North American X-15

Mit dem Raketenflugzeug bis in den Weltraum

Noch bevor die ersten Astronauten mit Raketen ins All geschossen wurden, sollten mit der X-15 Erfahrungen im Grenzbereich zwischen Erde und Weltraum gemacht werden. Die Idee entstand schon 1945 in Deuschland – aber erst modernste Technik in den USA konnte solch ein Flugzeug realisieren. *Uwe W. Jack*

Die zweite von drei gebauten X-15, die 66671, wurde am Ende ihrer Karriere mit einem längeren Rumpf und Zusatztanks ausgerüstet.

Fotos und Abbildungen: wenn nicht anders bezeichnet - NASA/North American/U.S. Air Force

Die erste von drei X-15, die Nummer 66670, trägt für die Werkserprobung eine Pitotsonde am Bug.

Unten: 1952 wurde das Modell einer deutschen A9 in den USA im Windkanal erprobt.
Rechts: Bemannte Rakete mit Flügeln aus Peenemünde. Zeichnung aus einem alliierten Verhörprotokoll vom Ende Mai 1945.

Die amerikanischen Luftfahrtspezialisten in Garmisch-Patenkirchen werden nicht schlecht gestaunt haben, als ihnen im Mai 1945 die verhörten Raketenleute aus Peenemünde die saubere Zeichnung einer Rakete A4 (V2) mit Flügeln, einem Cockpit mit einem Insassen, Fahrwerken und einem zusätzlichen Staustrahltriebwerk auf den Tisch legten. Dabei erklärten die deutschen Gefangenen, dieses Flugzeug, genannt „bemanntes Aggregat A9", könne über 4000 km/h schnell fliegen und bis an die Grenze des Weltraums vorstoßen. Der Bericht wurde kommentarlos mit all den anderen mehr als 700 Seiten Verhörprotokolle über die deutsche Raketenforschung zu einem Buch zusammengebunden und in die USA geschickt. Dort beeindruckte dieses Projekt einer bemannten Rakete einen jungen Ingenieur aus China. Tsien Hsue-sen war ein Schüler von Theodore von Kármán und vom Gedanken an die Raumfahrt begeistert. Am California Institute of Technology (Caltech) war Tsien seit 1944 damit beschäftig, die deutsche Raketentechnik zu analysieren und Anwendungen für das amerikanische Militär zu finden. Er entwarf eine amerikanische Version der bemannten Rakete, die mit 24 m länger ausfiel als das A9 mit etwa 16 m. Auch plante Tsien sein Forschungsflugzeug ohne zusätzliches Staustrahltriebwerk. Eine noch größere Version schlug Tsien dann 1949 als Passagiertransporter für den Flug über den Atlantik vor. Wenig später bewarb sich Tsien um die amerikanische Staatsbürgerschaft, wurde aber in der damals herrschenden Anti-Kommunismus-Stimmung wegen seiner chinesischen Abkunft als Kommunist verdächtigt und verlor seine Arbeitsstelle. Als er nach China ausreisen wollte, wurde er wegen angeblich geplanten Geheimnisverrats verhaftet und musste bis 1955 ins Gefängnis. Gegen amerikanische Kriegsgefangene des Koreakrieges ausgetauscht, baute er dann in China das dortige Raumfahrtprogramm

Foto: Ames Research Center

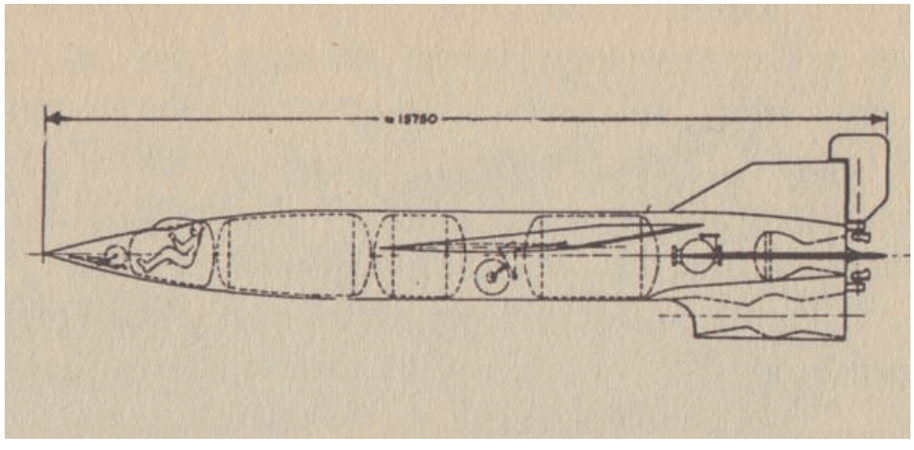
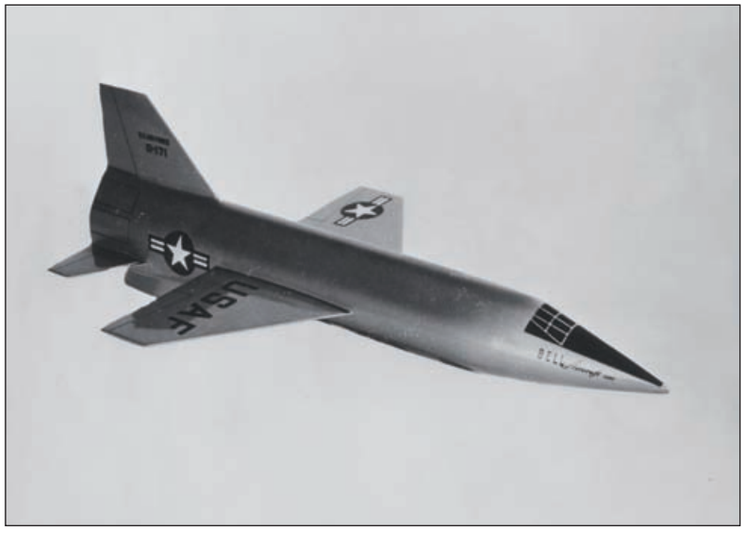
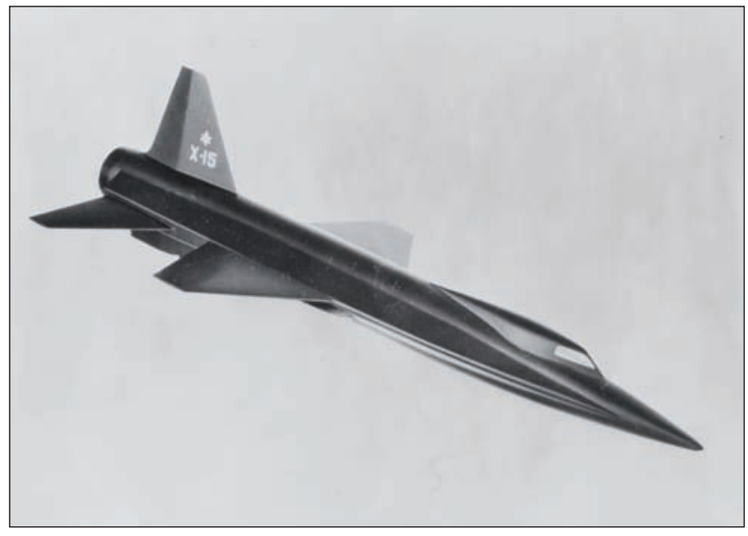


Abbildung: Sammlung Uwe W. Jack





Die vier Konkurrenten im X-15-Wettbewerb: Bell (links oben), Douglas (rechts oben), Republic (links unten) und North American (rechts unten).

auf. Er gilt heute zusammen mit Wernher von Braun und Sergei Koroljow als ein Mitglied des Dreigestirns, welches der Raumfahrt zum Durchbruch verhalf.

