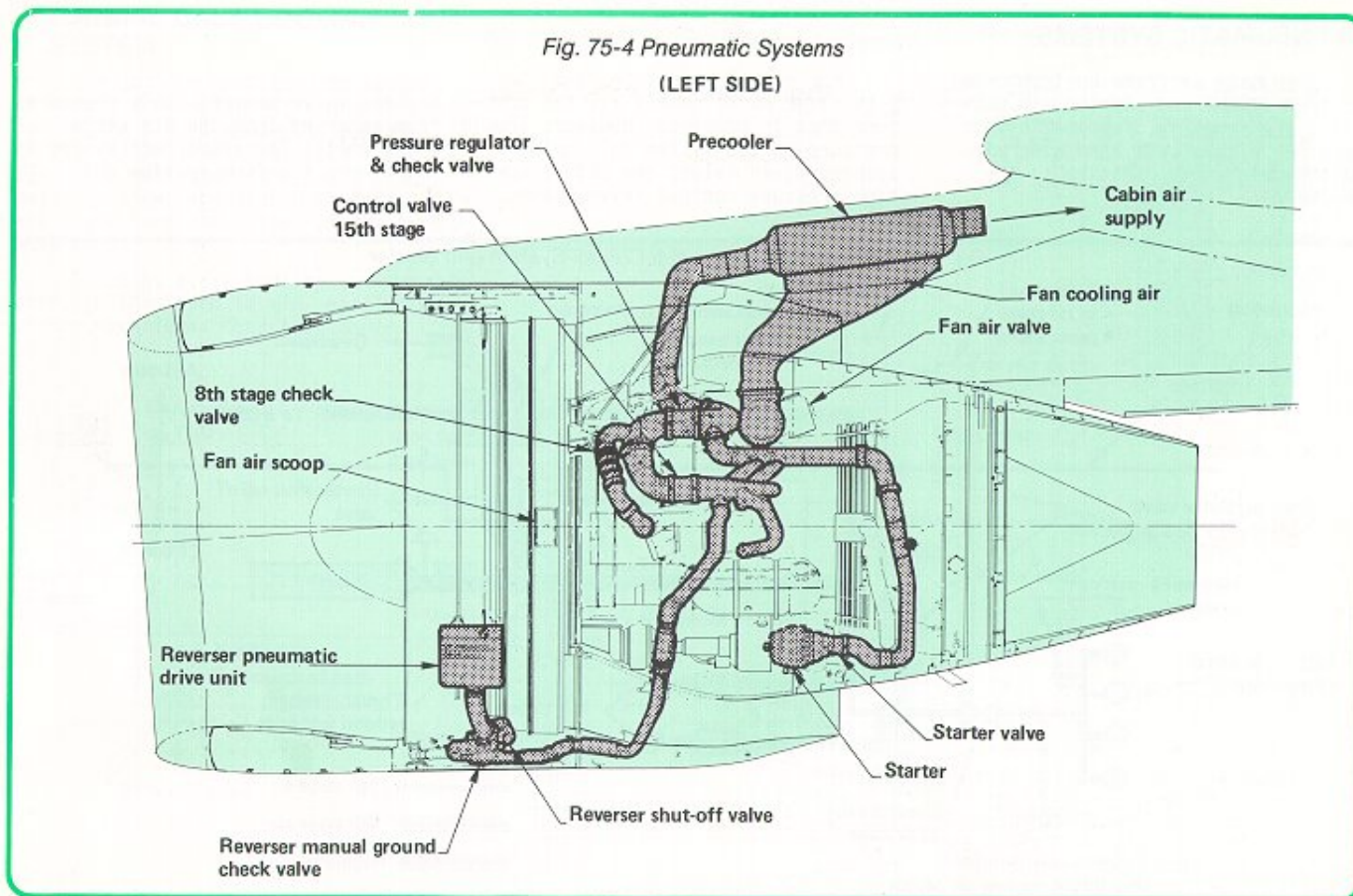


Airbus A-310
210-234 Pax
2 Turbofans GE CF6-80A1
mit je 48000 lb
Erstflug 3.4.1982

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel

A310 Air

75



Page 75.04

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Airbus A-320
150-164 Pax
2 Turbofans CFM56-5A1
mit je 25000 lb
Erstflug 22.2.1987



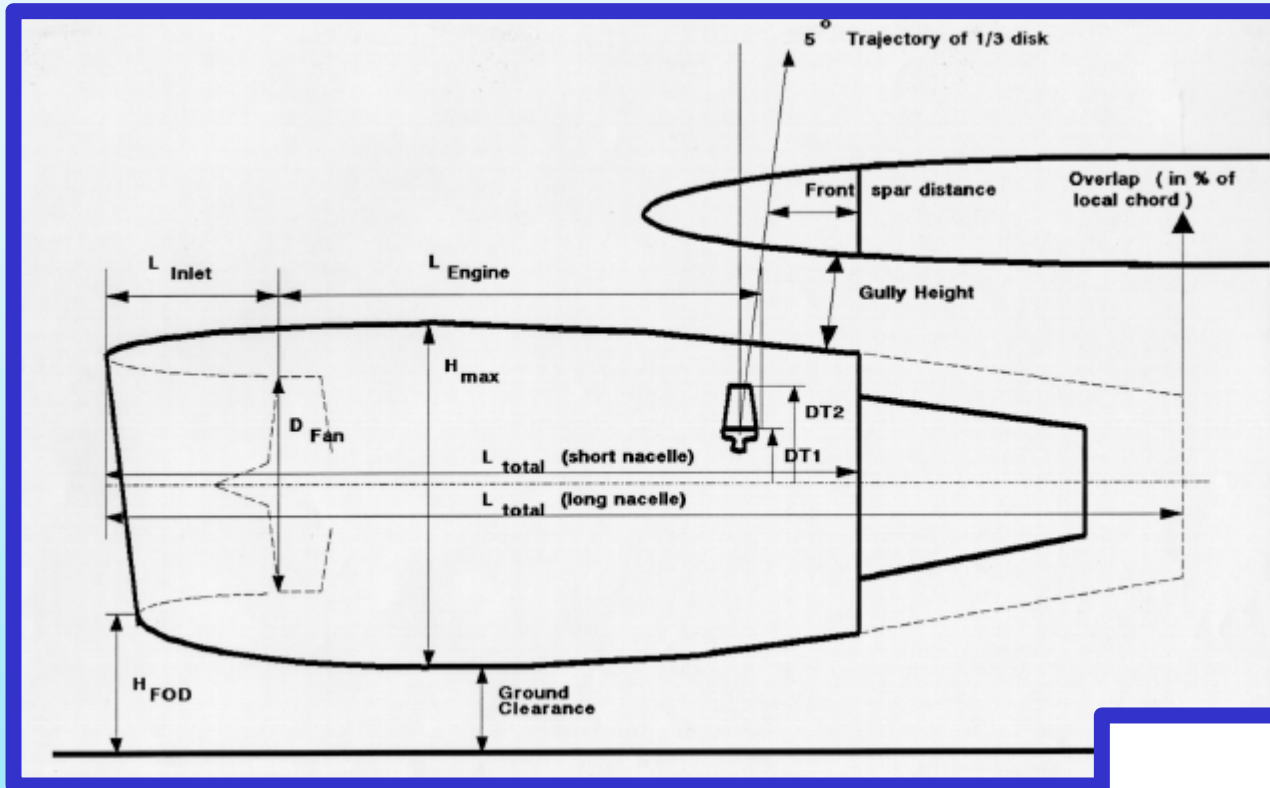
Airbus A340-200/300
263-335 Pax
4 Turbofans CFM56-5C4
mit je 34000 lb
Erstflug 25.10.1991

Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Airbus A340-200/300
263-335 Pax
4 Turbofans CFM56-5C4
mit je 34000 lb
Erstflug 25.10.1991

