

Der 728 JET und seine moderne Technologie

Einführung – Firmengeschichte von Fairchild Dornier – Grundlagen – Der Flügel –
Vergleich 728JET mit B 737 und A 320



Dieses „ Buch „ ist für den Seminarkurs geschrieben worden.
Es enthält Bildmaterial und Beschreibungen zum Projekt 728 JET von Fairchild Dornier.

1. Auflage 2003 (Jan.)

Copyright © by Daniel Delank, Lerchenstr. 47, 70176 Stuttgart
SEMINARKURS 02/03
Dillmann – Gymnasium, Forststr. 43, 70176 Stuttgart

Lektoren: Martin Eisele-Remppis, Ekkehard Villing, Werner Bühler
Innengestaltung: Daniel Delank
Druck: Daniel Delank
Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	5
2	Einführung	5
3	Geschichte (Fairchild -) Dornier	6
4	Die JET Familie.....	8
5	Der 728 JET.....	8
5.1	Passagierkomfort	9
5.2	Bauprojekt 728 JET	9
5.3	Technische Daten.....	10
5.3.1	Flugzeugsysteme	11
5.3.2	Flugkontrollsystem	11
5.3.3	Triebwerk	12
5.4	Abmessung und technische Daten.....	13
6	Der 728 JET und seine Flügelfächentechnologie	14
6.1	Produktion des Flügels.....	14
6.2	Form des Flügels.....	15
6.2.1	Aerodynamischer Prozess am 728JET.....	15
6.3	Intelligenter Flügel	16
6.4	Analyse der Flügelflächen.....	17
6.5	Auftriebserhöhung durch Klappen und Vorflügel	19
6.5.1	Funktion der Klappen	19
6.6	Vergleich mit Boeing B 737 – 900	19
6.7	Vergleich mit Airbus A 320 - 200.....	20
7	Fazit	21
8	Danksagung.....	22
9	Literaturverzeichnis	23
10	Anhang	24
10.1	Aktuelle Informationen.....	24
10.2	Abbildungsverzeichnis.....	25
11	Erklärung.....	29

1 Vorwort

Für mich stand schon früh mein Traumberuf fest : Als Pilot in einem Cockpit über den Wolken zu fliegen. Das Führen eines Flugzeuges ist mehr als der alte Menschheitstraum vom Fliegen, sich dem Erdboden zu lösen und der grenzenlosen Freiheit entgegen zu schweben . Ein Flugzeug zu fliegen ist eine verantwortungsvolle und abwechslungsreiche Tätigkeit. Kaum eine andere Arbeit wird von so vielen verschiedenen Sachgebieten beeinflusst, wie die des Flugzeugführers. Für mich bot sich die ideale Gelegenheit durch diese Seminararbeit mehr über Flugzeugtechnik zu erfahren, Hintergrundinformationen zu erlangen und Überlegungen der Techniker und Konstrukteure zu erforschen.

2 Einführung

Das Bestreben der Menschen, sich wie die Vögel in die Luft zu erheben, lässt sich weit ins Mittelalter hinein zurück verfolgen. Aus dem Unvermögen heraus, schrieb man diese Fähigkeiten Göttern und Sagengestalten zu, die über überirdische Kräfte verfügen.

So sollte jedem die Sage des Dädalus und Ikarus bekannt sein. Vater und Sohn wurden von König Minos auf der Insel Kreta gefangen gehalten. Um unbemerkt fliehen zu können, fertigten sie sich aus Vogelfedern und Wachs Flügel und erhoben sich damit in die Luft. Im jugendlichen Übermut kam Ikarus der Sonne zu nahe, das Wachs schmolz in den heißen Sonnenstrahlen. Die Federn lösten sich und der flugunfähige Sohn stürzte ins Meer. Dädalus aber gelangte auf dem Luftwege sicher nach Sizilien.

Es kann mit Sicherheit angenommen werden, dass es in jener Zeit keinem Menschen gelungen ist, wirklich zu fliegen. Wohl aber war die Sehnsucht danach von jeher Triebfeder, sich mit diesem Thema zu beschäftigen. Erst im Mittelalter, als der Menschenflug von der naturwissenschaftlichen Seite her erforscht und mit einer gewissen Systematik experimentiert wurde, sind beachtliche Anfangserfolge erzielt worden.

Leonardo da Vinci (1452 – 1519) führte Entwürfe aus, die grundlegend heute noch Gültigkeit haben, wie Drehflügler, Fallschirm und Flügelformen.

Im 18.-19. Jh. versuchten sich Meerwein (1785) und sein Schüler Jakob Degen (1806) in der Kunst des Fliegens. Der als Schneider von Ulm bekannt gewordene Albrecht Berblinger wurde nach seinem missratenen Versuch, die Donau zu überqueren, aus Ulm vertrieben.

Es würde zu weit führen, hier alle Unternehmungen aufzuführen. Die meisten Versuche scheiterten daran, dass es bis heute nicht möglich ist, sich mittels Muskelkraft und Schwinge erheben zu können.

3 Geschichte (Fairchild -) Dornier

Die Firmengeschichte Dorniers geht über 75 Jahre zurück ...

Claudius („Claude“) Dornier (*Abbildung 1*) wurde am 14. Mai 1884 in Kempten als Sohn deutsch-französischer Eltern geboren. Nachdem er in seiner Allgäuer Heimat die Schule besucht hatte, nahm Dornier ein Studium des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule München auf. Er schloss das Studium mit dem Diplom ab. Am 2. November 1910 begann der damals 26-jährige Diplom-Ingenieur Claude Dornier in der Versuchsabteilung der Luftschiffbau Zeppelin GmbH zu arbeiten. Bei dieser Arbeit entdeckte er sein Interesse an der Luftfahrt. Nach Kriegsbeginn (1. WK) verfolgte Graf Zeppelin das Ziel, nicht nur Luftschiffe zu entwerfen, sondern auch der Zukunftsvision von Riesenflugzeugen nachzugehen. Der Graf entwickelte einerseits große Landflugzeuge, andererseits gab er den Anstoß zu Claude Dorniers Flugboot – Konstruktionen. Im Dezember 1914 verließ Claude Dornier mit seinem Projekt „ Do „ die Fabrik von Zeppelin in Friedrichshafen und ging mit seinen Konstrukteuren und anderen Mitarbeitern nach Seemoos¹.

Am Seemooser Horn entstand eine hölzerne Flugzeugwerft mit Büros, die heute noch nahezu unverändert vom WYC (Württembergischer Yacht – Club) als "Jugendheim Claude Dornier " genutzt wird. Im Januar 1917 wurde die Abteilung um Claude Dornier eine eigenständige Gesellschaft im Zeppelin – Konzern. Kurz nach dieser Aufgliederung starb der alte Graf im Alter von 79 Jahren. Claude Dornier verlegte, aufgrund des Flugzeugbauverbots der Alliierten, seine Konstruktionsarbeiten nach Italien. Dort entstand die legendäre Wal. 1923 zog die inzwischen in Dornier Metallbauten GmbH umbenannte Firma weiter nach Manzell. Dort entstanden die Komet II und die Komet III, die ausschließlich im Ausland produziert wurden. Durch eine Wohnungsknappheit um Friedrichshafen entstand 1924 durch Initiative von Claude Dornier die sog. Dornier – Siedlung. In diesem Zeitraum wurden die berühmten Wal – Flugboote weiter entwickelt, mit denen 1926 Roald Amundsen den Nordpol überquerte. Claude entwickelte und baute 1929 das Flugschiff Do X (*Abbildung 2*), es war damals das größte Flugboot der Welt. Es ging wegen seiner zahlreichen Transatlantikflüge in die Fluggeschichte ein. 1932 erwarb Claude Dornier den gesamten Anteil der Dornier Metallbau GmbH. Die Produktion war so erfolgreich, dass neue Standorte erschlossen werden mussten.

