



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

Stand Frühjahr 2014 - Seite 1

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

North American XB-70 Valkyrie



AIC = 1.822.522X.10.33

North American XB-70 Valkyrie (deutsch *Walküre*) war der Name eines US-amerikanischen Versuchsflugzeugs von North American Aviation Anfang der 1960er-Jahre. Die XB-70 sollte die Machbarkeit eines strategischen Mach-3-Bombers aufzeigen, daher auch der Zusatz „X“ für „eXperimental status“ im Namen. Ursprünglich sollte die Maschine als Nachfolger der B-52 in Serie gehen. Das Projekt wurde aber vor dem Serienstart auf nur zwei Erprobungsträger reduziert. Die Eckdaten der

konzipierten Maschine entsprachen der damaligen Doktrin, die große Flughöhen und extrem große Geschwindigkeiten für zukünftigen erfolgreichen Einsatz als notwendig erachtete.

Entwicklungsziel

Die XB-70 wurde bei Projektstart in Konkurrenz zu den Interkontinentalraketen einerseits und zu nuklear angetriebenen Flugzeugen andererseits gesehen. Das Ziel der Indienststellung der B-70 wurde jedoch aufgegeben. Ausschlaggebend war das hohe Risiko, dem ein Flugzeug durch Flugabwehrraketen ausgesetzt ist. Gleichzeitig hatte die UdSSR erhebliche Fortschritte in der Radartechnik gemacht. Für ein VHF-Radar wäre die B-70 schon auf etliche hundert Kilometer Entfernung sichtbar gewesen. Mit dem Aufkommen ballistischer Raketen großer Reichweite und Tragfähigkeit führte man auf US-amerikanischer wie sowjetischer Seite wesentlich günstigere Interkontinentalraketen ein, die die B-70 genauso überflüssig machten wie die russische T-4. Trotzdem wurde die Entwicklung fortgesetzt, um experimentelle Erfahrungen zu sammeln. Die Forschungsergebnisse aus dem XB-70-Programm beeinflussten die US-Luftfahrt noch über Jahrzehnte hinweg.

Die Valkyrie ist gemessen an Größe und Geschwindigkeit eines der bemerkenswertesten Flugzeuge überhaupt. Technisch wies die XB-70 wie beispielsweise mit ihren sechs Strahltriebwerken viele Besonderheiten auf. Die Flügelspitzen konnten bei hohen Geschwindigkeiten um bis zu 65° nach unten geneigt werden, um den Widerstand zu verringern und die Stabilität zu verbessern. Bis heute sind dies die größten verstellbaren aerodynamischen Klappen an einem Flugzeug. Außerdem ist die Valkyrie eines der lautesten Flugzeuge, die jemals gebaut wurden. Verglichen mit anderen Flugzeugen dieser Geschwindigkeitsklasse, wie der Lockheed SR-71 Blackbird, ist die Valkyrie mehr als doppelt so groß.

Bei der XB-70 wurde zum ersten Mal bei einem Flugzeug Kompressionsauftrieb genutzt. Dabei wird die Schockwelle, die durch den Lufteinlauf entsteht, unter die Tragflächen geführt. So konnte ohne zusätzlichen Luftwiderstand beim Überschallflug der Auftrieb um 30% erhöht werden. Bei der XB-70 wurde dies zusätzlich durch die Tragflächenspitzen unterstützt, wenn sie voll heruntergeklappt waren, indem diese weitere 5% Kompressionsauftrieb erzeugten. Die heruntergeklappten Tragflächenspitzen erhöhten zusätzlich die Richtungsstabilität, sodass die XB-70 kleinere Seitenruder verwenden konnte, als es sonst möglich gewesen wäre. Erst so konnte man annehmbare Reichweiten bei Mach 3 erreichen.