Raketenflugzeuge für neue Rekorde

Die Entwürfe von Tsien lagen in den Jahren vor 1950 völlig außerhalb des Machbaren, selbst der amerikanischen Luftfahrtindustrie. Der Raketenantrieb bot aber die Möglichkeiten, kleine Flugzeuge kurzzeitig sehr stark zu beschleunigen und so Erfahrungen in Geschwindigkeitsbereichen zu erhalten, die Luftstrahlantriebe – noch – nicht erreichen konnten. Den Anfang machte die Bell X-1. Mit dem wie eine Granate geformten Flugzeug X-1 durchbrach Charles Yeager am 14. Oktober 1947 erstmals die Schallmauer. Der Nachfolgetyp, die raketengetriebene X-2, sollte sogar dreifache Schallgeschwindigkeit erreichen. Mit der X-3 mit Luftstrahltriebwerken sollte dies ebenfalls erreicht werden. Die Triebwerke erwiesen sich aber als zu schwach und das X-3-Programm wurde abgebrochen. Im Jahr 1952 hatte die NACA (heute NASA) eine Studiengruppe gegründet, die sich mit den weiteren Aussichten in der Luftfahrtentwicklung befasste. Diese legte auf Vorschlag von Walter Dornberger, dem ehemaligen Kommandeur

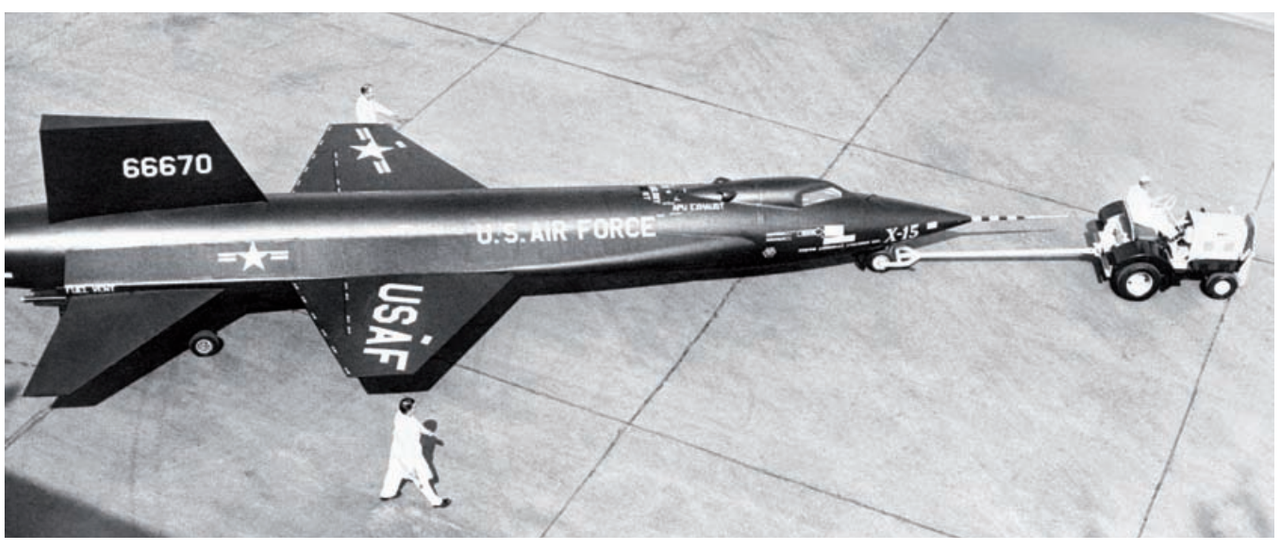
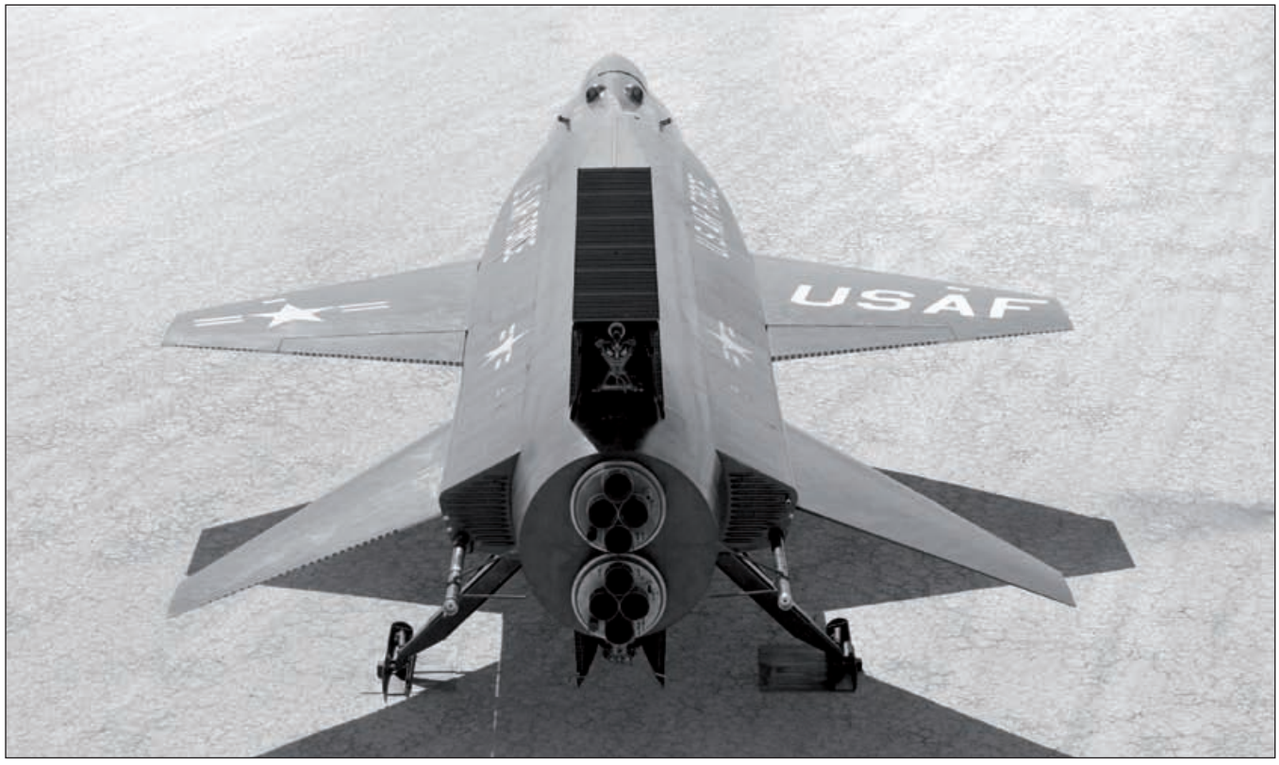


Foto: Archiv Heinz J. Nowarra

Die erste X-15 wird für einen Werksflug zur Trägermaschine gezogen.