Doch verlor Claude Dornier nach dem Zweiten Weltkrieg wichtige Standorte wie das Werk Manzell, das vollständig zerstört wurde. Dornier begann erneut, dieses mal in Lindau, Oberpfaffenhofen und Immenstaad. 1962 zog sich der Unternehmer aus der Leitung seines Konzerns zurück. Claude Dornier starb am 5. Dezember 1969 in Zug (Schweiz). Nach dem Tod seines Vaters übernahm Dornier junior, der schon seit geraumer Zeit die Verantwortung im Unternehmen übernommen hatte, die Firma. Er fügte dem Produktionsprogramm in den siebziger Jahren die Sparten Elektronik und Logistik, Wartung und Betreuung sowie Textil- und Sondermaschinen hinzu. In den achtziger Jahren gerieten die Familienmitglieder der Dorniers in heftigen Streit untereinander. 1984/85 steuerten die Querelen in der Familie, deren Dornier – Gruppe inzwischen annähernd 9000 Beschäftigte zählte und rund 1,5 Milliarden Mark erlöste, ihrem Höhepunkt entgegen. Wahllos wurden hochrangige Vorstände, wie Bernhard Schmidt und Manfred Fischer, von zerstrittenen Sippen gefeuert. Der Ruf der Firma drohte ernsthaft beschädigt zu werden und auch im Betrieb verschlechterte sich die Stimmung zusehends. Der Vorstand des Daimler – Benz Konzerns Edzard Reuter wollte mit Hilfe von Dornier aus der Stuttgarter Automobilfirma einen integrierten Technologiekonzern formen. Reuter trat mit den Dorniers in Verhandlungen und erwarb 1985 für eine horrend Summe von 440 Millionen Mark das traditionsreiche Familienunternehmen. Die neuen Eigner investierten 1 Milliarde US – Dollar in die Entwicklung eines neuen Flugzeuges, die Do 328. Obwohl dieser Turboprop zu den schnellsten und geräuschärmsten der Welt gehörte, fand sich kein Absatzmarkt. Im Jahre 1996 wurde die Firma von Fairchild Aviation aufgekauft. Der neue Chairman der Firma, Carl Albert, hatte erkannt, dass die Dornier 328 das beste Flugzeug seiner Klasse war. Er wusste jedoch, dass der Markt im Umschwung war und kam so zu dem Schluss, dass es von Vorteil sei, die 328 Turboprop auf einen Düsenantrieb (*Abbildung 3*) umzurüsten. Dies revolutionierte den Markt und war zugleich Geburtsstunde des 328JET, dem ein anderes innovatives Programm folgen sollte, die 728JET – Familie.

¹ Seemoos: Region um Friedrichshafen heute: Fischbach

4 Die JET Familie

In Zusammenarbeit mit führenden Airlines erarbeitete Fairchild Dornier in einer Definitionsphase neue Leistungsmerkmale für Luftfahrzeuge im Bereich der 55 bis 110 Sitzer, in diesem Marktsegment besteht eine beträchtliche Nachfrage. Das erarbeitete Konzept führte zu den Projekten 528JET, 728JET und 928JET einer neuartigen Regionaljet – Familie, die sich durch außergewöhnlichen Komfort und einer hohen Flottenkompatibilität auszeichnet. Zu erheblicher Effizienz und Kosteneinsparung führt die Standardisierung der Pilotenklassifizierung, der Wartungsprozeduren, der Werkzeuge, Ersatzteile und der Technikerbildungen. Das reduziert die Personal – , Wartungs – und Schulungskosten deutlich. Auch führt das Low – Wing – Design (Triebwerke am Flügel montiert) zu einer erforderlichen Field Performance, Steig – und Flugleistungen durch weniger Gewicht und Luftwiderstand. Derzeitig hat Fairchild Dornier Bestellungen und Optionen für die 728 JETs von Lufthansa City Line (Erstkunde) vorliegen, sowie zusätzlich eine Order der GECAS (General Electric Capital Aviation Services), zudem von der italienischen SA (Sol Air) und der Bavaria International Aircraft Leasing. Bavaria erteilt zusätzlich Bestellungen und Optionen für die 928JETs. Der 928JET (95 – 110 Sitze) bietet eine hohe Kompatibilität zum 728JET, das erleichtert eine Kombination beider Flugzeuge in einer Flotte. Diese baugleiche Familie ist für den Einsatz auf bis zu 3.000 km langen Strecken ausgelegt und sie bietet Platz für 55 bis 90 Passagiere . Als Basismuster aller 3 Typen wurde zuerst der 728JET für 70 Passagiere entwickelt. Mit dieser Jet – Familie bietet das Konsortium erstmals eine baugleiche Typenreihe in dieser Kategorie auf dem Weltmarkt an.

5 Der 728 JET

Das Model 728 JET von Fairchild Dornier gehört zu einer neuen Regionaljet – Familie, die aus den Projekten 528JET, 728JET und 928JET besteht. Der 728 JET wurde als Basismuster aller 3 Typen zuerst entwickelt (siehe oben). Dieser Jet dürfte neben dem Einsatz bei großen Regionalgesellschaften auch für große Liniengesellschaften interessant sein, wo ein Muster für schwächer ausgelegte Routen notwendig ist und ein A 320 oder eine Boeing 737 zu groß sind.

5.1 Passagierkomfort

Die Herausforderung, der sich Fairchild Dornier stellte, war eine komfortable Kabine zu erschaffen, die es den Airlines ermöglicht individuelle Spezifikationen durchführen zu können. Es gilt mehr Platz pro Mann (Passgier) zu erreichen: 3,25m Kabinenquerschnitt ermöglicht eine gemischte Anordnung von fünf [economy class] oder vier Sitzen [business class] nebeneinander. Eine Höhe von 2,05m ermöglicht es selbst überdurchschnittlich großen Personen aufrecht zu gehen. Breitere Sitze und Armlehnen sollen den Sitzkomfort steigern und der großzügig gestaltete Kopf- und Fußraum tragen zu einem angenehmen Flug bei. Große Gepäckfächer über den Sitzen ersparen lästiges Verstauen des Handgepäcks zwischen den Beinen. Die flexible Anordnung von 70 bis 85 Sitzen im 728JET erlaubt es den Airlines auf die aktuellen Passagierplatzzahlen einzugehen.

5.2 Bauprojekt 728 JET

Die Fertigung des 728JET wird in dem im Bau befindlichen Hangar 360 in Oberpfaffenhofen erfolgen. Diese Final Assembly Line hat eine Abmessung von 370 * 90 Meter. Nach der Fertigstellung dieser Produktionshalle wird die schon existierende Prototyphalle zur Kundenauslieferungshalle umfunktioniert.

Eine Neuheit im Produktionsablauf erleichtert es den Ingenieuren alle Fertigungsschritte zu überwachen. Hierbei wird der gesamte Fertigungsprozess bereits im Vorfeld digital designt und analysiert. Dies sichert Fairchild Dornier eine Spitzenstellung bei der Durchgängigkeit in der automatischen Fertigung im Sektor der Luftfahrtindustrie. Bestätigt wird dies durch die 100 % Passgenauigkeit der Rumpfsegmente bereits beim ersten Prototyp. Dieser Prozess ermöglicht es voll auf Zwischenlagen bei der Hülle zu verzichten und verlängert so die Lebensdauer der Zelle erheblich. Die Komplexität der Konstruktion verdeutlichen diese Zahlen: In der Kabine sind 140 Kabelbündel für die Elektrik verbaut. Die insgesamt 20km Kabel werden durch 30.000 Steckverbindungen verbunden.

Im Zuge der Entwicklungen wird ein sogenannter „ IRON BIRD „ verwendet. In diese „ Rohrkonstruktion „ sind alle elektrischen und hydraulischen Systeme inkl. eines voll funktionsfähigen Fahrwerks eingebaut und mit dem Cockpit verbunden.

Der Vorteil: Das Flugzeug kann bereits in der Entwicklungsphase am Boden „ geflogen „ (getestet) werden. Innerhalb dieser Testreihe werden bereits 1.000 Flugstunden gesammelt und das Fahrwerk mehr als 100mal aus- und eingefahren. Die Zertifizierung selbst wird mit 5 Flugzeugen abgewickelt. 2 davon bleiben nach der Flugerprobung bei Fairchild Dornier, die anderen 3 sind bereits Kundenflugzeuge. Um die Zulassung des 728-100 zu erlangen, werden insgesamt 1824 Flugstunden eingeplant. Vor dem Erstflug des Prototypen (Ende Juli 2002) waren folgende Programmtests vorgesehen:

„ Power On „ (dabei wurde zum ersten Mal die Elektrik und Hydraulik des Prototypen aktiviert), im Anschluss daran wurden Eigenschwingungstests, Kraftstoffsystemtests, Kalibrierungen, Notausstiegsdemonstrationen und Rollversuche durchgeführt. Während der Testflüge wurde der Prototyp mit 3 Tonnen Flugversuchsausrüstung, sowie mit einem Wasserballastsystem versehen. Im Gegensatz zu der Serienversion besitzen beide Prototypen aus Sicherheitsgründen, einen Notausstieg für das Cockpit-Personal. Die Zulassung selbst erfolgt nach JAR² Regeln. Diese Zulassung wird dann von 36 europäischen Ländern akzeptiert. Die amerikanische FAA³ delegiert den größten Teil der Nachweiserbringungen an das JAR Team. Dadurch war es auch möglich, dass der Dornier 328 JET seine FAA-Musterzulassung eine Stunde nach Erhalt der JAR Zulassung hatte.