Von der XB-70 wurden zwei Stück gebaut, eine dritte war kurz vor der Endmontage. Die erste Valkyrie AV/1 (USAF-Seriennr. 62-0001) flog zum ersten Mal am 21. September 1964, die zweite AV/2 am 17. Juli 1965. Ein Mach-3-Flug wurde erstmals am 14. Oktober 1965 durchgeführt, zeigte aber schwere strukturelle Schwächen der AV/1 auf, die daraufhin auf Mach 2,5 beschränkt wurde. Die AV/2 wies vielfältige technische



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

Stand Frühjahr 2014 - Seite 2

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

Verbesserungen auf und konnte dauerhaft mit Mach 3 fliegen, im Gegensatz zu anderen Kampfflugzeugen, die, wenn überhaupt, nur für wenige Minuten mit dieser hohen Geschwindigkeit fliegen können. Insgesamt wurden 128 Flüge absolviert, davon 82 mit der AV/1. Versuchsflüge und Roll-Outs waren spektakuläre Ereignisse und oft mit prominenten Gästen.

Es wurde auch ein Luftüberlegenheitsjäger entwickelt, der die B-70 während der ganzen Mission begleiten und beschützen sollte: die North American XF-108 Rapier. Sie kam jedoch nicht über das Projektstadium hinaus.

Projektverlauf

1955 fordert Airforce General Curtis LeMay ein Nachfolgemodell für die seiner Meinung nach ab 1965 auslaufende B-52 (die noch gar nicht eingeführt war!). Es sollte mit Überschallmarschgeschwindigkeit in den gegnerischen Luftraum eindringen und ab 1964 eingeführt werden. Das Projekt wurde unter dem Namen „CPA“ (chemical powered aircraft) WS-110A als B-70-Bomber gestartet. Geplant waren vom Strategic Air Command 250 Bomber, die laut dem US-Verteidigungsminister Robert McNamara (unter der Regierung John F. Kennedy) ca. 10 Mrd. US-Dollar kosten würden. Dies war ihm zu teuer und er stoppte 1961 das Projekt „B-70“ mit Rückendeckung von Kennedy. Da aber schon bis 1961 mehr als 360 Mio. US-Dollar an Forschung und Entwicklung ausgegeben waren und in Europa das Überschallflugzeug Concorde angekündigt worden war, einigte man sich auf den Bau von drei Erprobungsflugzeugen XB-70 AV-1 bis AV-3. Die beiden ersten Maschinen wurden auch gebaut und erprobt. Die dritte Maschine wurde jedoch kurz vor der Endmontage gestoppt. Maschine AV-1 und AV-2 waren als Erprobungsträger für Hochgeschwindigkeitsflug über Mach 3 und für Radartests entwickelt worden. Sie sollten die Grundlagen für das Projekt SST (Mach 3 schnelles Verkehrsflugzeug) erforschen. Die AV-3 war jedoch als Bomber B-70 mit vier Mann Besatzung, computergestützter Sternnavigation, IBM-Radar und -Digitalrechner und kurzen Bodenverweilzeiten (20 Minuten in der Luft ab Kaltstart und 7 Minuten zwischen Landung und erneutem Start) konzipiert. Das war wahrscheinlich auch mit der Grund für die nochmalige Verkleinerung des Projekts.

Konzept und Hauptschwachpunkt

Das Konzept sah einen strategischen Überschall-Nuklearbomber mit interkontinentaler Reichweite und extrem hoher Eindringgeschwindigkeit von dauerhaft mehr als Mach 3 vor. Die von Boeing und North American anfangs ins Spiel gebrachten Vorschläge lösten bei der USAF-Führung jedoch nur strikte Ablehnung aus. Boeing war bis dato der fast alleinige Hersteller für strategische Bomber (B-47 und B-52), aber der zweite Entwurf von North American machte schließlich aufgrund der langen Windkanalprüfung und des eindeutig besseren Konzepts (nur er nutzte den Kompressionsauftrieb) das Rennen um die mögliche Nachfolge der B-52. Die meisten Jets konnten ihre Höchstgeschwindigkeit nur sehr kurz halten. Die B-70 war für lange Flugzeiten mit Höchstgeschwindigkeit konzipiert. Zeitgleich wurden aber aufgrund umfangreicher Forschungsarbeiten von Lockheed für den Auftraggeber CIA viele grundlegende Erkenntnisse über die Ortung von Flugzeugen mittels Radar dazugewonnen. Diese Erkenntnisse sprachen gegen einen erfolgreichen Einsatz. Auch die anfangs als sicher vor Raketen geglaubte Reiseflughöhe stellte sich inzwischen als überholt dar. Das Bomberkonzept B-70 wurde daher schon relativ früh vor Baubeginn vom US-Verteidigungsministerium auf drei, später zwei Erprobungsflugzeuge reduziert.