Die ersten Flüge wurden mit dem schwachen Triebwerk XLR11 durchgeführt, von dem zwei Stück mit je vier Brennkammern eingebaut wurden. Die breite Hinterkante des Seitenleitwerks ist beachtenswert.

von Peenemünde (jetzt bei Bell arbeitend), das Projekt eines Versuchsflugzeugs vor, welches den Geschwindigkeitsbereich ab Mach 4, möglichst bis Mach 10, und Flughöhen bis zu 50 Meilen (80 km, der Grenze zum Weltraum) erforschen sollte. Dabei würde die Maschine nicht selbst vom Boden aus starten, sondern, wie ihre Vorgänger, von einem Flugzeug auf Starthöhe geschleppt werden. Die bisher genutzte B-29 war nicht leistungsfähig genug, um das große, neue Raketenflugzeug zu tragen. Deswegen wurde die größere B-36 als Träger ausgewählt.

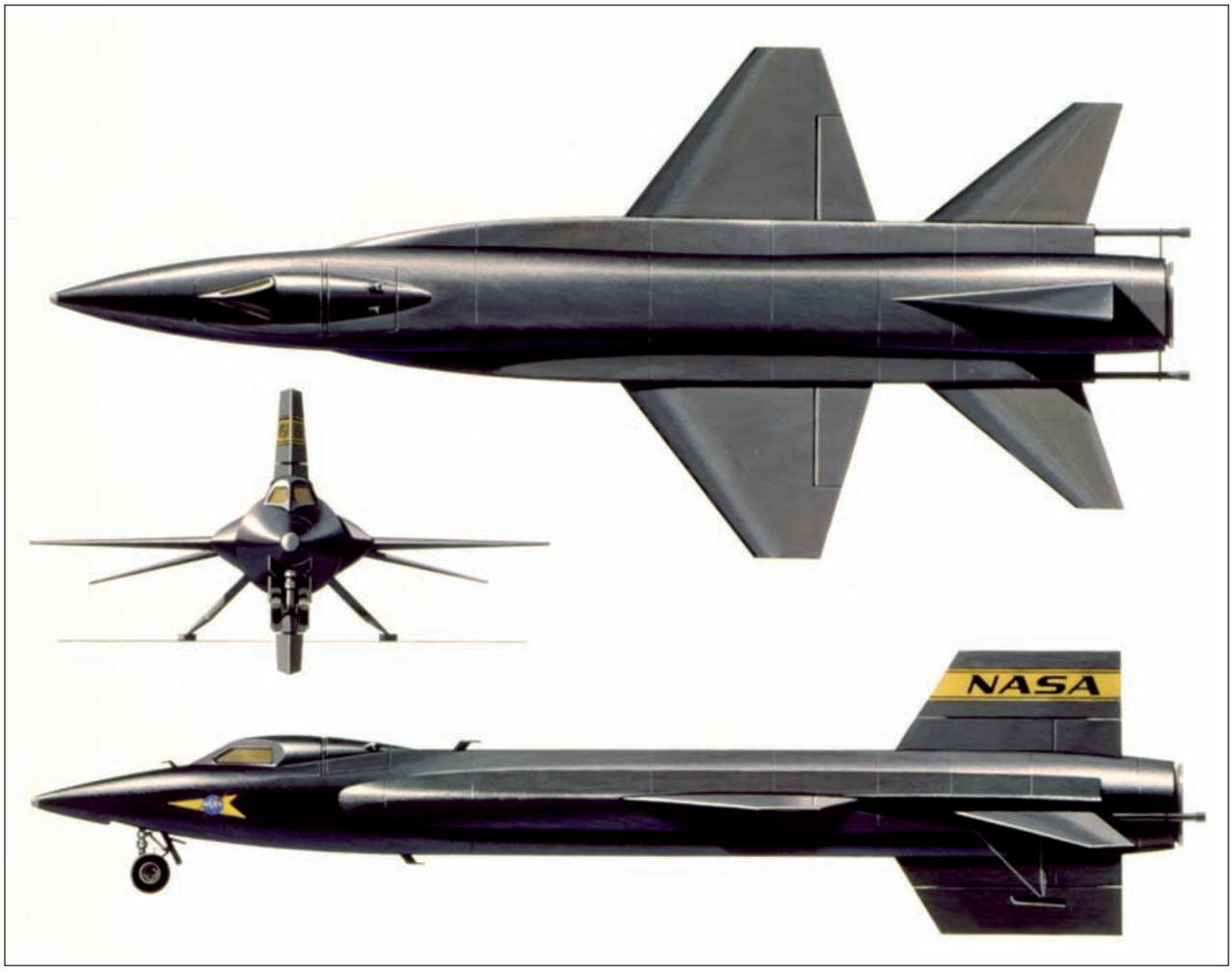
Bei der Planung für das neue Raketen-Flugzeug taten sich völlig neue Probleme auf. Beim deutlichen Überschreiten der Hitzemauer bei Mach 2,7 mussten die Zelle und alle System resistent gegen die Hitze sein und die Ausdehnung der Außenhaut musste irgendwie aufgefangen werden. Beim Flug in Höhen, in den so gut wie keine Luft mehr vorhanden war, waren Luftruder nutzlos. Es musste also ein Steuersystem mit kleinen Raketendüsen entworfen werden, welches dann die Lagekontrolle für das Flugzeug übernahm. Dem Piloten musste den ganzen Flug über ein Lebenserhaltungssystem zur Verfügung gestellt werden. Und es musste ein sicheres, aber sehr leistungsfähiges Raketentriebwerk gefunden werden, welches ein Flugzeug auf solche Geschwindigkeiten beschleunigen konnte. Verschiedene Luftfahrtfirmen machten sich intern an Studien.