Der Listenpreis einer 728-100 liegt bei ca. 26-27 Millionen US-Dollar.

5.3 Technische Daten

Zu den technischen Daten des 728-100 (in Klammer jeweils die dazugehörigen Daten des 728-200):

Der Antrieb erfolgt durch 2 General Electric CF34-8D3 Triebwerke mit einer Schubleistung von jeweils 55,6 kN (57,2 kN), das maximale Landegewicht beträgt 32.420 kg (35.250 kg), das Leergewicht 30.300kg (31.450 kg), die Treibstoffkapazität 10.100 kg und die maximale Zuladung 8.471 kg (9.266 kg). Das Cockpit ist das modernste derzeit am Markt befindliche und wurde in enger Zusammenarbeit mit den Launch Customern entwickelt. Die Anzeigen der Daten erfolgt auf 6 Stück 8*10 Zoll LCD Displays. Die Avionik selbst wird von Honeywell bezogen. In der Kabine finden bei einem Sitzabstand von 33 Zoll 75 Passagiere in einer 2+3 Konfiguration Platz.

² JAR: Joint Aviation Requirement (Europäische Luftfahrt Richtlinien)

³ FAA: Federal Aviation Agency (Luftfahrtbehörde der USA)

In einem Layout mit 8 First-Class Plätzen (2+2) können immerhin noch 68 Passagiere befördert werden. Die Höhe der geräumigen Kabine beträgt im Mittelgang 2,14 Meter. Beim Design der Overhead Bins wurde besonders auf die Bedürfnisse der Geschäftsreisenden Rücksicht genommen. Es können 51 Rollkoffer verstaut werden. Der Verzicht auf Notausstiege über den Tragflächen ermöglicht den Betreibern bzw. Bestellern des Flugzeuges ein variables Layout der Kabine, da nicht auf diese sonst vorhandenen Fixpunkte Rücksicht genommen werden muß. Für die Passagiere bedeutet dies den Entfall der unkomfortablen Reihen ohne Verstellmöglichkeit für die Rückenlehnen. Die Evakuierung der Insassen im Notfall erfolgt ausschließlich über die 4 Türen. Beim Design des Flugzeuges wurde aber auch auf kurze Turn-Around -Zeiten Wert gelegt. Ein Wert von 20 Minuten erscheint realistisch. So ist es zum Beispiel möglich gleichzeitig das Abwasser abzusaugen und die Frischwasserbehälter neu zu befüllen.

5.3.1 Flugzeugsysteme

Cockpit und Avionik: Das Primus Epic™ Avionics System von Honeywell verbindet alle Flugzeugsysteme miteinander und bietet verlässliche Datenverarbeitung , Anzeigen, Überwachung und Kontrolle mit zwei Cursors. Zukünftige Kommunikation- und Navigationssysteme können daran angeschlossen werden. Alle Zustandsdaten des Systems werden in einem kleinen zentralen Wartungscomputer verarbeitet. Sind Tätigkeiten notwendig, werden die entsprechenden Daten bei der nächsten Landung an den Bodenwartungsbetrieb weitergeleitet.⁴

5.3.2 Flugkontrollsystem

Die revolutionäre neue Technik der Maschine spiegelt sich auch im Cockpit wieder. Im Zentrum steht, wie in den neuen Airbussen, die Übermittlung der Pilotenbefehle an die Steuerorgane der Maschine. Zieht der Pilot in einem konventionell ausgestatteten Flugzeug an der Steuersäule, wird dieser Steuerwunsch auf mechanischem Weg zu den Stellmotoren an den Steuerflächen des Flugzeuges übertragen. Die Übertragung erfolgt über Seilzüge und Umlenkrollen. Auf diese Mechanik verzichteten Fairchild Dornier und Airbus weitgehend. Im 728JET wird der Steuerwunsch des Piloten in elektrische Signale umgewandelt, die dann über Kabel – englischsprachig „wires“ – an die Stellmotoren übertragen werden.

⁴ Artikel entnommen aus Flugzeugsysteme: www.Fairchild-Dornier.de

Für dieses System bürgerte sich der Name fly – by – wire ein. Da der nötige Kraftaufwand für die Piloten deutlich geringer ist, als bei einer konventionellen Steuerung, wurde dieses System im 728JET integriert. Bei Betätigung der Ruder werden elektronische Daten in den Computer des Flugsystems geleitet, wobei der Computer alle Befehle gegen prüft, so soll ein „Überziehen „ automatisch verhindert werden.

Für diese Entwicklung hat Fairchild Dornier mit führenden Herstellern auf der ganzen Welt Partnerschaften geschlossen:

- Primus © Epic Avionics System, Environmental Control System und Auxiliary Power Unit von Honeywell
- Räder, Reifen, Bremsen, Hydrauliksystem, Bremskontrollsystem und Bugradsteuerungssystem von BFGoodrich
- Aerospace Electrical System von Hamilton Sundstrand
- Hydraulisches System von Parker Aerospace

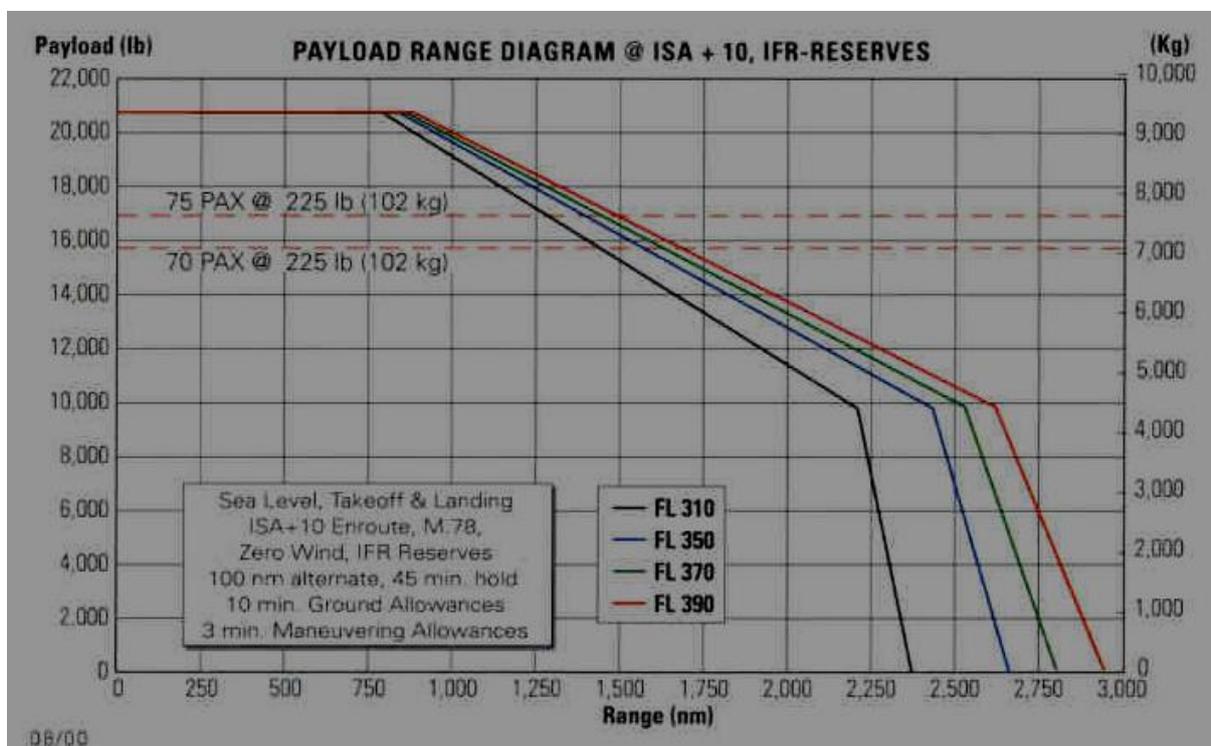
5.3.3 Triebwerk

Für den Antrieb des 728JET will man den Turbofan General Elektrik CF34-8D (*Abbildung 4*).verwenden, dieser bietet etwa 60 kN Standschub. Das Triebwerk hat eine Abmessung von 46,2" (= 117,3 cm) und hat sich als äußerst zuverlässig erwiesen. Es hat eine hohe Leistung und eine hervorragende Wirtschaftlichkeit.