Bauweise

Die XB-70 war ein Ganzmetall-Tiefdecker, zum größten Teil in Stahlsandwichbauweise mit Delta- und Entenflügeln. Dazu mussten grundlegend neue Verfahren, wie Elektronenstrahlschweißen im Vakuum für so große Baugruppen entwickelt werden. Die hohen zu erwartenden Temperaturen an Rumpf- und Flächenspitzen machten den Einsatz von Edelstahl und Titan notwendig. Das weniger temperaturbeständige Aluminium konnte nur in geringer exponierten und belasteten Bereichen verwendet werden. Edelstahl besitzt allerdings eine im Verhältnis zu seinem Gewicht geringere Festigkeit als Aluminium. Daher wurden viele Baugruppen zur Gewichtsreduktion in Wabenverbundbauweise hergestellt. Dies erhöhte die Entwicklungs- und Fertigungskosten dramatisch.

Triebwerke und Treibstoff

Die sechs General Electric YJ93-GE-3-Turbojet-Triebwerke der XB-70 gehörten zu den weltweit wenigen Triebwerken, die für Mach 3 ausgelegt wurden. Mit Nachbrenner erreichten sie zusammen fast 830 kN Schub. Die Triebwerke wurden aus dem GE J79(-X275) entwickelt und waren auch die Grundlage für das spätere GE4-Triebwerk. Bei Messflügen wurden Höhen von etwa 24.500 m (~75.000 ft) erreicht. Die YJ-93-



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

Stand Frühjahr 2014 - Seite 3

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

Triebwerke wurden für langen Betrieb mit Nachbrennern konzipiert. Der Treibstoffverbrauch steigt jedoch im Nachbrennerbetrieb auf fast das Dreifache an.

Nur durch die Verwendung von sogenannten High-Energy-Fuels (HEF) energiereichen Borantreibstoffen in den Nachbrennern, die im Reiseflug bei Mach 3 laufen sollten, wäre (nach den Planungen) die geforderte Reichweite möglich. Die einzelnen Treibstoffkandidaten in diesem Programm wurden durchnummeriert. Dazu sollte die XB-70 ursprünglich mit General Electric YJ93-GE-5-Turbojet-Triebwerken ausgestattet werden. Diese sollten in ihren Nachbrennern nicht JP-4, sondern das hochgiftige HEF-3 Ethyldekanol mit einem wesentlich höheren Heizwert von 25.000 BTU/lb (JP-4 hat nur einen Heizwert von 18.000 BTU/lb) verwenden. Für später plante man die Verwendung von HEF-4 Methyldekanol im ganzen Triebwerk. 1959 wurden die giftigen Borantreibstoffe gestrichen, wodurch dann das inzwischen neu entwickelte JP-6 im gesamten Triebwerk verwendet wurde. JP-6 besaß eine höhere Energiedichte als JP-4 und widerstand höheren Temperaturen. Mit einem zusätzlichen Tank konnte auch so die geplante Reichweite erreicht werden.