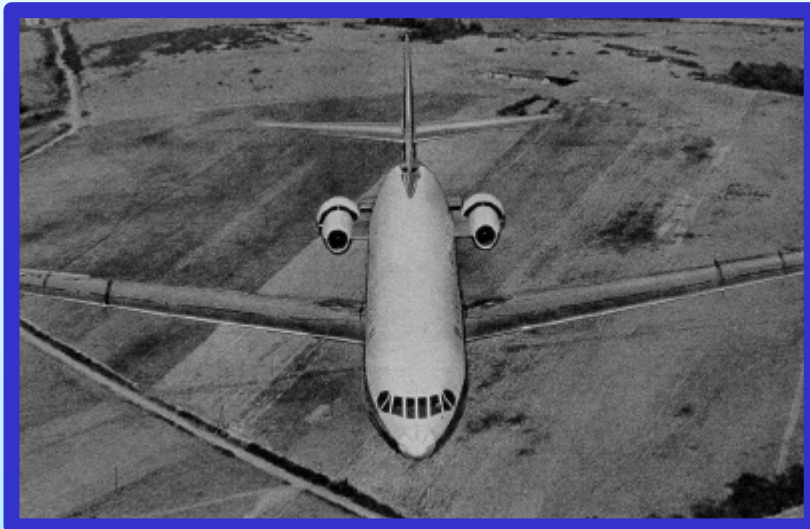
Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Relative Gully Height
Relative Kanalhöhe

		H (mm)	c (mm)	H/c (%)
A320	CFM56-5	600	4057	14.8
A320	V2500	528	4057	13.0
X-100	RTF 180/1	556	3719	14.95
Requirement		520		14.0

Konventionelle Triebwerksanordnungen: am Heck



Sud Aviation Caravelle
50-89 Pax
2 Aftfans GE CJ805
mit je 15000 lb
Erstflug 27.5.1955



Boeing 717 (ehem. MDD MD95)
106 Pax
2 Turbofans BRR BR715
mit je 18500 lb
Erstflug 2.9.1998

Konventionelle Triebwerksanordnungen: am Heck

**Kommentar von Preston Henne , Douglas Aircraft Vicepresident und MD-90 Program Manager ,1994,
zur Triebwerksanordnung an der MD-90 :**

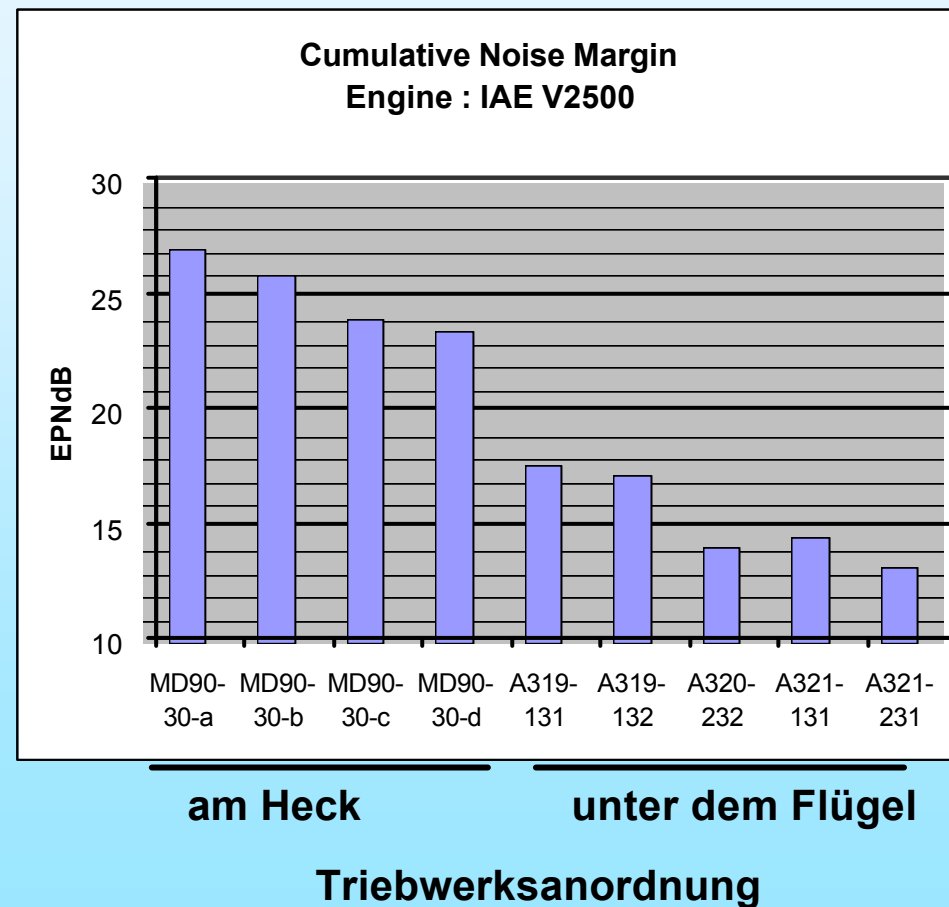
“Die Heckmontage der 2 Triebwerke ist wesentlich leiser als die A320 Varianten , welche das V2500 unter dem Flügel installieren. Betrachtet man den “sideline” Lärm , so ergibt es sich , daß der Rumpf die Umgebung auf der rechten Seite gegen den Lärm des linken Triebwerks abschirmt und umgekehrt. Bei Triebwerksanordnung unter dem Flügel hört die Umgebung beide Triebwerke. Dazu kommt noch , daß durch die Lage der Triebwerke über und hinter dem Flügel der Lärm in Richtung nach vorn und unten reduziert wird um einige dB durch die Abschirmwirkung des Flügels und des Flügelnachlaufs.

Diese Triebwerksanordnung erlaubt Flügelklappen an der Vorder-und Hinterkante , die ein kontinuierliches Hochauftriebssystem ergeben . Es gibt keine Unterbrechung in der der Luftströmung , keine komplexen Nachlaufmuster durch Auftriebs-Diskontinuitäten (wie bei Triebwerksanordnungen unter dem Flügel) , die dann Lärm erzeugen.

Zusätzlich ergibt sich ein kürzeres (und damit leichteres) Fahrwerk.”

Konventionelle Triebwerksanordnungen: Vergleich des Lärms

	CNM (EPNdB)	MTOW (to)	Net Thrust (lb)
MD90-30-a	27,1	61,2	25000
MD90-30-b	26	61,2	28000
MD90-30-c	24,1	75,3	25000
MD90-30-d	23,6	75,3	28000
A319-131	17,7	70	22500
A319-132	17,3	70	24000
A320-232	14,2	77	26500
A321-131	14,6	85	30000
A321-231	13,3	89	33000
CNM Cumulative Noise Margin			
MTOW Max Take Off Weight			

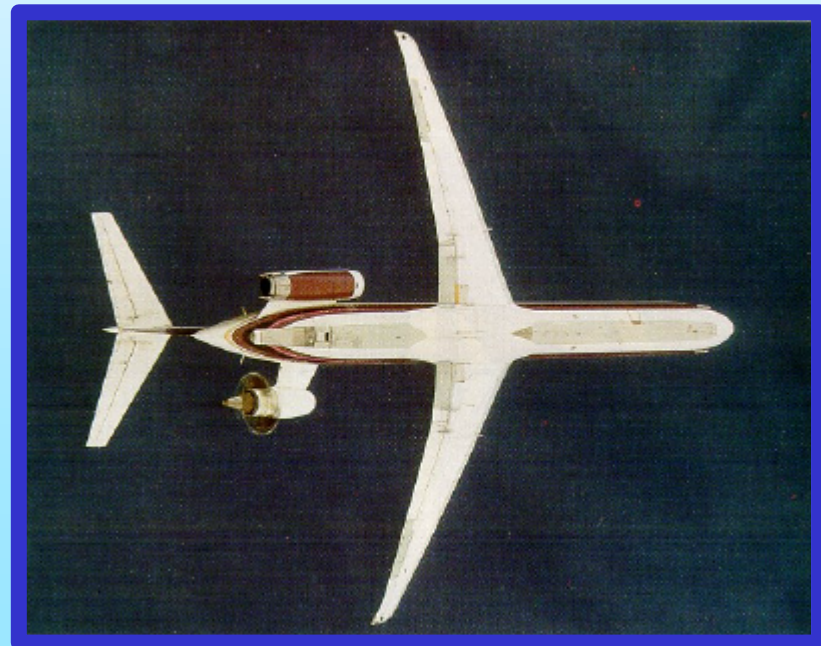


Konventionelle Triebwerksanordnungen: am Heck



MDD MD-80 Demonstrator
1 PW JT8D-209 mit 18500 lb
1 GE UDF 36 mit 21500 lb
Erstflug 18.5.1987