5.4 Abmessung und technische Daten

Hier eine Auflistung in tabellarischer Form der Abmessungen, Leistungen und ein Payload – Range – Diagramm.

Abmessung und technische Daten: 728JET			
Spannweite:	27,12m	Rüstmasse:	20.000 Kg
Länge:	27,04m	Max. Startmasse:	34.900Kg
Höhe:	9,05m	Max. Landmasse:	32.500Kg
Flügelfläche:	75,00m ²	Max. Nutzmasse:	8.500Kg
Preis ca. Mill. US - \$	20,00	Tankkapazität:	11.900l
Reisegeschwindigkeit: 825Km/h Landegeschwindigkeit: 220Km/h Dienstgipfelhöhe: 12.500m Startstrecke über 15m Höhe: 1.500m Einsatzreichweite mit max. Nutzmasse: 1.800Km Reichweite mit vollen Tanks: 4.700Km Treibstoffverbrauch im Reiseflug: 1.700l/h Triebwerkanlage: 2 Mantelstromtriebwerke General Elektrik CF34-8D3 Mit je 59,1 kN Standschub Kategorie: Verkehrsflugzeug für Kurz- und Mittelstrecken, Passagiere 70, Crew 2/2			



Es sind Produktänderungen und Spezifikationen einzelner Abschnitte möglich, da der 728JET noch nicht in Produktion ist. Auch können Terminangaben aufgrund finanzieller Schwierigkeiten von Fairchild Dornier variieren. Aus diesem Grund habe ich im Anhang einen aktuellen Bericht beigefügt.

6 Der 728 JET und seine Flügelfächentechnologie

Der 728Jet ist eines der modernsten Flugzeuge unserer Zeit. Durch das Low – Wing Design mit an den Flügeln montierten Triebwerken und eine niedrige Konfiguration des Horizontal Stabilizers erreicht dieses Flugzeug besondere Flugleistungen.

6.1 Produktion des Flügels

Damit die Wirtschaftlichkeit zum Optimum wird, muss das Flugzeug möglichst leicht sein. Fairchild Dornier entwickelte darum eine spezielle Art des Flügelbaus:

Hierbei werden die „ Halbschalen „ mit Stringern integral gefräst und in einem zweiten Schritt umgeformt, um die aerodynamische Oberfläche zu kreieren.

Die wesentlichen Vorteile dieser Bauweise im Vergleich mit einer Fachwerkbauweise liegen in der

- hohen Materialausnutzung
- der extrem leichten Konstruktion und
- der optimalen Innenraumausnutzung, da dieser nicht durch Querstreben eingeschränkt wird (zusätzliche Tankkapazität).

Auch kann Fairchild Dornier durch die Halbschalenbauweise erheblich Nieten sparen, das bringt zusätzlich eine Gewichtersparnis. Die zunehmend neuen Werkstoffe wie CFK⁶ und AFK⁷ setzt Fairchild Dornier ebenfalls im neuen Flügelsystem des 728Jet ein. Durch die leistungsstärkeren und flexibleren Werkstoffe können mehr Teile billiger und einfacher vor Ort produziert werden. Dies bringt Kosteneinsparungen in der Produktion, aber auch Vorteile beim Verbauen, denn diese Stoffe können einfach in jegliche Form gebracht werden. Sie sind zudem leicht, dies macht sie für den Flugzeugbau ideal. Die Kombination aus kohlenstoff – und aramid - faserverstärkten Kunststoffen mit Metallen und den notwendigen Metalllegierungen und Harzen machen die 728 JET – Flügelfläche zu einer bisher einmaligen Konstruktion (*Abbildung 5*). Diese „ neuen “ Materialien werden umfangreich in den folgenden Bereichen gebraucht (*Abbildung 6*):

bei Seiten- und Höhenrudern, bei den innen- und außenliegenden Spoilern, bei den äußeren Querrudern, bei den Bugfahrwerkklappen, wie auch bei den Klappen des Hauptfahrwerks,

⁶ CFK (CFRP Composites = Carbon Fibre Reinforced Plastics; composites (engl.) = Verbund)

⁷ AFK (AFRP Composites = Aramid Fibre Reinforced Plastics)

bei der Flügel-Rumpf-Verbindung, bei den Triebwerksverkleidungen, bei den Klappenverkleidungen, bei Nase und Endstück der Seitenflosse, beim Endstück der Höhenflosse, bei der Kabinenverkleidung und dem Kabinenboden. Außerdem wird der 728 JET Kohlefaserbremsen besitzen. Diese Nutzung von ca. 4 t. Verbundwerkstoffen erwirkt eine definitive Gewichtsersparnis gegenüber konventionellen Metallstrukturen von 800 kg.

6.2 Form des Flügels

Der Nasenradius (Stirnfläche) und die Dickenrücklage wurde von Fairchild Dornier so gewählt, dass ein möglichst großer Übergangsbereich vom Beginn der Ablösung bis zum Überziehen vorherrscht. Dadurch erreicht man hohe Auftriebskräfte und ein gutmütiges Stall – Verhalten (Überziehverhalten). Diese Konfiguration erreicht zusätzlich einen vergleichsweise geringen Luftwiderstand. Die Form wurde so gestaltet, dass eine gewisse Schränkung »Verdrehung« in das Profil eingeformt wurde. So konnten die Ingenieure eine annähernd elliptische Form des Strömungsverlauf (so weit als möglich) erzielen. Dies trägt zu größerer Flugsicherheit bei, da die Querruder selbst bei kritischen Anstellwinkeln noch wirksam bleiben, auch wenn die Strömung in Rumpfnähe schon abgerissen ist. Zusätzlich wird dadurch der induzierte Widerstand vermindert.

6.2.1 Aerodynamischer Prozess am 728JET

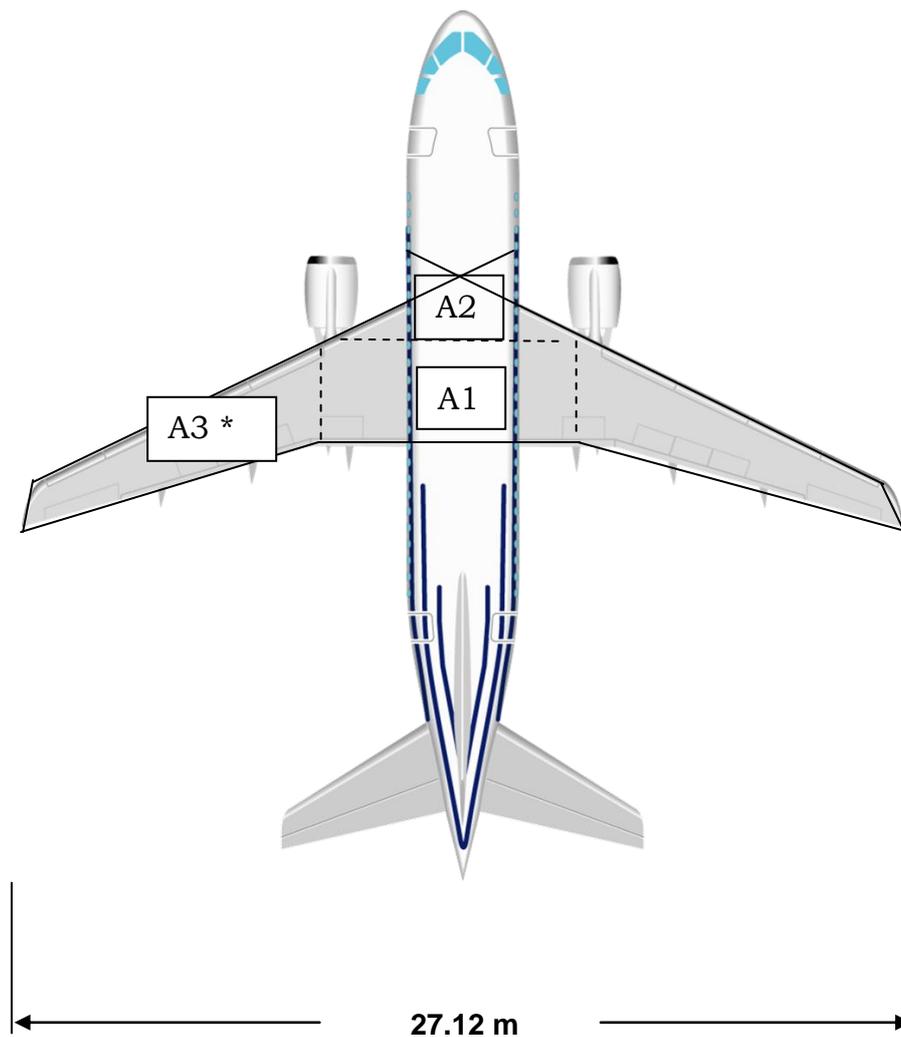
Durch weitreichende Tests im Windkanal fand man Schwachpunkte im aerodynamischen Profil, die aber durch eine verbesserte Konzeption erheblich verringert wurden. Die Flügelspitzen beispielsweise wurden mit einer leichten Spannweitenvergrößerung und einer neuen Geometrie ähnlich dem Programm TNT⁸ verbessert. Durch die verbesserten Flügelspitzen konnte der Widerstand, der durch den Druckausgleich am Flügelflächenende entsteht, minimiert werden. Auch wurden weitere Stellen aufgrund von lokalen Überschallbereichen , die zu einem Widerstandzuwachs und im Nachlauf zu weiteren negativen Auswirkungen auf die Grenzschichtdicke führen, verbessert. Damit konnte der Reisewiderstand des Flugzeuges um 4 bis 5 Prozent vermindert werden. (*Abbildung 7*)