Je ein Lufteinlass versorgte über eine Expansionskammer drei Triebwerke. Die bei Höchstgeschwindigkeit sehr schnelle Luft wurde durch die zwei riesigen Einlässe in zwei große sich nach hinten weitende Kammern geführt, um die Geschwindigkeit beim Expandieren bis zum Turbineneintritt auf zulässige Werte zu reduzieren. Vor den Triebwerken waren oben am Rumpf Klappen angeordnet. Mit diesen konnte im Hochgeschwindigkeitsflug überschüssige Luft abgeleitet werden. Die scharfe Trennwand lenkte die Schockwellen bei über Mach 1 an den Einlässen vorbei. Die verwirbelte Grenzschicht von der Rumpfunterseite wurde am Einlass vorbeigelenkt. Die Spitze genau dieses Grenzschichtabscheiders vorne oben am Einlass löste sich bei einem Hochgeschwindigkeitstestflug, drang in den rechten Schacht ein, zerstörte Triebwerk Nr. 5 und beschädigte dabei auch die Zelle. Durch sofortiges Stilllegen konnte der Flug mit den restlichen Triebwerken sicher zu Ende geführt werden. Das relativ niedrige Schub-Gewicht-Verhältnis von 0,34 (Tonnen Schub auf eine Tonne Gewicht) machte sehr lange Startbahnen notwendig. Die hohe Differenz von 180 t zwischen dem Leergewicht (68 t) und dem maximalen Startgewicht (249 t) ließ jedoch auf gute Flugparameter beim Erreichen der Marschflughöhe schließen. Die Triebwerksaufhängungen und -anschlüsse waren so konzipiert, dass ein defektes Triebwerk auf dem Flugfeld in nur 25 Minuten getauscht werden konnte.

Fahrwerk

Das Dreibeinfahrwerk musste eine Startmasse von maximal 249 t tragen. Dazu war das Hauptfahrwerk mit je vier Hochdruckreifen ausgelegt. Diese wurden mit einer silberfarbenen Metallbeschichtung versehen, um die hohen Temperaturen im Flug vom empfindlichen Gummi abzuhalten. Den zwei riesigen Hauptfahrwerken standen jedoch nur zwei relativ kleine Fahrwerksschächte zwischen den Lufteinlässen zur Verfügung. Zum Einfahren wurden die Hauptfahrwerke in zwei Achsen um je 90° geschwenkt. Dieser Vorgang war sehr aufwendig, wurde lang getestet und optimiert, bereitete aber noch bei den ersten Flügen Probleme. Das Bugfahrwerk war mit Zwillingbereifung ausgeführt und klappte nach hinten ein. Es musste von der Hydraulik gegen den Luftstrom ausgefahren werden. Konstrukteure versuchen dies möglichst zu vermeiden, aber der sehr beschränkte Platz in den Lufteinlässen ließ keine andere Lösung zu. Aufgrund des hohen Landegewichts und der Landegeschwindigkeit wurden – um das Fahrwerk und die Reifen zu schonen – alle Landungen mit möglichst nur etwa 1,2 bis 1,5° Sinkwinkel durchgeführt.

Flugwerk und Flugeigenschaften

Ab etwa Mach 2,5 wurden die beiden Tragflächenenden bis maximal 64,5 beim ersten Prototyp und 69,5° beim zweiten nach unten geklappt. Dies erhöhte den Wirkungsgrad des Kompressionseffekts und verbesserte die Richtungsstabilität. Dadurch konnten wesentlich größere Reichweiten als mit herkömmlichen Konzepten erreicht werden. Der extrem lange und schlanke vordere Rumpf erzeugte bei Seitenwind ein hohes Giermoment (Drehmoment um die Hochachse). Der Schwer- und Auftriebspunkt lagen jedoch weit hinten. Um eine ausreichende Stabilität um die Hochachse zu erreichen, wurden zwei große hydraulisch betätigte Seitenleitwerke notwendig. Die ebenfalls hydraulisch angetriebenen Höhen- und Querruder wurden kombiniert als Elevon ausgeführt. Um die Verwirbelung und somit den Luftwiderstand zu reduzieren, wurden die Klappen mehrfach unterteilt und somit sehr schmal ausgeführt. Das reduzierte auch die Betätigungskräfte auf erträgliche Werte. Die herunterklappbaren Flächenenden erforderten eine aufwendige und starke Hydraulikanlage in den Tragflächen. Durch die Entenflügelbauweise mit dem sehr weit vorn liegenden



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

Stand Frühjahr 2014 - Seite 4

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

Höhenruder war das Überziehverhalten sehr gutmütig. Bei den Landungen bewirkte der typische Bodeneffekt von Deltaflüglern ein sehr weiches Aufsetzen. Die Langsamflugeigenschaften der XB-70 waren ebenso deltatypisch ausgesprochen gutmütig und besser als erwartet.