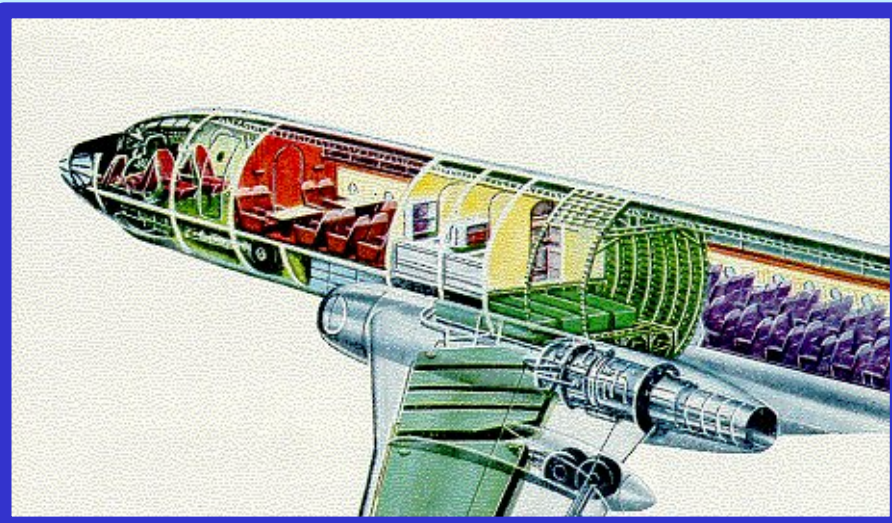
Boeing 727-100 Demonstrator
2 PW JT8D-9 mit je 14500 lb
1 GE UDF 36 mit 25000 lb
Durchmesser 11.7 feet/3.57 m
Erstflug 20.8.1986



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Flügel



Tupolev Tu 104
70 Pax
2 Turbojets Mikulin AM-3
mit je 15000 lb
Erstflug Juni 1955
2. Zivilstrahlflugzeug im
Liniendienst



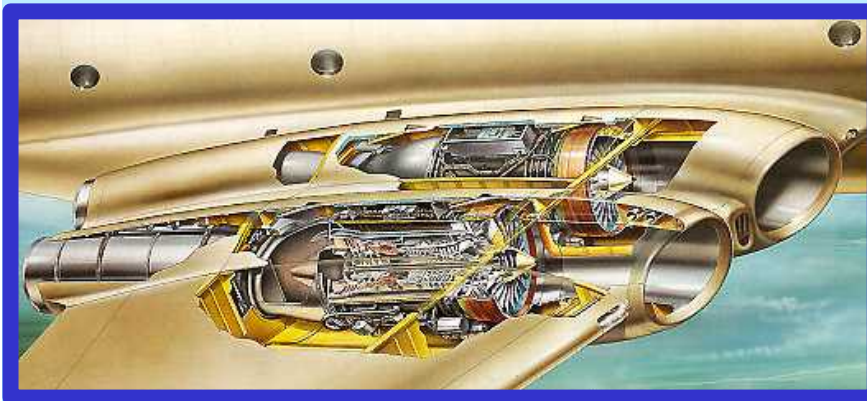
Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Flügel



British Aerospace Nimrod
Seeüberwachungsflugzeug
4 Turbofans RR Spey 250
mit je 12140 lb
Erstflug Mai 1967

(ehemals :De Havilland Comet
Erstflug Juli 1949
1. Zivilstrahlflugzeug im
Liniendienst)

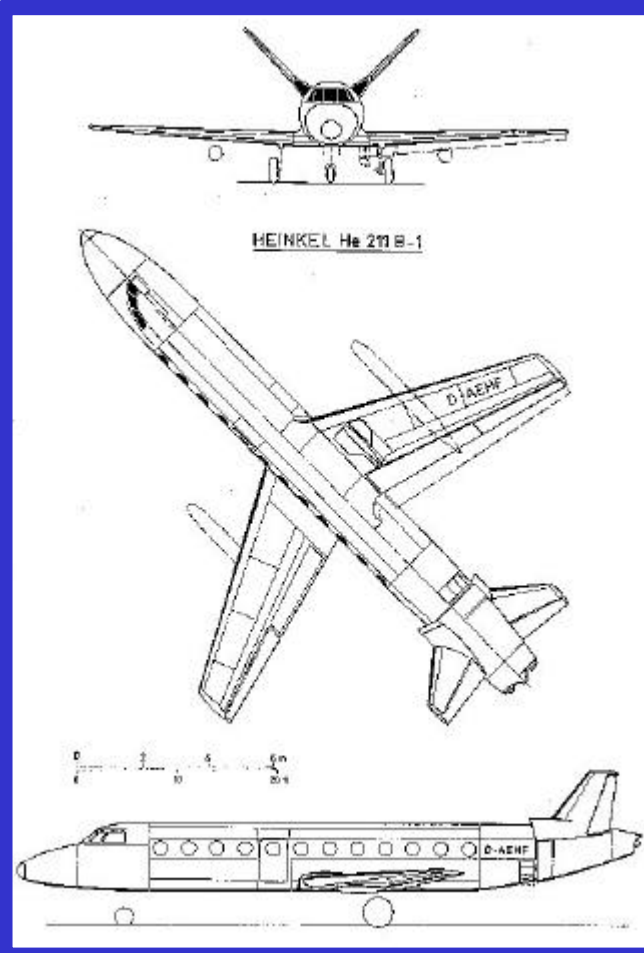
zur Zeit :
Umbau auf 4 Turbofans
BR710 mit je 15500 lb



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Rumpf

Heinkel He 211

Projekt eines Verkehrsflugzeuges 1961 für 22-24 Pax
2 General Electric CF 700 Aftfans



„Die Triebwerke sind im Rumpfheck eingebaut, so daß die Geräuschbelästigung für den Passagierraum optimal gering ist. Die Verdichter der Triebwerke erhalten die Luft über Einsaugkanäle an der Leitwerknahe. Der 2. Kreis (Aftfan) dagegen saugt verlangsamte Luft aus der Grenzschicht des Rumpfes an. In Folge der Absaugung der Grenzschicht und der Vermeidung des Totwassers hinter dem Rumpf wird der Luftwiderstand vermindert.“
(Originalzitat Heinkelbroschüre)



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Rumpf



Visionaire VA-10 Vantage

6 Sitze

**1 Turbofan PW Canada JT15D-5
mit 2900 lb**

Erstflug 16.11.1996



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Rumpf

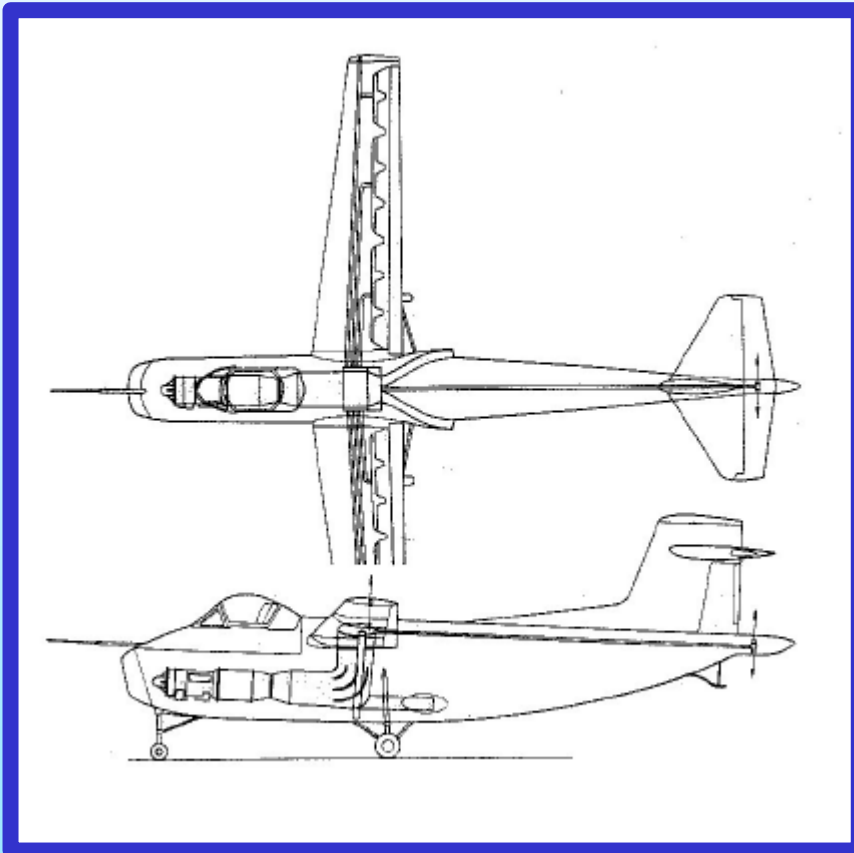


Hunting H.126
Experimentalflugzeug
(Strahlklappenprinzip)
1 Bristol Siddeley Orpheus (5000 lb)
Erstflug 26.3.1963