Am 9. Juli 1954 rief die NACA alle interessierten Firmen, Militär- und Forschungsstellen zusammen, um den Stand der Dinge zu diskutieren. Man war einhellig der Meinung, die Probleme bei der Schaffung eines solchen Hochgeschwindigkeits-Flugzeugs könnten gelöst werden. Douglas legte ein Konzept für ein solches Flugzeug vor, die D-558-III. Die Maschine sollte Mach 7+ und eine Flughöhe von bis zu 200 km erreichen. Ungeklärt war allerdings noch der Hitzeschutz beim Wiedereintritt in die Atmosphäre. Bei einer Präsentation der bisherigen

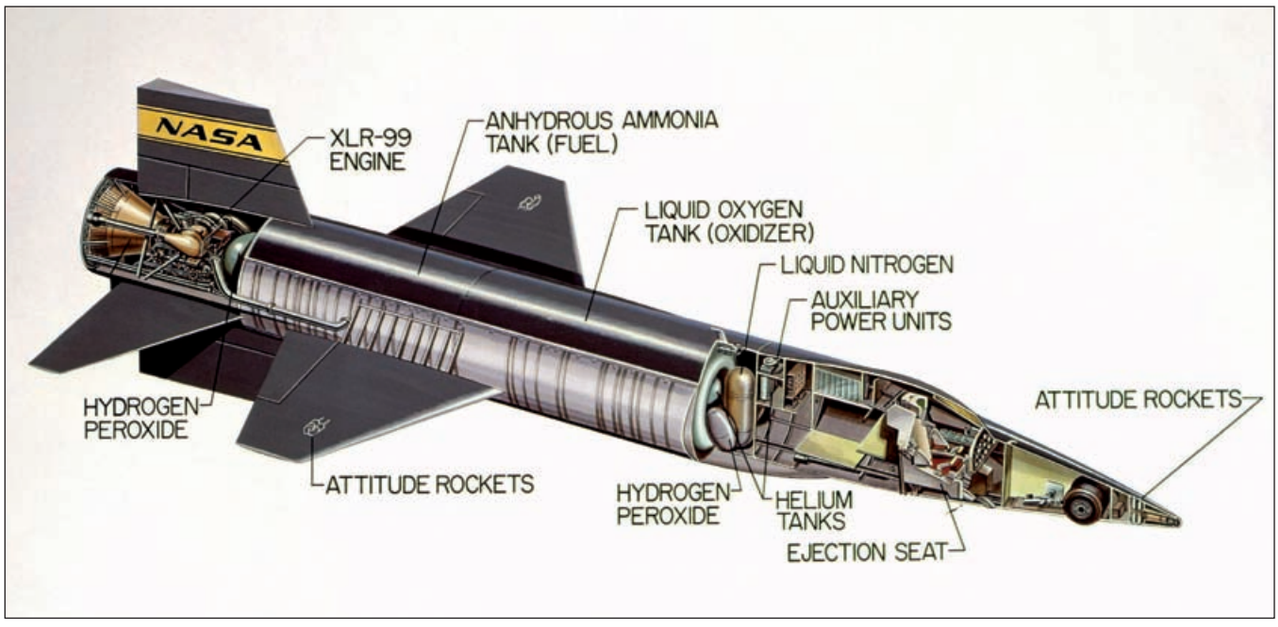
Rechts: Das wesentlich stärkere Triebwerk XLR99 ermöglichte die Rekordflüge der X-15

NORTH AMERICAN X-15

	X-15 mit XLR99	X-15A-2 mit XLR99
Länge	15,32 m	15,98 m
Spannweite	6,81 m	6,81 m
Höhe	3,55 m	3,70 m
Leermasse	5160 kg	8319 kg
Startgewicht	14 186 kg	25 460 kg
Antrieb	1 x XLR99	1 x XLR99
Leistung	max. 313 kN, regelbar	max. 313 kN, regelbar
Höchstgeschwindigkeit	6600 km/h	7300 km/h
Reichweite	450 km	450 km
Gipfelhöhe	95 940 m	108 000 m



Diese NASA-Grafik zeigt den generellen Aufbau der X-15 und den Grund, warum der untere Teil der Heckflosse abgeworfen werden muss, damit die Ski-Landebeine auf den Boden kommen.



Die X-15 besteht hauptsächlich aus einem Raketentriebwerk mit zwei Tanks und der davorgehängten Sektion mit Geräteraum und Cockpit.

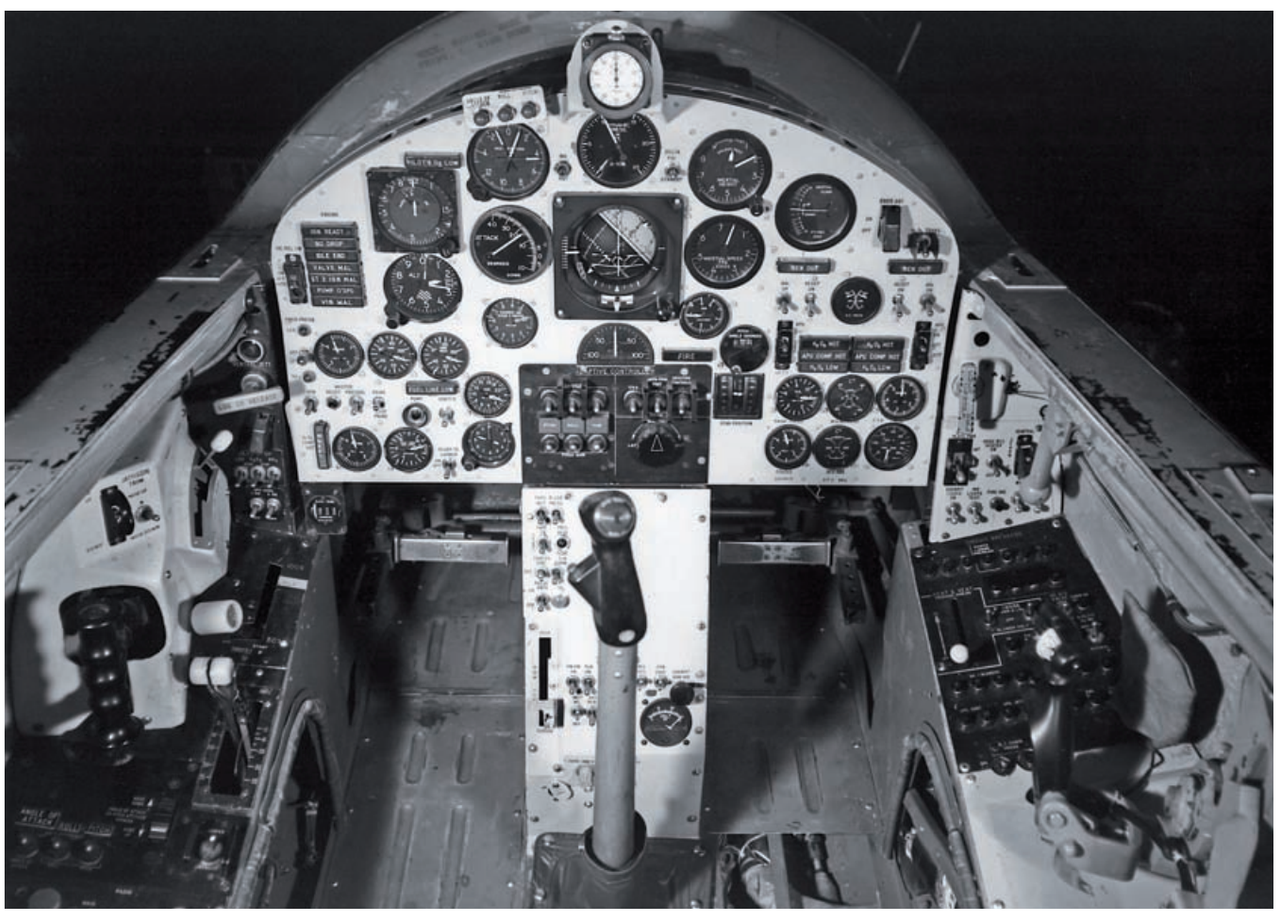
Ergebnisse im Dezember 1954 vor dem Verteidigungsministerium, wurde beschlossen, dass das Projekt unter der Federführung des Militärs, hauptsächlich der Luftwaffe durchgeführt werden sollte. Daher wurde das Projekt unter der Bezeichnung Air Force 1226 geführt, welche später in X-15 geändert wurde. Am 18. Januar 1955 wurden auf der Patterson Luftwaffenbasis die eingegangenen Vorschläge der Luftfahrtfirmen gesichtet. Viele Hersteller hatten sich ursprünglich für die Ausschreibung interessiert, aber Entwürfe wurden nur von Bell, Douglas, Republic und North American eingereicht. Wobei Bell auf die größte Erfahrung verweisen konnte. North American hatte den konservativsten Entwurf abgegeben und lag damit genau richtig, weil die Ausschussmitglieder so vorsichtig wie möglich agieren wollten. Ende September 1955 wurde von der Luftwaffe offiziell North American als Hersteller des Versuchsflugzeugs X-15 nominiert. Die Kosten sollten zu 90 Prozent von der Luftwaffe und zu zehn Prozent von der Marine getragen werden. Die Ergebnisse des Baus und der Testflüge sollten allen amerikanischen Flugzeugwerken zur Verfügung gestellt werden. Ungewöhnlich war, dass die letzte Entscheidung, wer die X-15 fliegen sollte, bei der NACA lag und nicht bei der Air Force, die das Projekt finanzierte. Man war sich bewusst, dass mit der X-15 eine Vorstufe zur