Tank

Die Tragflächen verfügten über drei Tanks pro Seite. Im Rumpf der XB-70 waren weitere fünf Tanks untergebracht. Bei der ersten XB-70 war jedoch einer der Rumpftanks nicht verwendbar. Eine Luftbetankung war für AV-1 und AV-2 nicht vorgesehen, während dies für die später stornierte Maschine AV-3 sogar bei Überschallgeschwindigkeit geplant war. Dazu sollte AV-2 zeitweise als Tanker umgerüstet und mit einem Tankausleger („Boom“) versehen werden. Bei diesem Konzept sollte im Einsatzfall eine B-70 als Tanker eine bis drei andere B-70 (als Bomber) begleiten und so deren Reichweite erhöhen. Ein ähnliches Einsatzkonzept wurde gut 15 Jahre später beim MRCA Panavia Tornado realisiert.

Um den bei steigender Geschwindigkeit nach hinten wandernden Auftriebspunkt auszugleichen, konnte Treibstoff im Flug nach hinten gepumpt werden, um den Schwerpunkt wieder deckungsgleich mit dem Auftriebspunkt zu bringen. Andernfalls hätte die Verschiebung aerodynamisch mit der Klappenstellung ausgetrimmt werden müssen. Das wiederum hätte den induzierten Luftwiderstand erhöht und somit die Geschwindigkeit und Reichweite reduziert.

Ein großes Problem war die hohe Längenausdehnung durch die Erwärmung beim Hochgeschwindigkeitsflug und somit das Abdichten der Tanks. Die Ausgasung der Treibstoffe wäre ein hohes Gefahrenpotential gewesen. Deshalb wurden die Tanks mit Stickstoff beaufschlagt, damit sich innerhalb der Tanks kein explosionsfähiges Treibstoff-Luft-Gemisch bilden konnte.

Rettungssystem

Bei Geschwindigkeiten über Mach 2+ ist ein herkömmlicher Schleudersitz nicht mehr ausreichend. Bei hoher Geschwindigkeit beschädigt der starke Luftzug beim Ausschuss den Druckanzug, was in der extrem dünnen Höhenluft zur sofortigen Dekompression und damit aller Wahrscheinlichkeit nach zum Tode geführt hätte.

Daher wurde eine Rettungskapsel wie bei der B-58 verwendet: Vor dem Ausschuss wurde der Schleudersitz in einer Schiene schnell nach hinten gefahren. Arme und Beine wurden durch Rückholgurte an den Körper herangezogen. Ein Schutzvisier klappte sich von hinten über den gesamten Schleudersitz samt Mann und bildete eine strömungsgünstige Kapsel. Erst danach wurde der so gekapselte Sitz nach oben abgeschossen. Nach dem Ausschuss musste sich die Schutzkapsel nach dem Erreichen niedrigerer Geschwindigkeiten wieder vom Sitz lösen. Ab diesem Zeitpunkt war es ein normaler Schleudersitz, der den Piloten über die Sitztrennung freigibt. Ein sehr aufwendiges und kompliziertes Verfahren, das aber angesichts der angepeilten Einsatzdaten notwendig war.

Beim Absturz der Maschine Nr. 2 rettete das System zwar das Leben des Piloten Al White, aber es verletzte seinen rechten Ellenbogen schwer. Aufgrund der starken Fliehkräfte beim Trudeln konnte der Copilot Carl Cross ent weder das System nicht mehr auslösen oder es versagte bei ihm.

Zuladung

Um den Luftwiderstand und das Radarecho niedrig zu halten und die Reichweite möglichst hoch zu bringen, mussten die konzipierten Waffenzuladungen in einem internen Bombenschacht mit großen Klappen mitgeführt werden. Diese unbenutzten Räume nahmen während der Erprobung die damals noch schweren Messgeräte und Sensorik auf. Das maximale Startgewicht lag um 266 % über dem Leergewicht, was auf einen extremen Leichtbau bei hoher Tankkapazität und Zuladung schließen lässt.