$C_{a,max} = 1.5$ (ohne Strahleinfluss)
 $C_{a,max} = 3$ ($C_t = 0.1$)
 $C_{a,max} = 5.5$ ($C_t = 0.4$)

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Rumpf



Hunting H.126

**Experimentalflugzeug
(Strahlklappenprinzip)**

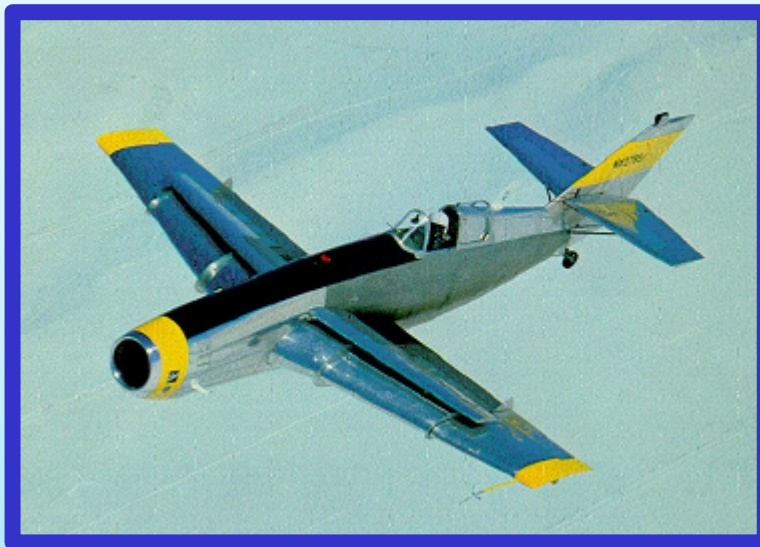
**1 Bristol Siddeley Orpheus (5000 lb)
Erstflug 26.3.1963**

$C_{a,max} = 1.5$ (ohne Strahleinfluss)

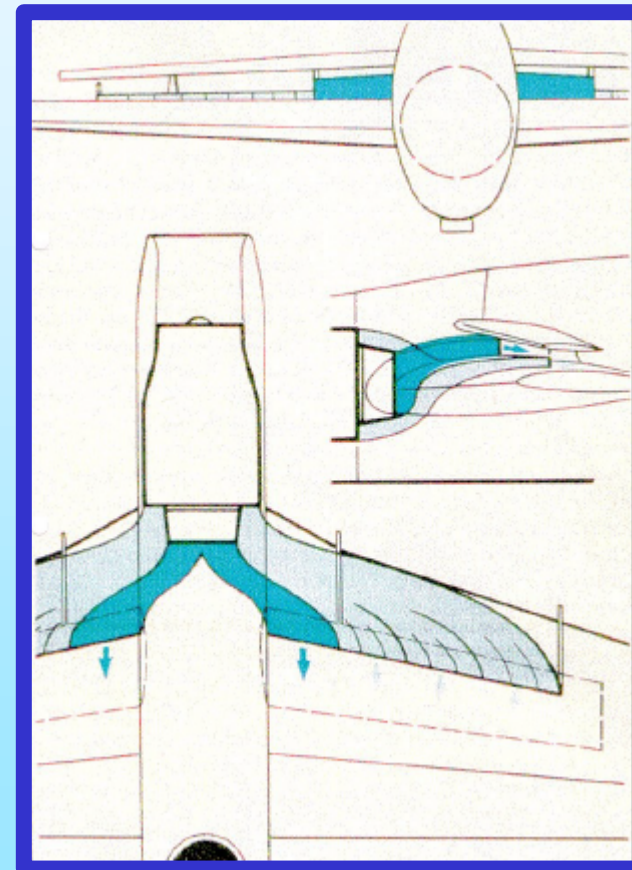
$C_{a,max} = 3$ ($C_t = 0.1$)

$C_{a,max} = 5.5$ ($C_t = 0.4$)

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: im Rumpf



Ball-Bartoe Jetwing
Experimentalflugzeug
1 Turbofan PW Canada JT15D-1
mit 2200 lb
Erstflug 1.7.1977



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: am Rumpf



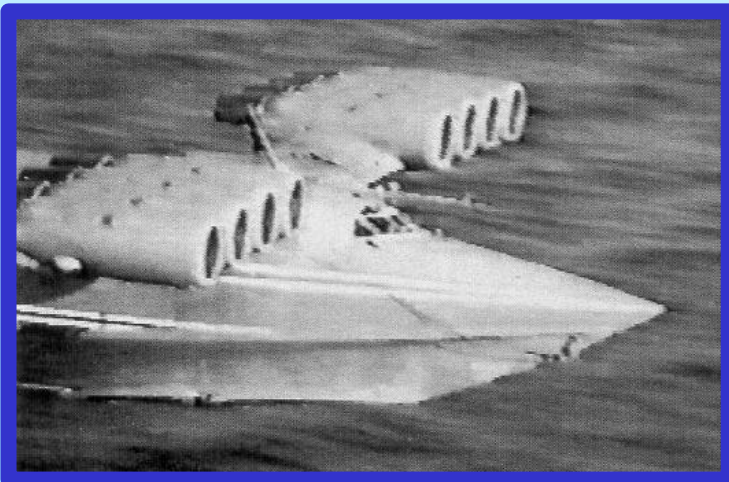
Scaled Composites Proteus
Radio-Relais-Flugzeug für extreme Höhen
(18-20 km)
2 Turbofans Williams FJ44 mit je 2293 lb
Erstflug 26.7.1998



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: am Rumpf

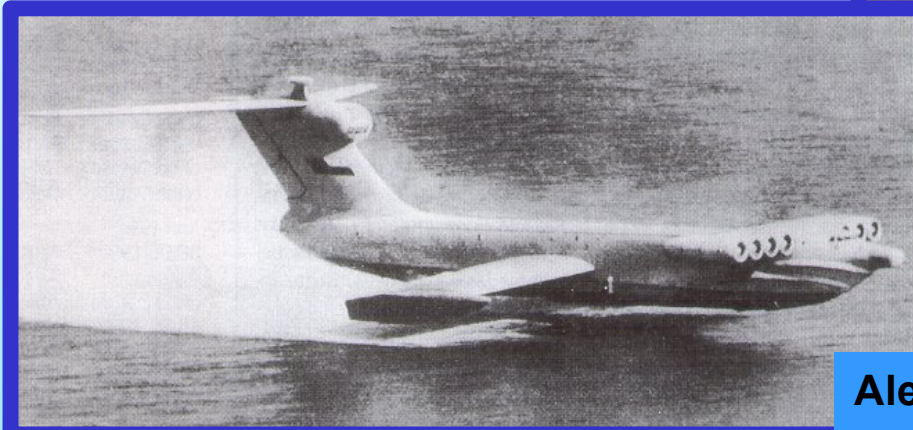
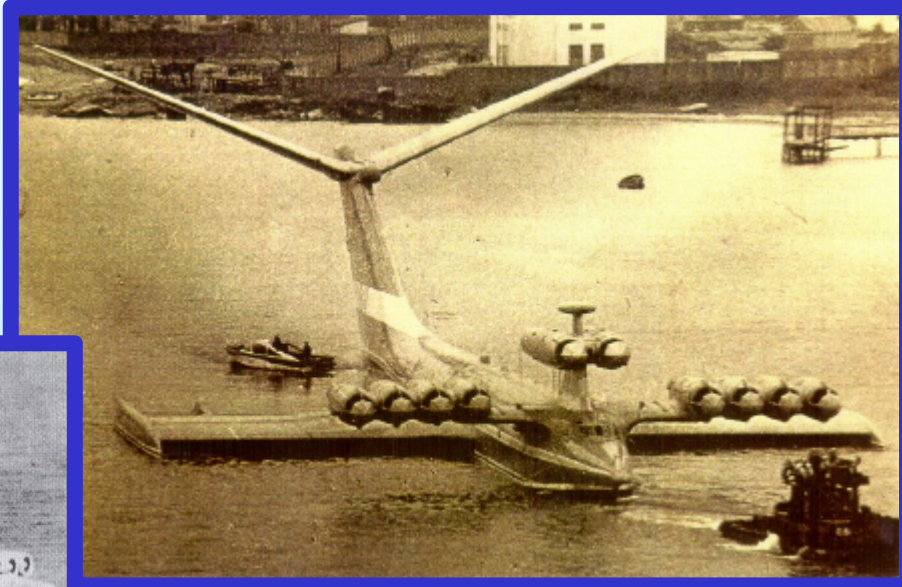