Die X-15-1 (66670) wurde gerade von der B-52-Trägermaschine abgeworfen. Da die X-15 noch das Pitotrohr am Bug trägt, handelt es sich um einen Werksflug mit Scott Crossfield an Bord.

Raumfahrt beschritten wurde. Deswegen sollten nur Menschen in der Raketen-Maschine sitzen, die Anforderungen an Astronauten erfüllten.

Die Entwurfsabteilung von North American unter Harrison Storms Jr. und Charles Feltz sah sich nie gekannten Herausforderungen gegenüber. Mit der X-15 sollte das anspruchsvollste Luftfahrzeug entstehen, welches es bisher gegeben hatte. Um die endgültige Auslegung zu finden, investierte North American über zwei Millionen Ingenieurstunden und mehr als 4000 Stunden Windkanaluntersuchungen. Storm erinnerte sich später daran, dass er folgende Richtlinie erhalten hatte: „Dies wird ein kleines Flugzeug mit einem sehr kräftigen Motor. Wir wollen damit auf 80 km Höhe und auf Mach 6. Wir möchten damit die aerodynamische Erhitzung untersuchen. Und wir möchten uns keine Sorgen darüber machen müssen, ob das Flugzeug aerodynamisch stabil fliegt oder gut zu kontrollieren ist – oder ob es in der Luft auseinanderbricht. Also, wenn Du Fehler machst, mache sie in Richtung höhere Festigkeit." Die Entwurfsunterlagen wurden der Air Force vorgelegt und am 11. Juni 1956 gab es grünes Licht für den Bau von drei Prototypen. North American plante dafür die damals gewaltige Summe von 50 Millionen Dollar ein.

Scott Crossfield: Testpilot und Ingenieur



Das Cockpit der X-15. Links der Joystick für das Reaction Control System und der Schubhebel, in der Mitte der bekannte Steuerknüppel und rechts ein Joystick zur Unterstützung bei hohen g-Lasten.

Links: Ausnahme-Testpilot Scott Crossfield. Sein Einfluss auf die Gestaltung der X-15 kann nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Rechts: Einer der Erfolge von Scott Crossfield war die Einführung des Druckanzugs A/P22S der Firma Clark, die eigentlcih Büstenhalter herstellte. Hier Lässt sich Bill Dana nach einem Flug im Jahr 1967 mit dem Anzug und einem Kühlgerät ablichten.

Eine wichtige Persönlichkeit bei der Konzeption und der Konstruktion der X-15 war der Testpilot Scott Crossfield (1921 bis 2006). Als Testpilot der NACA hatte er schon Raketenflugzeuge geflogen. Er war 1953 der erste Mensch, der doppelte Schallgeschwindigkeit erreichte. Dann wechselte er als beratender Ingenieur zu North American und konnte seine Erfahrungen in die X-15 einbringen. Crossfield war sehr vielseitig. Im Zweiten Weltkrieg war er Navy-Kampfpilot und Fluglehrer. Wegen seiner Erfahrungen als Ingenieur und Raketenflieger wurde er von der U.S. Air Force als Astronaut ausgewählt, die mit dem Projekt „Man In Space Soonest" (MISS – Schnellstmöglich ein Mensch im All) ab 1958 einen Astronauten in die Erdumlaufbahn bringen wollte. Neun Testpiloten wurden für MISS ausgewählt, einer davon war Neil Armstrong. Aus dem Projekt MISS entwickelte sich dann unter Federführung der NASA das Projekt Mercury.

Schon der Beginn seiner Pilotenlaufbahn war spektakulär. Als Scott Crossfield seinen ersten Alleinflug absolvieren wollte, forderten ihn Anwesende am Platz auf, dabei unbedingt zu Trudeln. So startete er nach nur acht Flugstunden mit einer Curtiss Robin. Während des Trudelmanövers hörte er ein Klappern im Flugzeug, welches ihm unbekannt war. Er wiederholte das Manöver – wieder war das Klappern da. Auch beim dritten Versuch zeigte es sich. Als Scott nach hinten sah, bemerkte er, dass die Kabinenhaube des Fluglehrers nicht verriegelt war und sich im Luftstrom bewegte. Er beugte sich nach hinten und verriegelte die Kabine und wiederholte das Trudel – jetzt ohne Klappern. Als er landete, fragten die anderen Piloten scheinheilig, ob es irgendetwas Besonderes gegeben habe. Sie hatten also von der merkwürdigen Klappe gewusst. Der Fluglehrer gestand später, dass die Kabine beim Trudeln oft von selbst aufsprang und von ihm immer mit den Händen geschlossen gehalten wurde.

Während die Bodenmannschaft 1961 die gerade gelandete X-15 untersucht, überfliegt die Trägermaschien als Gruß den Landeort.

Oben: Gleich werden die Ski-Landefüße nach einem Flug den Boden des Salzsees berühren.

Unten: Die Bremsklappen an der oberen und unteren Heckflosse sind hier voll ausgefahren.