Bau und Erprobung

Die beiden Versuchsflugzeuge wurden nacheinander gebaut: In Maschine 2 flossen direkt die Erfahrungen aus dem Bau der Maschine 1 ein. Viele Verfahren mussten erst entwickelt werden, da keinerlei vergleichbare Technologien zur Verfügung standen. Bei der Erprobung wurde bei einem Hochgeschwindigkeitsflug dauerhaft mehr als 15 Minuten lang Mach 3 geflogen, was eine auch für heutige Verhältnisse lange Zeit darstellte.



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

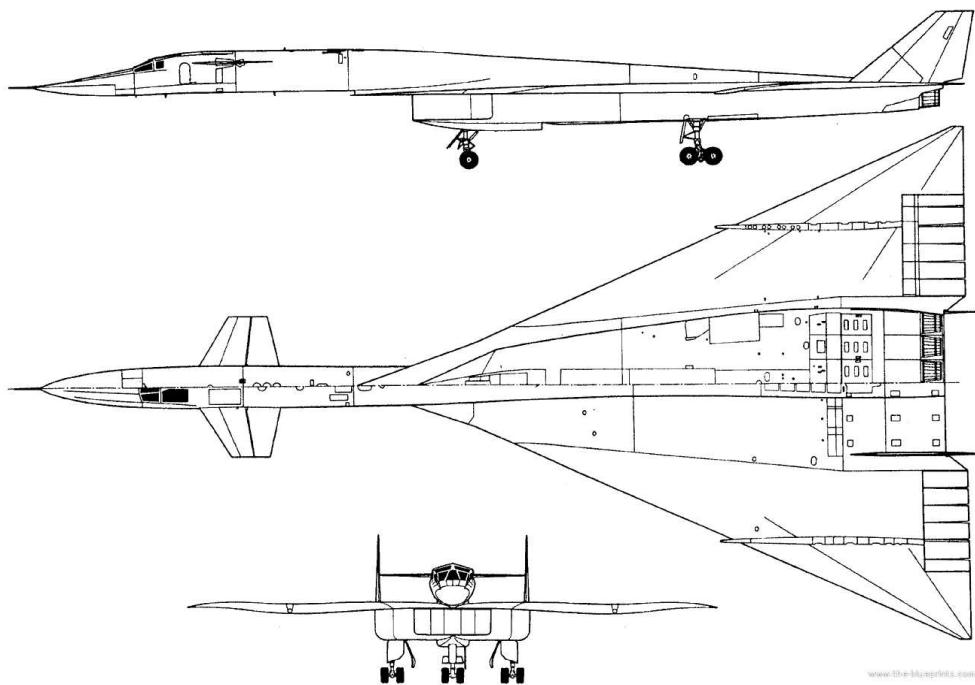
Stand Frühjahr 2014 - Seite 5

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

Technische Daten

Kennung:	XB-70A Valkyrie
Typ:	Prototyp schwerer strategischer Hochgeschwindigkeitsbomber
Länge:	59,74 m
Flügelspannweite:	32,03 m
Höhe:	9,12 m
Tragflügelfläche:	585,62 m ²
Flächenbelastung:	414,7 kg/m ²
Leermasse:	ca. 68.400 kg
normales Startgewicht:	238.350 kg
maximales Startgewicht:	249.500 kg
Marschgeschwindigkeit:	3.163 km/h
Höchstgeschwindigkeit:	Mach 3,08 bzw. 3.249 km/h in 22.250 m Höhe
Dienstgipfelhöhe:	21.336 m
maximale Flughöhe:	24.385 m
Flugreichweite:	12.067 km
Bewaffnung:	bis zu 14 nukleare Freifallbomben in internen Waffenschacht
Triebwerk:	sechs General Electric YJ93-GE-3-Strahltriebwerke mit je 137,9 kN
Schubkraft-Gewicht-Verhältnis:	0,338 (bei Leergewicht 1,233)



Was Sie schon immer mal wissen wollten – oder die letzten Geheimnisse der Luftfahrt

Eine lose Folge von Dokumentationen vom Luftfahrtmuseum Hannover-Laatzten

Stand Frühjahr 2014 - Seite 6

Diese Dokumentationen werden Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt und erscheinen in einer losen Folge von Zeiträumen.

Compiled and edited by Johannes Wehrmann 2014 Source of Details Wikipedia and Internet