**„Caspian Seamonster“
Aleksjew KM-1
Experimentalflugzeug
Erstflug 18.10.1966
Crash Dezember 1980
10 Turbojets Dobrynin VD-7
mit je 28660 lb**



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: am Rumpf

Aleksejew KM-1
Letzte Version vor dem
Crash Dezember 1980



Aleksejew Spasatel
Seenotrettungsflugzeug
8 Turbofans Kuznezow NK 87 mit je 28660 lb
Zivile Variante des Raketenträgers Lun
zur Zeit im Bau

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel



VFW 614
40-44 Pax
2 Turbofans RR M45H mit je 7317 lb
Bypassverhältnis 2.85
Erstflug 14.7.1971

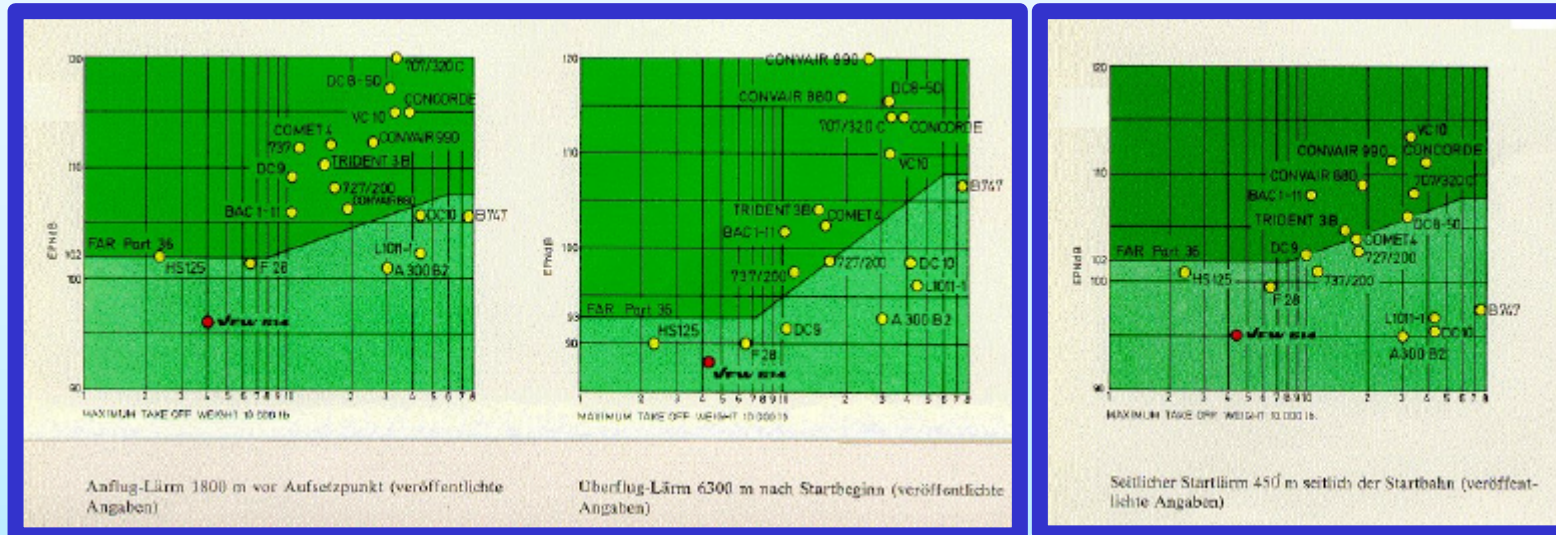


Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel



Die VFW 614 hat ihre Triebwerke an einer ungewöhnlichen Stelle. Da, wo sie nicht stören.

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel



TEST RESULTS

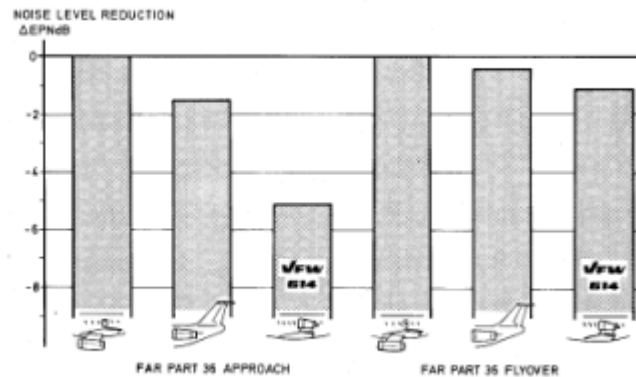


Abb. 8

LÄRMREDUZIERUNG DURCH TRIEBWERKSANORDNUNG

Lärmwerte der VFW 614
(Progress Report vom Nov 1972)

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel

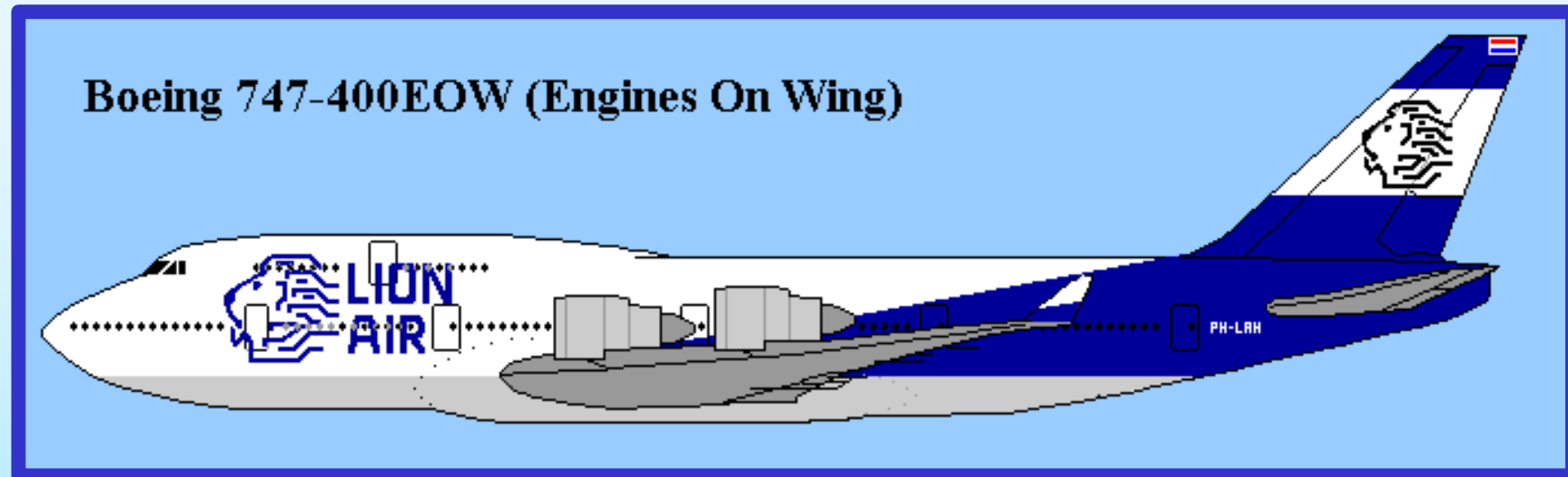


Beriev A-40 Albatros
**Seeüberwachungs/
Rettungsflugzeug**
2 Turbofans Soloviev
D-30KPV
mit je 26455 lb
Erstflug 8.12.1986



Beriev Be-200
Feuerlöschflugzeug
2 Turbofans Progress
D-436TP
Erstflug 24.9.1998

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel



Pressemitteilung der Lion Air aus dem Internet :

- Die meisten Flugzeuge von heute haben die Triebwerke auf der falschen Seite des Flügels
- mit Triebwerken über dem Flügel ergibt sich für den Erdboden eine Lärminderung von bis zu 10 dB(A)
- mit Boeing und Airbus sei diese Idee bereits diskutiert worden (betrifft 767,747 und A320,A330)

Warning : Lion Air is a virtual airline !