⁸ TNT Tragflügel neuer Technologie

6.3 Intelligenter Flügel

Fairchild Dornier versuchte mit intelligenten Werkstoffen („ smart materials „) weitere Verbesserungen der Flügelfläche zu erreichen. Hierbei wollte man erreichen, dass sich der Flügel selbständig an die wechselnden Umweltbedingungen anpasst. Es sollten spezielle Keramiken und Kunststoffe verarbeitet werden, die mit Legierungen aus Nickel und Titan überzogen werden. Diese haben die Eigenschaft, nach der Verformung ihre alte Form unter Temperatureinfluss selbständig zurück zu erlangen. Diese fortschrittliche Technologie ermöglicht es jederzeit, die optimale Flügelform zu erlangen. Man versprach sich dadurch eine Treibstoffersparnis von 36 %. Doch die weiteren Experimente mit den Werkstoffen mussten wegen der begrenzten finanziellen Mittel ausgesetzt werden.

6.4 Analyse der Flügelflächen



Area:

$$A1 = 9,36 \text{ m} * 3,042 \text{ m} = 28,47312 \text{ m}^2$$

$$A2 = 9,36 \text{ m} * 5,148 \text{ m} * 0,5 = 24,09264 \text{ m}^2$$

$$A3 * 2 = 18,10422 \text{ m} * 2 = 36,20844 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ges}} = A1 + A2 + A3 \approx 88,77 \text{ m}^2$$

Chord:

$$t_m = S / b \quad \text{hier: } S = 88,77 \text{ m}^2 \quad b = 27,12 \text{ m}$$

damit ist $t_m \approx 3,27 \text{ m}$

Aspect Ratio:

$\Lambda = b^2 / S$ hier: siehe oben

damit ist $\Lambda \approx 8 : 1$

Taper Ratio:

$\lambda = t_a / t_i$ hier: $t_a = 1,404\text{m}$ $t_i = 4,446\text{ m}$

damit ist $\lambda \approx 1 : 3$

V – Stellung:



$V = 6^\circ$

Es liegt eine positive V – Stellung mit dem Winkel $V = + 6^\circ$ vor.

Berechnung von c_w :

$$c_w = c_{w0} + (C_a^2) / (\pi * \Lambda * e) \quad e = \text{Oswaldfaktor}$$

$c_a \approx 0,5$

damit ergibt sich nach dem Einsetzen ein c_w von 0,0182

Aus den Rechnungen gehen folgende Ergebnisse hervor:

- der 728 Jet hat ähnliche c_w und c_a Werte wie Airbus
- er hat eine kurze/ kleine b (Airbus 320: 34,10m)
- eine geringere max. Geschwindigkeit 825 km/h (Airbus 320: 900 km/h)
- durchschnittliche taper und aspect Werte

6.5 Auftriebserhöhung durch Klappen und Vorflügel

Die Tragflächen kann man zur Auftriebserhöhung vergrößern, indem Klappen ausgefahren werden (*Abbildung 8*). Dabei liegt nahe, dass die Klappen und Vorflügel in Form und Anordnung so auf das Profil abgestimmt werden, dass bei der Umströmung zugleich mit der Vergrößerung der Flügelfläche eine Erhöhung des Auftriebswertes erzielt wird. Als besondere Vorrichtung besitzt der 728 JET so genannte „ Krüger „ – Klappen. Sie werden in Kombination mit den anderen Landehilfen wie Flaps und Slats verwendet (*Abbildung 9*). Dieses Zusammenspiel der Landehilfen führt zu einer Erhöhung des Auftriebs um 120%. So lässt sich in den Phasen der Landung bzw. des Starts durch den enormen Auftrieb Kerosin einsparen. Auch im Reiseflug kann durch die Einnahme eines bestimmten Flugwinkels von ca. 3° eine enorme Menge Kerosin eingespart werden. Dies wird durch die Einstellungen im Höhenruder oder auch den Flaps erreicht.

6.5.1 Funktion der Klappen

Die Klappen sollen kombiniert eine Flächenvergrößerung und Wölbungserhöhung bewirken. Die größte Wirkung geht von den Flaps („ Fowlerklappe „) aus. Sie wird als Flügelteil nach hinten ausgefahren und angestellt. Selbst in der einfachen Ausführung verzeichnet sie bereits eine 90%ige Steigerung der Auftriebskraft. Kombiniert wird nun der Vorflügel mit den Krügerklappen eingesetzt, die die Wölbung noch weiter erhöhen sollen.

6.6 Vergleich mit Boeing B 737 – 900

Eines der bekanntesten Passagierflugzeuge ist wohl die Boeing⁹ 737, sie ist das kleinste Mitglied der Boeing – Familie, weshalb sie auch als „ Baby Boeing „ bezeichnet wird. Das neueste Modell aus der Boeing 737 – Familie ist das Modell - 900. Die 900er ist die größte je gebaute 737 und auch die modernste. Trotz der neuen Technik des „ fly by wire „ setzt Boeing auf die schweren und veralteten Seilanlagen für die Ruderbefehle. Auch die Anordnung der Avionik im Cockpit lässt zu wünschen übrig. Alle Anzeigen sind zwar digital, aber keinesfalls so gut sortiert wie im 728JET. Bei der Boeing737–900 (*Abbildung 10*) fallen sofort die überdimensionierten Flügelenden auf. Diese so genannten „ Winglets „ fungieren als Flügelverlängerung. Dadurch wird einerseits die Streckung erhöht, dies bedeutet eine direkte Minimierung des induzierten Widerstands.

⁹ Boeing: nach seinem Gründer William Boeing benanntes Luft – und Raumfahrtunternehmen, Sitz Seattle (Washington)

Außerdem wird noch zusätzlich durch die „ Ohren „ mehr Auftrieb erzeugt, dies ermöglicht einen kleineren Anstellwinkel. Dadurch erreicht man eine Kerosineinsparung, die sich dann entweder auf die payload (Zuladung) oder die range (Reichweite) auswirkt.

6.7 Vergleich mit Airbus A 320 - 200

Der A 320 ist der Bestseller unter den zahlreichen Produkten der Marke Airbus¹⁰. Gut vergleichen lässt sich der 728Jet mit dem Airbus A 320 – 200, denn beide haben vergleichbare Eigenschaften und Techniken. Der A 320 ist auch ein „ Low – Winger „ mit zwei unter den Flügeln aufgehängten Triebwerken. Diese Flügel haben eine hohe Streckung und sind somit hochbelastbar. Seine Steuerung funktioniert wie beim 728JET mit dem neuartigen „ fly by wire „Verfahren. Er ist wie der 728 JET für die Kurzstrecke ausgelegt und fasst ca. 150 Passagiere. Zur Gewichtseinsparung werden Verbundwerkstoffe als Komponenten verwendet, wie wir sie vom 728JET kennen. Wie bei der Boeing 737 fallen hier die besonderen Tragflächenenden auf (*Abbildung 11*). Der Airbus 320 verfügt über so genannte „ Endscheiben „ ! Diese dienen der Verhinderung der Randströmung, also der Minimierung des induzierten Widerstands (Randwirbel). Airbus fliegt mit einer kleineren Flügelfläche S , dies macht ihn langsamer . Das bedeutet bei gleichem Gewicht ein größeres c_a , was aber auch einen höheren c_w zur Folge hätte. Dies muss aber nicht bedeuten, dass der Gesamtwiderstand größer ist, da in diesem noch das Quadrat der Geschwindigkeit mit eingeht. Widerstand: $V = \delta / 2 * V^2$
Airbus fliegt mit einem Auftriebsbeiwert (c_a) von 0,5, Boeing im Vergleich dazu mit 0,3.