1954 musste Crossfield einen Jet North American F-100 auf der Edwards Air Force Basis nach Triebwerksausfall brennend landen. Die firmeneigenen Testpiloten von North American bezweifelten, dass dies überhaupt möglich sei. So startete Crossfield mit einer anderen F-100 und schaltete das Triebwerk aus. Die „Dead-Stick"-Landung klappte, nur wollte die Maschine beim Ausrollen nicht langsamer werden. Bevor er einige abgestellte Flugzeug rammte, wählte Crossfield einen Blechhangar als Bremse und lenkte den Jet gegen die Hangarwand. Darauf wurde neben der Landebahn ein großes Schild aufgestellt, welches Piloten aufforderte, besser anzuhalten, bevor sie auf den Vorplatz zu den Hangars rollten.

Sein Einfluss auf die Auslegung der X-15 war nicht gering. Viele Luftfahrt-Ingenieure waren begeistert von den Entwicklungen, welche unbemannte Flugkörper gerade machten. Sie sahen in der zukünftigen X-15 eigentlich ein automatisches Geschoss, welches einen Menschen nur als Beobachter an Bord haben sollte. Dem widersetzte sich Crossfield. Er verfocht die Meinung, wenn es einen Vorstoß in unbekannte Gebiete gab, sollte ein bestens geschulter, erfahrener Mensch die Möglichkeit haben, schwierige Situationen zu meistern und das Fluggerät heil zurückzubringen, um seine Erfahrungen mitzuteilen, damit die Fehler behoben werden. Scott Crossfield war direkt Charles Feltz unterstellt und als Berater kein festangestellter Mitarbeiter von North American. Beide nutzten diese Position, um die ständigen Forderungen der Luftwaffe nach zusätzlichen Systemen in der X-15 abzublocken. Die Air Force wollte wohl für ihr Geld ein Maximum von Erkenntnissen aus der X-15 ziehen. Aber dadurch würde sie immer schwerer und komplizierter werden. Innerhalb von zwei Monaten war die Leermasse der X-15 von 11 700 kg auf 14 000 kg gestiegen. Crossfield wurde nun zum „Enfant Terrible" der X-15, wurde allgemein unbeliebt, hielt die Entwicklung der X-15 aber auf Kurs. Damals war es auch gerade Mode, Hochleistungsflugzeuge mit einer absprengbaren Flugzeugnase mit dem Cockpit zur Rettung des Piloten im Notfall auszurüsten. Die Luftwaffe forderte diese Lösung für alle neuen Flugzeuge. Anlass war der Herausschuss des Testpiloten George Smith bei hoher Geschwindigkeit aus einer F-100 gewesen. Der Fahrtwind hatte dem Unglücksvogel die Haut vom Gesicht gerissen. Crossfield war energisch gegen diese Methode. Ersten würde die Rettungskapsel etwa 550 kg zusätzliches Gewicht bedeuten. Und dann wollte Crossfield einem Piloten in Not, der sich gerade aus einem havarierenden Flugzeug befreit hatte, nicht noch zumuten, sich dann noch aus der Rettungskapsel befreien zu müssen. Sollte die Kapsel dagegen mit dem Piloten im Inneren landen, musste sie durch Fallschirm und Ersatzfallschirm noch schwerer werden. Später gab der Tod des Testpiloten Milburn Apt der Einstellung Crossfields Recht. Dieser hatte sich bei Mach 3,1 mit der Rettungskapsel von der X-2 abgesprengt und war dabei getötet worden.

Bei seinen Flügen mit früheren Raketenflugzeugen hatte Crossfield klobige Druckanzüge tragen müssen. Diese waren unflexibel und drückten, auch ließen sich die Ellbogen und Kniegelenke nur mühsam bewegen. Auf der Suche nach Alternativen zu den Druckanzügen der U.S. Air Force fand er auf der Versuchsstation Wright Field einen experimentellen Anzug und testete diesen gleich. Er war begeistert, als

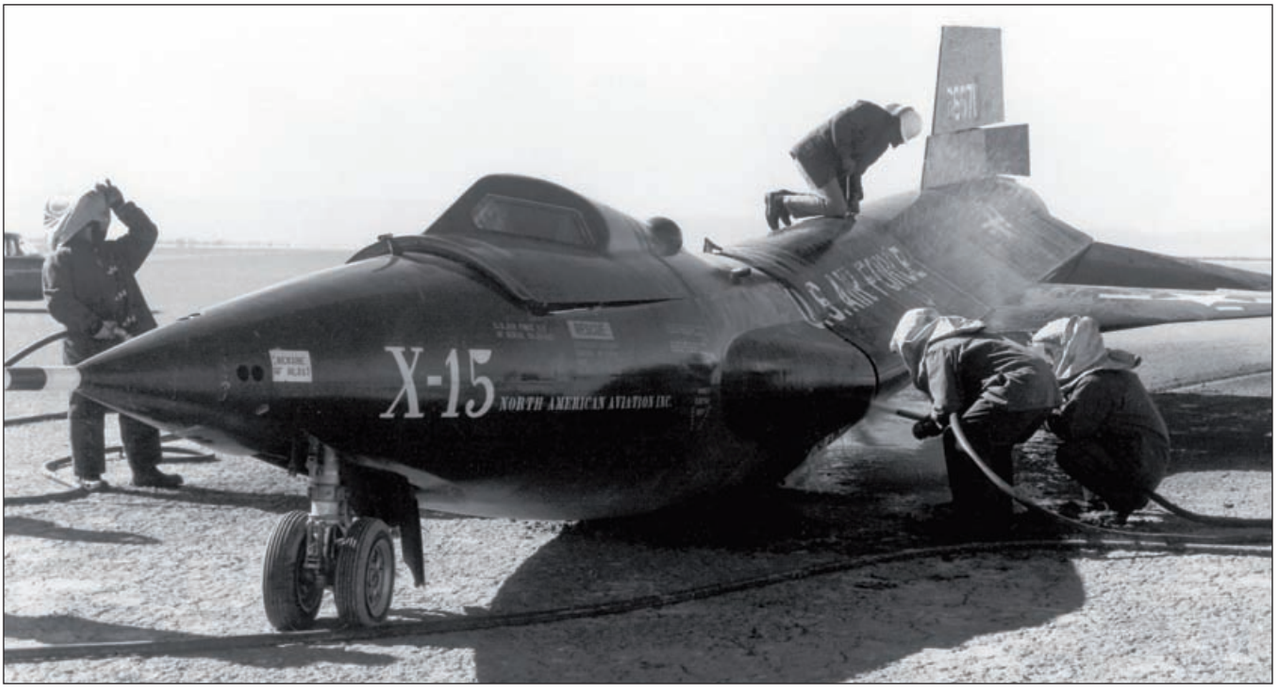
Die B-52 trägt Scott Crossfield mit der 66670 (X-15-1) zu einem Testflug in die Höhe.

man ihm vorsichtig erklärte, dass der Anzug von einer Firma erfunden worden war, die Büstenhalter und Mieder herstellte. Dies war ihm egal. Der Anzug der Firma David Clark wurde weiterentwickelt und später trugen die Astronauten auf dem Mond und sogar bei den ersten Shuttle-Flügen eine weiterentwickelte Version. Die endgültige Ausführung des Clark-Druckanzugs bestand 1958 den letzten Stresstest. Eine Attrappe des Rumpfvorderteils der X-15 wurde auf einem Schlitten auf 1600 km/h beschleunigt. Dann zündete der Schleudersitz. Dieser war so konstruiert, dass er sich kurz nach Verlassen des Rumpfes um 180 Grad drehte und der Pilot so mit dem Rücken nach vorn flog, also durch den Sitz vom Fahrtwind abgeschirmt wurde. Nach etwa 30 Meter Flug löste sich die Puppe mit dem Druckanzug vom Sitz und landete an einem für die X-15 entwickelten, besonders strapazierfähigen Fallschirm. Dieser Versuch wurde mehrfach wiederholt und immer hielt der Anzug, dabei wog er insgesamt nur 16 kg – eine Meisterleistung.