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon über dem Flügel



Honda UA-5
in Zusammenarbeit mit der
Mississippi State University
4-6 Sitze
Versuchsflugzeug
(für Materialien)
Taxitests März 1993

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel



**Martin Seamaster
Amphibienflugzeug
4 Turbojets Allison J71-A-4
mit je 13000 lb
Erstflug 14.7.1955**



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel



**Boeing YC-14 (AMST)
STOL Versuchsflugzeug
2 Turbofans GE CF6-50D
mit je 51000 lb
Erstflug 9.8.1976**



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel

Anblasen von oben.
Dieses kurz USB (Upper Surface Blowing) genannte Konzept nutzt ein mit Coanda-Effekt bezeichnetes Phänomen. Der belgische Physiker Henri Coanda entdeckte bereits 1930, daß ein schnell strömendes Medium bei Kontakt mit einer gewölbten Oberfläche dazu neigt, sich dieser Oberfläche anzuschmiegen.
Bei der Boeing YC-14 sind die

Triebwerksstrahlen das Medium und der Flügel zusammen mit dem Klappensystem die gewölbte Oberfläche. Besonderes Konstruktionsmerkmal sind die über den Flügeln angeordneten Triebwerke. Während des USB-Betriebs werden die Klappen unmittelbar hinter den Triebwerken bis auf fast 90 Grad vertikal nach unten ausgefahren. So wird der Triebwerksstrahl nach unten umgelenkt und kann

Strahlreaktionsauftrieb erzeugen. Dadurch ist ein Flugzeug von der Größe der 727 in der Lage, mit Geschwindigkeiten unter 160 Kilometer pro Stunde auf nur halbfliegigen, 600 m langen Rollbahnen zu landen. Und dabei Nutzlasten von fast 12 t ein- oder auszuliegen.
Und das mit nur zwei Triebwerken. Die Konfiguration mit zwei Triebwerken verringert die Herstell- und

Betriebskosten. Und durch die Wahl bereits erprobter Bläser-Strahltriebwerke gelang es den YC-14-Konstrukteuren, zusätzliche Entwicklungskosten zu vermeiden.
Weitere Konstruktionsvorteile des USB-Konzepts sind der hoch angeordnete Triebwerke sind: verringertes Triebwerkslärm, kein Ansaugen von Staub und Müll auf unbefestigten Plätzen und mehr Raum unter den

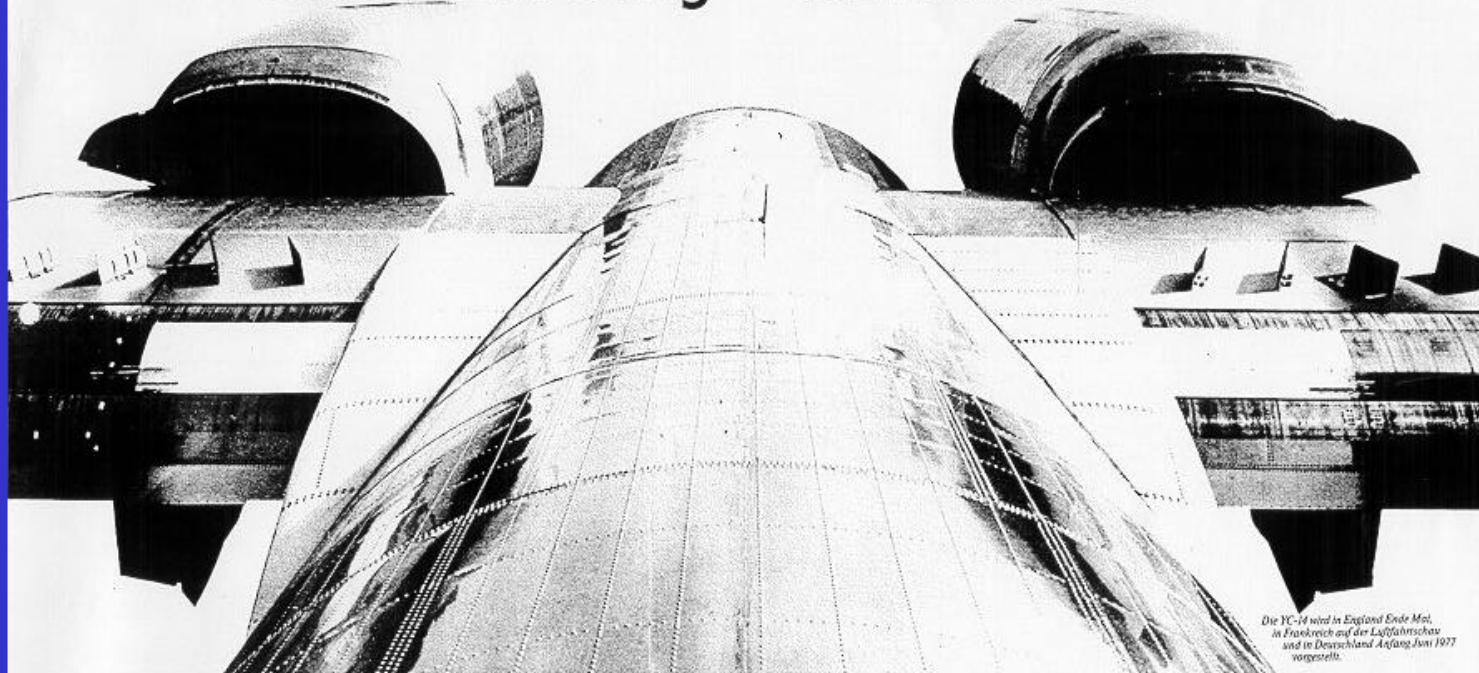
Flügeln für Außenlasten. Hinzu kommt eine vom Boden aus gesehene reduzierte Infrarot-Signatur und damit eine geringere Wahrscheinlichkeit, während Kampfhandlungen durch eine Boden-Luft-Lenkwanne getroffen zu werden.
Das USB-Konzept ist ein neuer, logischer, wirksamer und wirtschaftlicher Weg, Strahlreaktionsauftrieb für ein Kurzstreckenflugzeug zu nutzen.

Und die YC-14 ist das einzige Flugzeug, das dies kann.



Das fortschrittlichste
seit der Erfindung

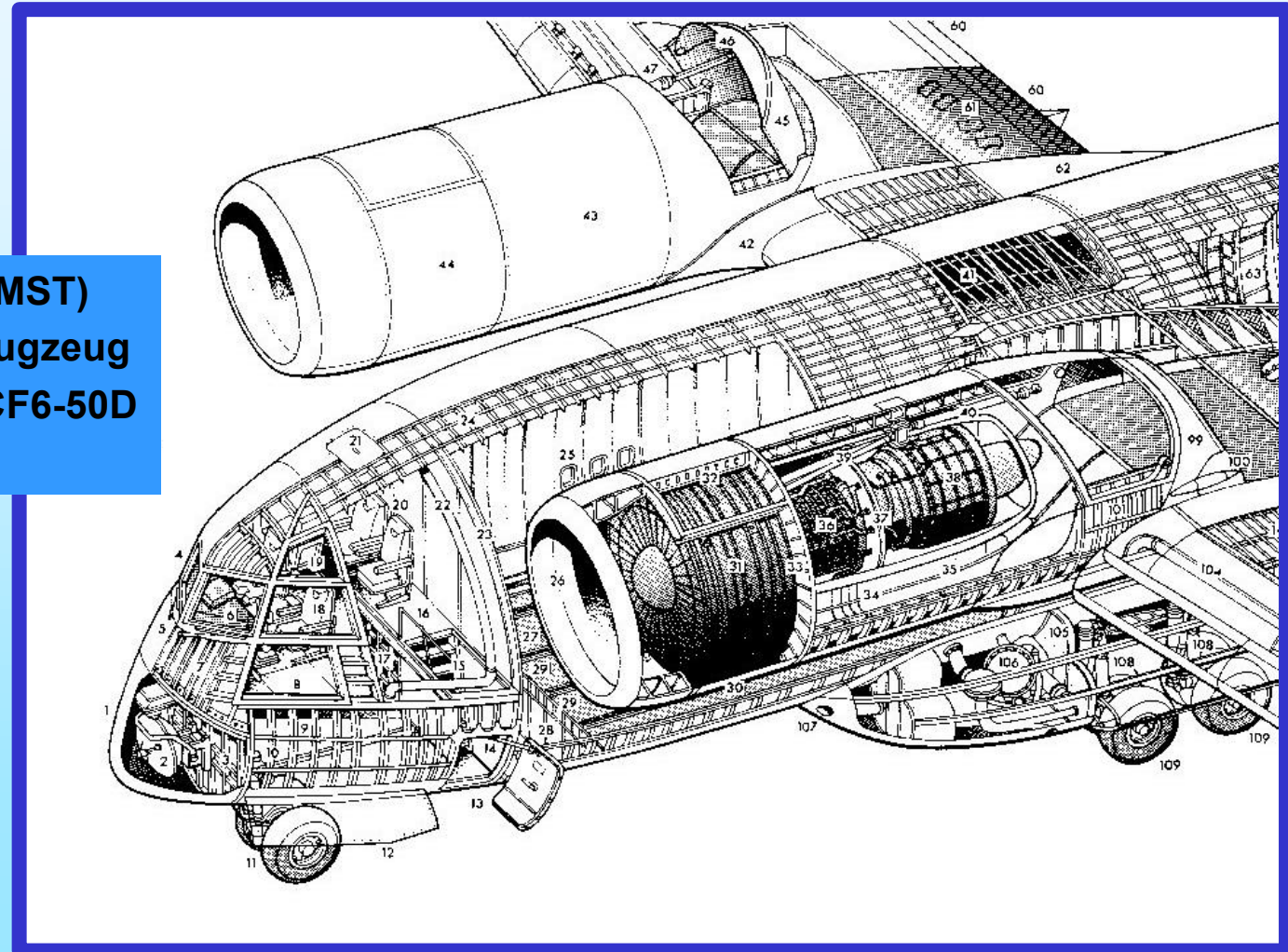
Auftriebs-Konzept
des Fahrstuhls.