¹⁰ Airbus Industries: europ. Unternehmen der Luftfahrtindustrie (Aérospatiale, DASA, British Aerospace, CASA), gegründet 1970, Sitz in Blagnac (bei Toulouse in Frankreich)

7 Fazit

Fairchild Dornier ist mit der Entwicklung des 728JET ein perfektes Flugzeug gelungen, das verspricht international sehr erfolgreich zu sein. Das Konsortium schaffte es, trotz der begrenzten Mittel, so innovative Technologien zu entwickeln und neue Verarbeitungsmethoden einzuführen.

Beim Vergleich des 728 JET mit der Boeing 737 und dem Airbus 320 habe ich mir Gedanken dazu gemacht, ob nicht eine weitere Verbesserung der Flugflächenkonstruktion des 728 JET möglich wäre, wenn man die besonderen Flügelenden der Boeing 737 oder des Airbus 320 übertragen würde.

Ergänzt man die Flugflächenkonstruktion des 728 JET mit den „Winglets“ von Boeing, so könnte dies zu einer Steigerung der Range und zu weiteren Kosteneinsparungen führen.

Nach der Beziehung: $A = \delta / 2 * V^2 * C_a * S$ (Auftriebsgleichung)

lässt sich das leicht sehen. Wird S (Bezugsflügelfläche) erhöht, so wird A durch die Multiplikation in der gesamten Gleichung größer. Man hat also einen besseren Auftriebswert.

Alternativ wäre es möglich, die Flugflächenkonstruktion des 728 JET mit den „Endscheiben“ des Airbus 320 zu ergänzen (ohne Berücksichtigung des induzierten Widerstandes). Dies würde zu einer Widerstandsminderung führen, da der Luftmassenaustausch nicht mehr so leicht statt findet.

Die optimale Verbesserung der Flugflächenkonstruktion des 728 JET durch Ergänzung einer der oben genannten Komponenten wäre sicherlich möglich. Leider reichen meine Kenntnisse nicht aus, um Fairchild Dornier mit einer verbesserten Konstruktionsplänen aus der Krise zu helfen.

Besonders traurig stimmt mich, dass es Fairchild Dornier nicht möglich ist mit diesem Flugzeug der Spitzenklasse in Produktion zu gehen. Ich bin sicher, dass sich der 728 JET hätte etablieren können. Fairchild Dornier wünsche ich alles erdenklich Gute für die Zukunft und ich erhoffe mir, dass ich eines Tages in einem 728 JET über den Wolken fliege.

8 Danksagung

Während meiner langwierigen und auch schwierigen Recherchen hatte ich mit vielen Menschen und Institutionen Kontakt und bekam wichtige Unterlagen und Informationen. Mein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang der hervorragenden Sammlung technischer Arbeiten der Uni – Stuttgart, die mir sehr weitergeholfen haben. Weiterhin möchte ich zwei Herren danken, Herrn Dr. Jens Henkner, der mein Ansprechpartner bei Fairchild Dornier war. Er war es, der mir in zahlreichen E-Mails allgemeine Informationen (so weit als möglich) zugesandt hat. Auch gilt besonderen Dank meinem PPL-C Lehrer Jan Pfaff, der mir besonders in Fragen zur Aerodynamik beistand. Doch ohne die vielfältige Unterstützung durch meine Betreuer Martin Eisele-Remppis, Ekkehard Villing und Werner Bühler, die uns in die Anfertigung einer Seminararbeit eingeführt haben, wäre dies nur bedingt möglich gewesen.

Ohne den Zugang zu den oben genannten Institutionen und Personen und dem Stadtarchiv, insbesondere ohne den Zugang zum Internet wäre es mir unmöglich gewesen, stets gründliche und aktuelle Informationen über Entwicklungen und Technik zu beschaffen.

Die vorliegende Seminararbeit und die dazugehörigen Verzeichnisse wurden mit Hilfe des Textverarbeitungsprogramms MICROSOFT WORD formatiert. Die meisten Abbildungen wurden mit dem HP 750 PSC eingescannt und bearbeitet.

Diese Seminararbeit wurde im Rahmen eines Seminarkurses angefertigt. Das theoretische Wissen zum Erstellen einer Seminararbeit und die meisten Vorarbeiten wurden in diesem Rahmen erlernt und bearbeitet. Mich haben diese zahlreichen Stunden in kleiner Runde inspiriert und angeregt und auch neugierig gemacht. Ich hoffe, dass das Trio weiter besteht und vielen weiteren Klassen Wissen weiter vermitteln kann. DANKE !

9 Literaturverzeichnis

CD`ROMS:

- < Microsoft Encarta >, Enzyklopädie Plus 99
- < Microsoft FS 2002 >, Flugsimulation Professional 2002

Artikel in Zeitschriften:

- < Aero International >, „ Das Magazin der Zivilluftfahrt „, Nr. 5 Mai 2002 (D)
- < Aero International >, „ Das Magazin der Zivilluftfahrt „, Nr. 8 August 2002 (D)
- < Aero International >, „ Das Magazin der Zivilluftfahrt „, Nr. 1 Januar 2003 (D)
- < Aero International >, „ Das Magazin der Zivilluftfahrt „, Nr. 5 Mai 2003 (D)
- < Bericht > von Thomas Magenheim-Hörmann, Stuttgarter Zeitung (2003)
„ Dornier baut wieder Flieger „
- < Luft und Raumfahrt > DGLR, Heft 1- Januar bis März 2001, ISSN 0173-6264
- < Flugblatt > „ Das Stuttgarter Flughafenmagazin „, 2/2003

Index oder .html – Dateien:

- www.3sat.de
- www.aviation4u.de
- www.aviation.de
- www.airliners.net
- www.baadenweb.de
- www.bath.ac.uk
- www.Bridgeman Art library.com
- www.dfs.de
- www.dlr.de
- www.Fairchild Dornier .de / com
- www.flugsimulator.de
- www.flybernhard.de
- www.johannesroesler.de
- www.mpifr-mpg.de
- www.rasscass.de
- www.realschule.nordenham.de
- www.uni-stuttgart.de
- www.zdf.de
- ABI\Seminarkurs\Idee/Seminararbeit.html
- Google suche: „Claude Dornier“ / „Dornier 728“ / „Fairchild Dornier“ / „Technik 728 JET„

Romane:

- < Airframe > Michael Crichton „AIRFRAME“, Roman Goldmannverlag (D) ISBN 3-442-44263-x

Sachbücher + Lexika:

- < Airliner-Cockpits > von Frank Littek „ Pilotenarbeitsplätze aus acht Jahrzehnten GeraMond Verlag
- < Beruf Pilot > von Klaus-Jürgen Schwahn „ Anspruch und Wirklichkeit „ Motor buch Verlag
ISBN 3-613-02094-7
- < Das große Buch der Passagierflugzeuge > Motor buch Verlag 3. Auflage
- < Die Technik des modernen Verkehrsflugzeuges > von Klaus Hünecke Motor buch Verlag
- < Der Segelflugzeug Führer > Band 7 „ Aus – und Weiterbildung „ ISBN 3-921 270 -18 - 9
- < Flugtechnik > von Jürgen Mies „ Privatpilotenbibliothek“ Band 5
- < Großes Universal Taschen Lexikon > 10 Bände (2) – Compact Verlag München
- < Ianua Nova > 1.Neubearbeitung Verlag: Vandenhoeck und Ruprecht
- < Luftfahrzeugtechnik > von Ernst Götsch, Motor buch Verlag

10 Anhang

10.1 Aktuelle Informationen

Dornier baut wieder Flieger

Das insolvente Unternehmen Fairchild Dornier nimmt die Serienproduktion von Flugzeugen wieder auf. Rund 300 ehemalige Arbeitnehmer werden jetzt wieder eingestellt.