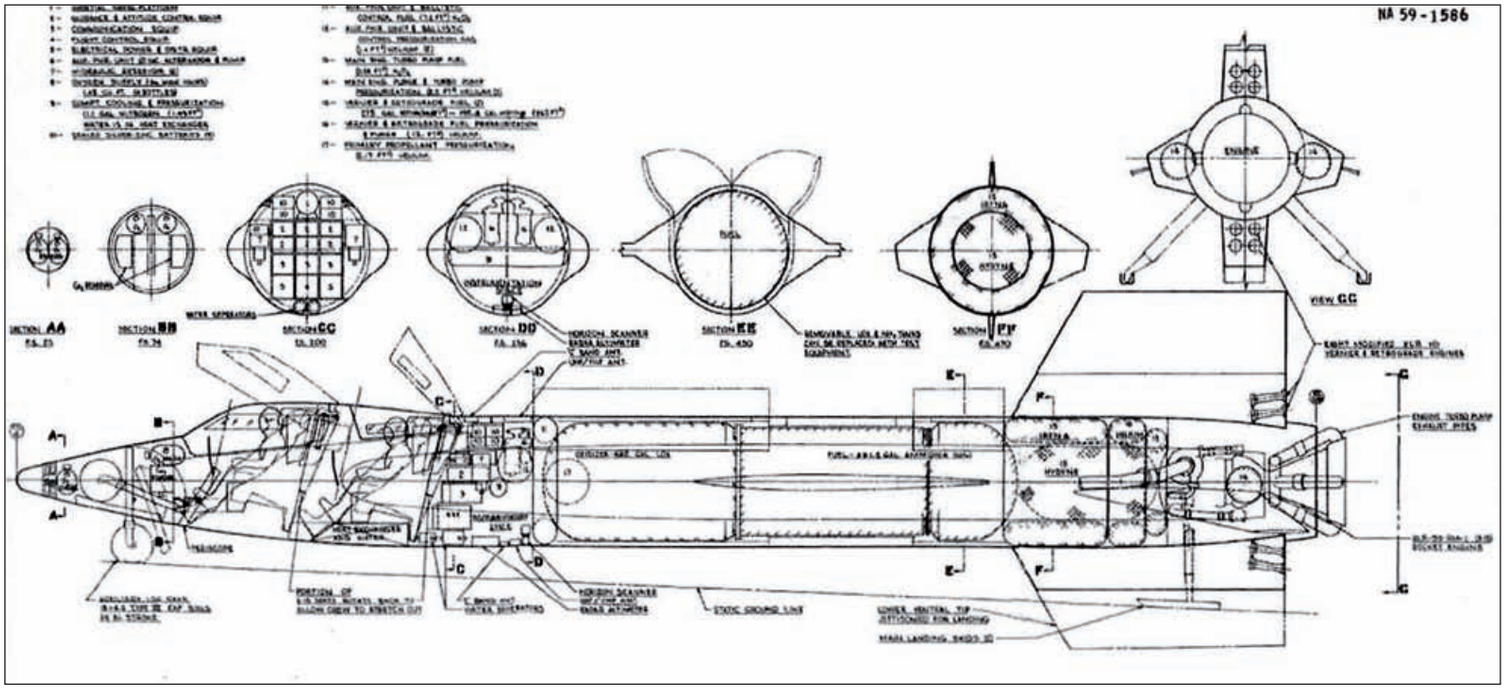
Nach der Arbeit im Entwicklungsteam der X-15 flog er die Maschine als einer von nur zwölf Menschen. Bei seinen insgesamt 14 Flügen mit der X-15 erreichte Scott Crossfield aber nie die Grenze zum Weltraum. Die Verleihung der Astronautenschwingen blieb ihm daher versagt. Er fungierte hier als Testpilot von North American. Die Einsatz- und Rekordflüge waren für die Piloten der NACA und Streitkräfte vorgesehen. Dennoch konnte Crossfield das amerikanische Weltraumprogramm fördern. Er war bei North American für die Tests der hier gebauten Apollo-Kapsel und von Teilen der Saturn-Rakete zuständig. Noch als 80-jähriger schulte er Piloten auf einem Nachbau des historischen Wright-Flyers. Zum einhundertjährigen Jubiläum des ersten Motorfluges 2003 sollte dieser Nachbau die Flüge der Brüder Wright wiederholen. Wegen eines Unwetters wurde diese Veranstaltung jedoch nicht durchgeführt. Scott Crossfield starb am 19. April 2006 den Fliegertod. Er geriet mit seiner Cessna 210 in ein Unwetter und stürzte ab.

Entwurf der X-15

Schon in einer frühen Programmphase wurden die Piloten, welche die X-15 einmal fliegen sollten, nominiert und arbeiteten bei North American an Spezialproblemen und testeten Systeme im Simulator. Der Entwurf sah von Beginn an eine Zelle aus Inconel-X vor, einer Nickel-Stahl-Legierung. Gegenüber den Konkurrenzentwürfen war



Am 5. November 1959 ließ sich der Resttreibstoff nicht aus den Tanks ablassen. Scott Crossfield musste die 66671 mit viel zu großem Gewicht landen. Dabei brach sich die Maschine das Genick. Sie konnte aber wieder aufgerüstet werden. Crossfield blieb unverletzt.



Rumpfaufteilung der X-15

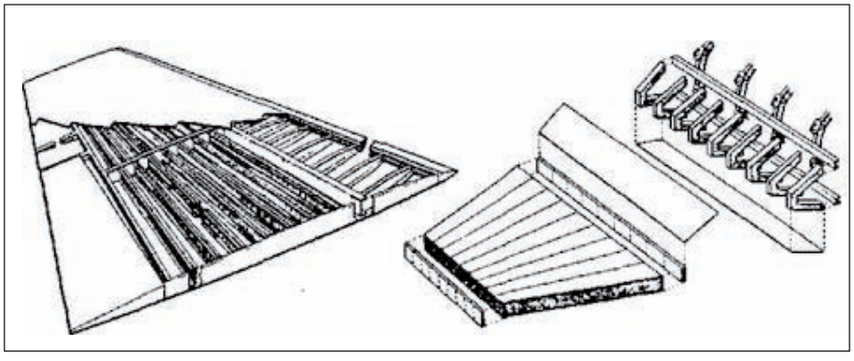
die Zelle bedeutend schwerer – aber auch fester. Die ursprüngliche Forderung der NACA, den Treibstoff in einer Batterie von schlanken Zylindern im Rumpf zu befördern, wurde von North American ignoriert und große Integraltanks eingebaut, die Teil der Rumpfzelle waren. Daher konnten Leitungen und Steuerelemente nicht durch den Rumpf geleitet werden. Dazu wurde ein Art Rumpflippe auf beiden Seiten des kreisförmigem Rumpfes angefügt, durch welche die Leitungen gingen. Aerodynamisch verbreiterten diese Lippen den Rumpf und erzeugten bei bestimmten Anstellwinkeln zusätzlichen Auftrieb. Die NACA war von dieser Lösung anfangs nicht begeistert, musste sich aber durch Windkanalergebnisse umstimmen lassen.