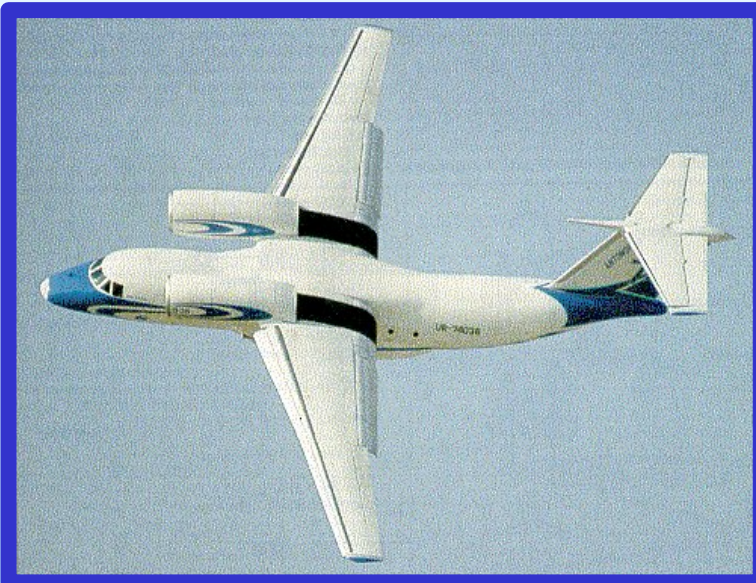
Die YC-14 wird in England Ende Mai, in Frankreich auf der Luftfahrtschau und in Deutschland Anfang Juni 1977 vorgestellt.

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel

**Boeing YC-14 (AMST)
STOL Versuchsflugzeug
2 Turbofans GE CF6-50D
mit je 51000 lb**



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel



Antonov An72/An74
STOL Transportflugzeug
2 Turbofans Ivchenko Progress ZMKB D-36
mit je 14330 lb
Erstflug 22.12.1977



Konventionelle Triebwerksanordnungen: mit Pylon unter dem Flügel



Antonov An 74-200
Ziviles Passagierflugzeug
2 Turbofans Ivchenko Progress
ZMKB D-436-T1 mit je 16865 lb
Erstflug voraussichtlich Ende 2000
Kraftstoffverbrauch 20% weniger
als An74

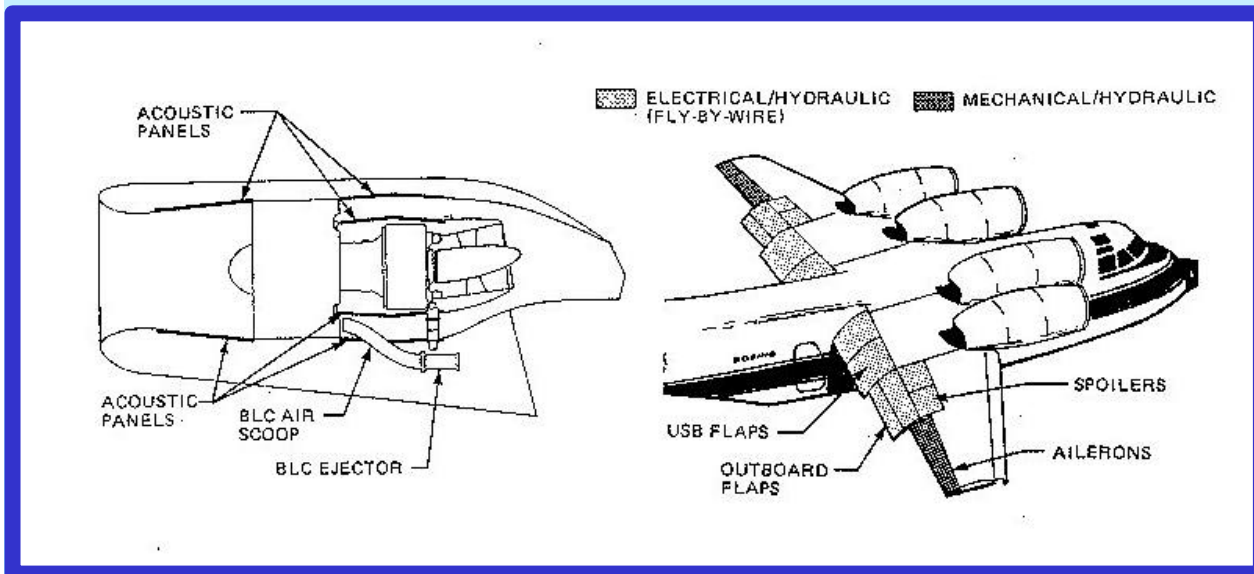
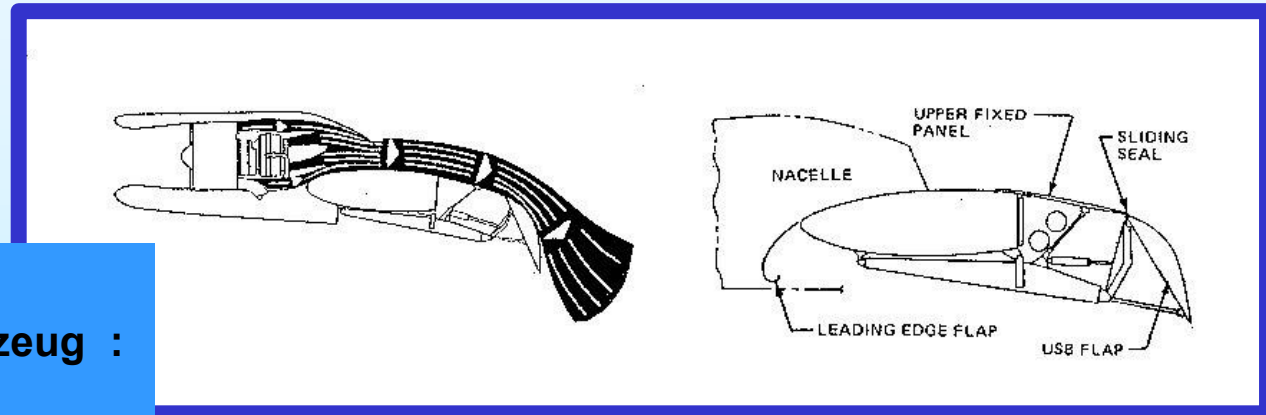
Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel



NASA/Boeing QSRA
(Quiet Short-Haul Research Aircraft)
STOL Experimentalflugzeug
4 Turbofans Avco Lycoming YF-102
mit je 6800 lb
Erstflug 6.7.1978