„Vom Neustart betroffen sei das Kleinflugzeug Do 328, kündigte der Käufer dieses Teils der Insolvenzmasse, der US – Unternehmer Ben Bartel, am Firmensitz in Oberpfaffenhofen bei München an. Nächstes Jahr sollen rund 20 neue Regionalflugzeuge dieses Typs aus den Werkshallen rollen. Dazu werde das Personal demnächst von derzeit noch 220 auf 450 bis 500 Mitarbeiter aufgestockt. Der neue Mehrheitseigentümer will das 30-sitzige Passagierflugzeug für mindestens sieben weitere Jahre produzieren. In dieser Zeit könne man 300 bis 500 Einheiten des Modells verkaufen, das 1998 seinen Jungfernflug hatte. Um die seit einigen Monaten auf Eis liegende Produktion wieder aufzutauen, will Bartel knapp 100 Millionen Dollar investieren, nachdem er das Programm soeben zusammen mit fünf Mitinvestoren für gut 100 Millionen Dollar erworben hat. Inklusiv der Übernahme anderer Unternehmensteile durch neue Eigentümer können voraussichtlich insgesamt bis zu 1600 der einmal 3600 Hightecharbeitsplätze vor den Toren Münchens gerettet werden. Über seine Beteiligungsfirma Avcraft hat Bartel nicht nur die Produktion der 328 sondern auch deren weltweites Service – Geschäft und die Rechte am Projekt 428 übernommen. Das ist eine auf 40 Sitzplätze erweiterte Version des Passagierjets. Mit der 328 könne man operativ bereits bei einem Absatz von zwölf Flugzeugen jährlich in die schwarzen Zahlen fliegen, sagte Bartel. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass Kunden angesichts der Marktflaute und der schwachen Position des Flugzeugbauers keine hohen Preisabschläge durchdrücken, warnen Branchenkenner. Derzeit gibt es laut Bartel Interessenten für 150 Flugzeuge. Die US-Investoren wollen weiterhin mit dem Firmennamen Fairchild Dornier am Markt bleiben und stehen dazu mit der einstigen Gründerfamilie Dornier in Verhandlung. Immerhin biete die 328 die einzige Chance, den in der Luftfahrtbranche klangvollen Namen Dornier zu erhalten, sagte Bartel. Fairchild Dornier war vor Jahresfrist in die Pleite geflogen. Mit der Zulieferung für den Großflugzeugbauer Airbus und dem Wartungsgeschäft sind zwei weitere Unternehmensteile an die Schweizerische Ruag verkauft worden. Kein Käufer fand sich dagegen für das Projekt 728, dessen hohe Entwicklungskosten für den Untergang der Oberpfaffenhofener hauptverantwortlich waren. Gespräche, die auf einen Verkauf des als Prototyp existierenden 70-Sitzers an einen chinesischen Flugzeugbauer zielen, hätten nur sehr geringe Chancen, schätzen der Chef des Pleiteunternehmens, Thomas Brandt“

Thomas Magenheim-Hörmann, Stuttgarter Zeitung (März 2003)
„ Dornier baut wieder Flieger „ <Bericht>

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Claudius Dornier



Abbildung 2: Do X



Abbildung 3: 328 JET



Abbildung 4: Triebwerk CF 34-8D

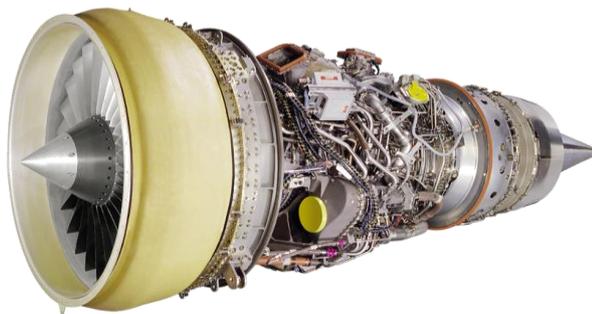
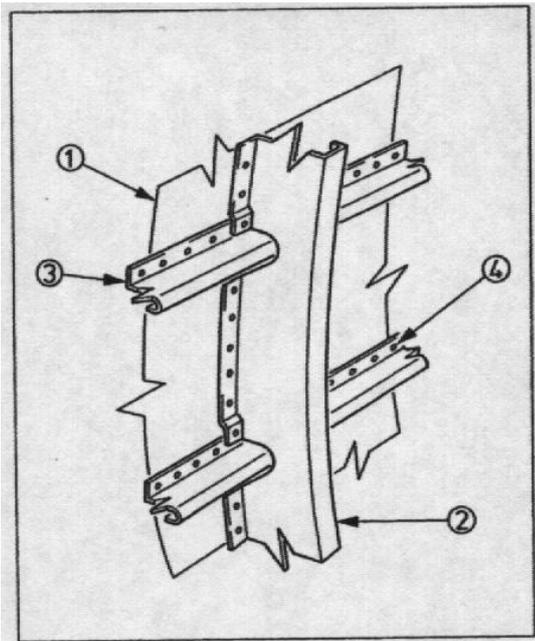
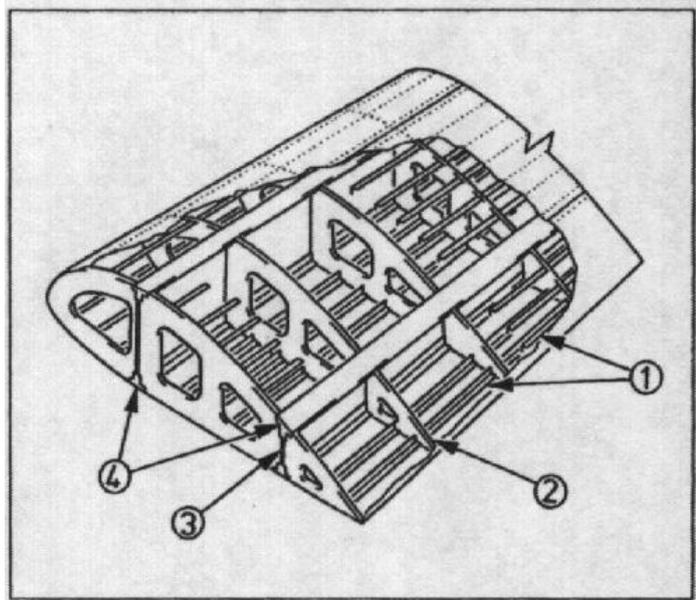


Abbildung 5: Bauweise:



(1) Beplankung,
(2) Spant, (3) Stringer, (4) Verbindungselement



(1) Hautversteifungen, (2) Rippe, (3) Steg, (4) Gurte

Abbildung 6: Der 728 Jet

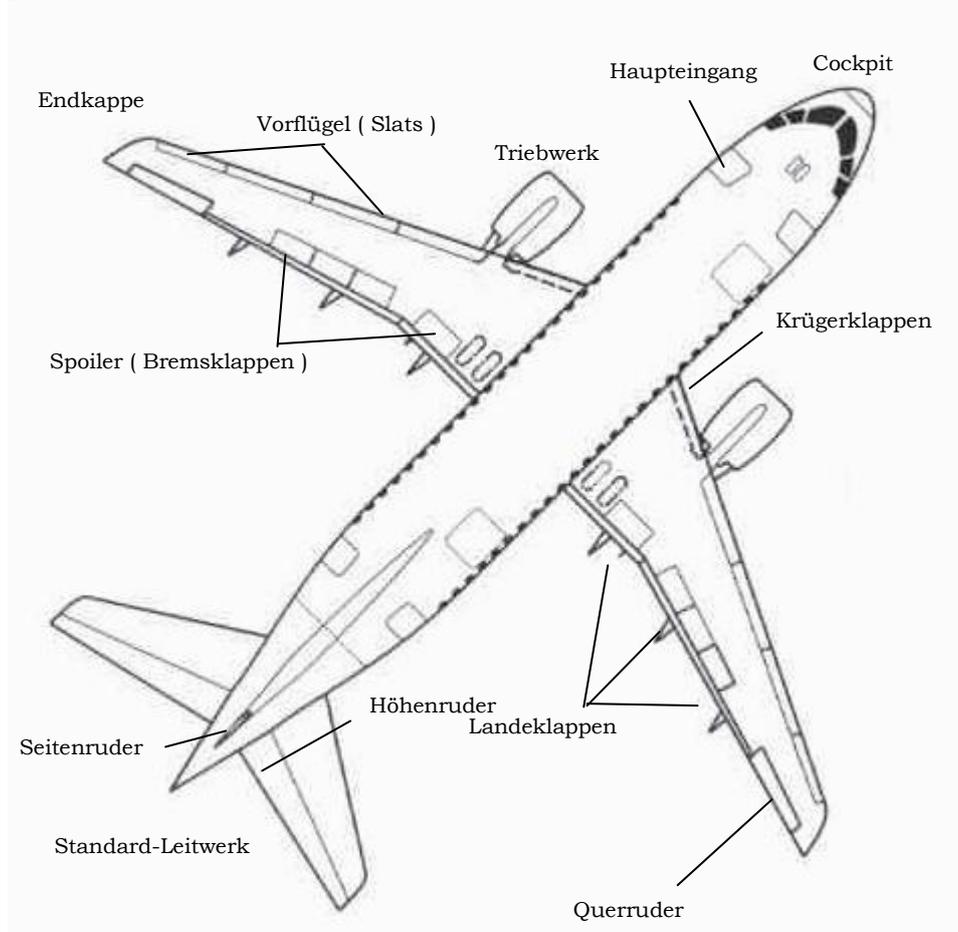


Abbildung 7:

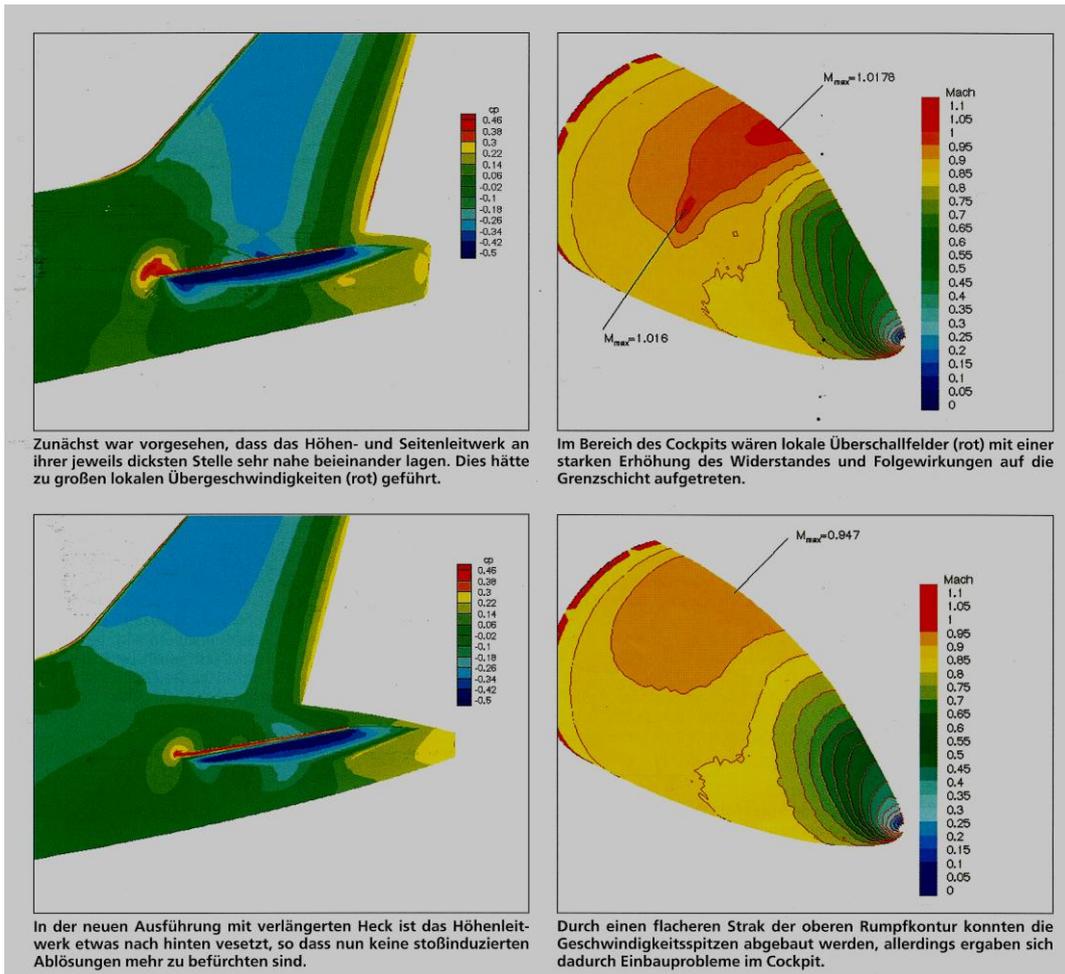


Abbildung 8: Aufbau einer Tragfläche: schematisch

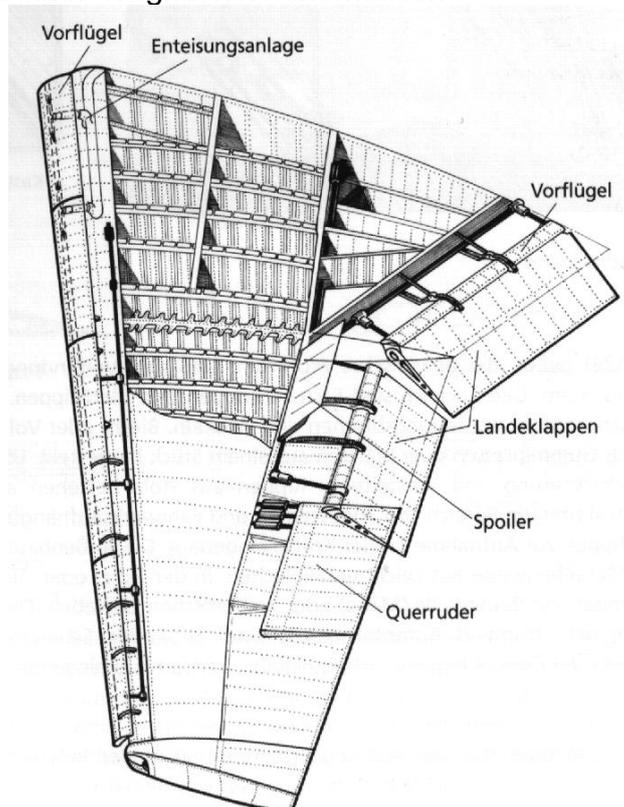


Abbildung 9: Gleichzeitige Bewegung der Flaps und Slats (Krüger – Klappen)

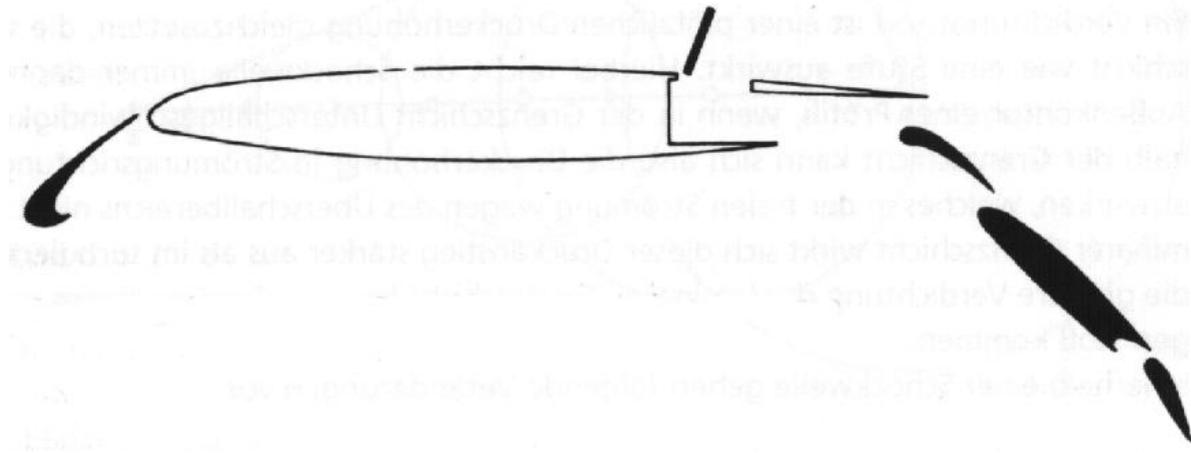


Abbildung 10: Boeing 737 – 900 (roter Kreis)



Abbildung 11: Airbus 320 – 200 (roter Kreis)



11 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Ort, Datum

Unterschrift