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel

**NASA/Boeing QSRA
 STOL Experimentalflugzeug :
 Einzelheiten**



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: ohne Pylon auf dem Flügel

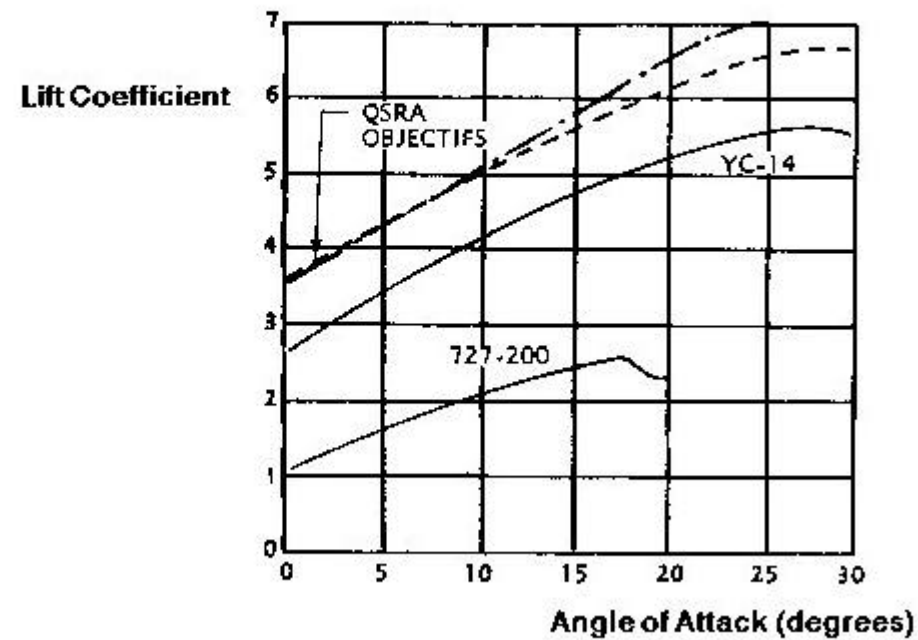


NAL Asuka (Aska)
STOL Versuchsflugzeug
(150 Sitzler geplant)
4 Turbofans FJR 710 mit je 9450 lb
Erstflug 28.10.1985
Ca,max bis über 4 erflogen

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: Verbesserter Hochauftrieb durch Lage auf dem Flügel

NASA/Boeing QSRA

Aerodynamics



Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: Zusammenfassung (1)

Triebwerke ohne Pylon unter dem Flügel	<ul style="list-style-type: none">+ Kein Pylongewicht- Interferenzen- Scheibenzerlegung/Dry Bay? Für heutige Bypassverhältnisse noch nie untersucht
Triebwerke im Flügel	<ul style="list-style-type: none">+ Bei Triebwerksausfall niedriges Moment- Hohe Verluste im langen Einlauf und langen Schubrohr- Totale Störung der Flügelstruktur? Bypassverhältnis 4.2 (BR710) schon sehr problematisch
Triebwerke im Rumpf	<ul style="list-style-type: none">+ Hohe aerodynamische Integration+ Bei Triebwerksausfall niedriges Moment- Ansaugung von Grenzschicht? Zwei-oder mehrmotorige Anordnungen schwer möglich
Triebwerke am Rumpf (nicht am Heck)	<ul style="list-style-type: none">+ Hohe Bypassverhältnisse möglich+ Bei Triebwerksausfall niedriges Moment- Struktur im Rumpf kann schwierig/schwer werden? Interferenzen wenig erforscht

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: Zusammenfassung (2)

- Triebwerke mit Pylon über dem Flügel**
- + Hohe Bypassverhältnisse möglich
 - + Lärmabschirmung durch den Flügel
 - + Hoher Schutz gegen Ansaugen von festen oder flüssigen Fremdobjekten
 - + Aerodynamische Auswirkungen zumeist positiv (wenn Pylon auf dem Flügel weit genug hinten liegt)
 - + Lange Gondeln kein Problem
 - + Flugzeugfahrwerk wird minimiert
 - + Rupfhöhe über Grund (sill height) wird minimiert
 - + Scheibenzerlegung verlangt kein Dry bay
 - Pylonkonstruktion aufwendiger

Unkonventionelle Triebwerksanordnungen: Zusammenfassung (3)

- | | |
|---|--|
| Triebwerke ohne Pylon
auf dem Flügel | <ul style="list-style-type: none">+ Hohe Bypassverhältnisse möglich+ Triebwerksstrahl vom Flügel abgeschirmt+ Höchste Auftriebsbeiwerte möglich+ Einfachster Schubumkehrer bis Stillstand einsetzbar+ Flugzeugfahrwerk wird minimiert+ Rumpfhöhe über Grund (sill height) wird minimiert+ Scheibenzerlegung verlangt kein Dry bay- Aufhängung und Integration mit dem Flügel höchst aufwendig |
|---|--|

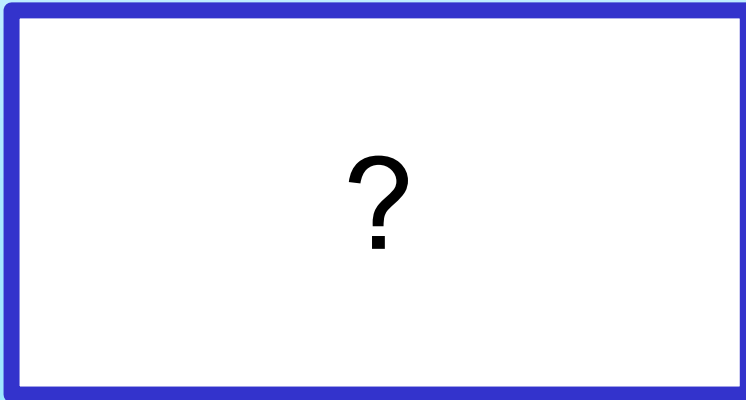
Unkonventionelle Flugzeugkonfigurationen: die Zukunft



The oblique flying wing



The joint wing

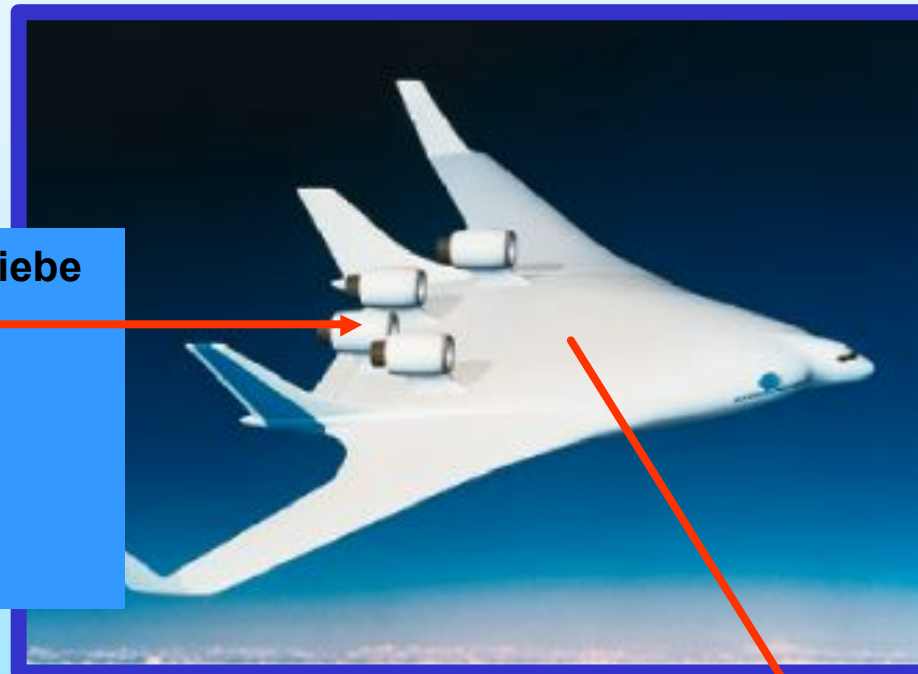


The low noise aircraft



The blended wing body

The blended wing body : Was kann man noch besser machen ?



**Turbofans mit Getriebe
BPR =12-15
Lange Gondel mit
Blütenmischer
Chevrondüse
Sonischer Einlauf**



**General Electric
Chevron Düse
Getestet am CF6-80C2
Lärmdämpfung 3dB**

**Anordnung der Triebwerke:
streng gestaffelt, weiter vorne
in der Mitte der Profiloberseite
zur Optimierung des Abschirmeffektes**

Monstervorstellung

Ende