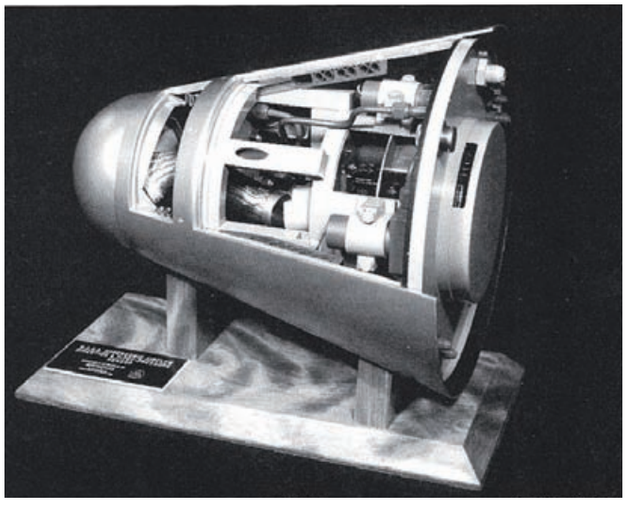
Die Tragflächen erhielten ein sehr dünnes Profil und kleine Landeklappen. Der Umriss war trapezförmig, wie er schon in Peenemünde als optimal in allen Geschwindigkeitsbereichen der bemannten A9 erkannt worden war. Anfangs wurde ein normales Flugzeugleitwerk mit Seitenflosse und zwei Höhenflossen geplant. Diese Konfiguration hatte im Windkanal keinen Bestand. Um in dünner Luft bei hohen Geschwindigkeiten noch stabil fliegen zu können, musste die Seitenflosse viel Luftwiderstand erzeugen. Nachdem eine zusätzliche Heckflosse unter dem Rumpf keine Besserung brachte, wurde das Profil der Flossen radikal geändert. Sie wurden jetzt keilförmig und die untere Flosse wurde verlängert. Das Seitenruder wurde in zwei einzelne Flächen aufgeteilt, die sich je nach Steuerausschlag in den Luftstrom stellen konnten. Wenn beide ausgefahren wurden, dienten sie als Luftbremse. Die Lösung war perfekt und wurde später für das Space Shuttle übernommen. Nun war die untere Seitenflosse aber so lang, dass es nicht möglich war, ein Fahrwerk zu konstruieren, welches verhinderte, dass mit der Flosse der Boden gepflügt werden würde. Da empfahl ein Ingenieur, vor der Landung den größten Teil der unteren Flosse abzuwerfen. Niemand mochte diesen Vorschlag, nicht mit dem kompletten Flugzeug zu landen, aber letztlich blieb keine andere Lösung übrig. Die abgeworfene Flosse landete an einem kleinen Fallschirm. Aus den Daten der Windtunneltests waren genaue Stabilitätsangaben schwer zu gewinnen. Es konnten nur sehr kleine Modell untersucht werden. Teilweise wurden diese Modelle für Hochgeschwindigkeitstests mit Kanonen verschossen. Piloten versuchten im Simulator die Flugeigenschaften der zukünftigen X-15 zu erfahren. Sie brachten einige wertvolle Erkenntnisse ein. Doch letztlich konnte niemand vorhersagen, wie sich die X-15 im Flug verhalten würde.

Durch die Luftreibung würde sich die Zelle an der Bugspitze und Flügelvorderkante bis auf fast 700 Grad Celsius erhitzen. Der Rumpfrücken blieb mit immer noch ungemütlichen 250 Grad am kühlsten. Die Flügelvorderkante wurde in Teilstücken mit einer Dehnungsfuge aus massiven Blöcken von Inconel-X gefräst. Die tragenden Elemente des Flügels und des Rumpfes wurden aus Titan gefertigt. Die Temperaturunterschiede zwischen den Baugruppen würde dazu führen, das die Beplankung flache Wellen warf. Da dies ohne Gewichtszunahme nicht zu verhindern war, entschied sich North American, dies zu tolerieren. Die Bugnase war kugelförmig und fungierte als Stellungssensor. Da herkömmliche Staurohre und Luftstromsensoren wegen der Hitze nicht verwendet werden konnten, wurde der sogenannte Q-Ball geschaffen. Eine Dreiviertel-Kugel aus Inconel-x war um zwei Ebenen beweglich. Über fünf Öffnungen wurde der örtliche Luftdruck abgegriffen und über ein Vergleichssystem daraus eine Bewegungsrichtung ermittelt. Eine Öffnung

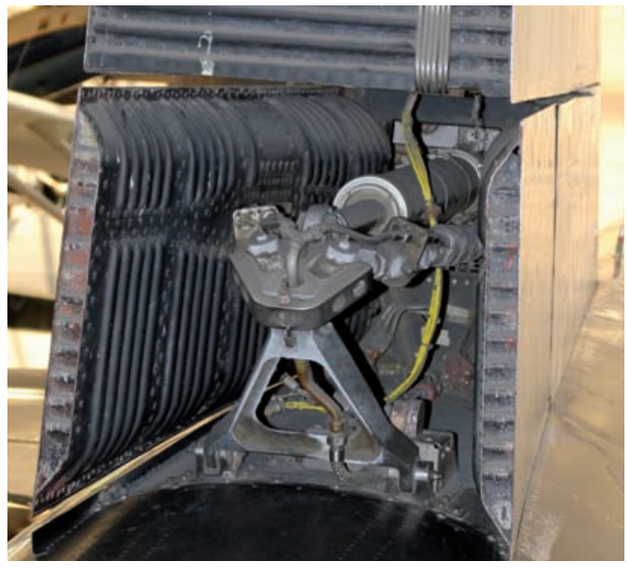
Unten: Aufbau der Tragfläche und der Befestigung an der Rumpflippe. Die innere Struktur besteht aus Titan, die Außenhaut aus Inconel-X.

Rechts: der Luftstromsensor Q-Ball in der Rumpfnase





3 Fotos: Uwe W. Jack



Oben links: Blick in das Triebwerk der 66670 im Luft- und Raumfahrtmuseum Washington

Oben: Die dreieckige Form der Heckflossen ist gut zu sehen. Die Landeski werden nicht in den Rumpf eingezogen, sondern liegen nur auf.

Links: der Mechanismus zum Ausfahren der Bremsklappen

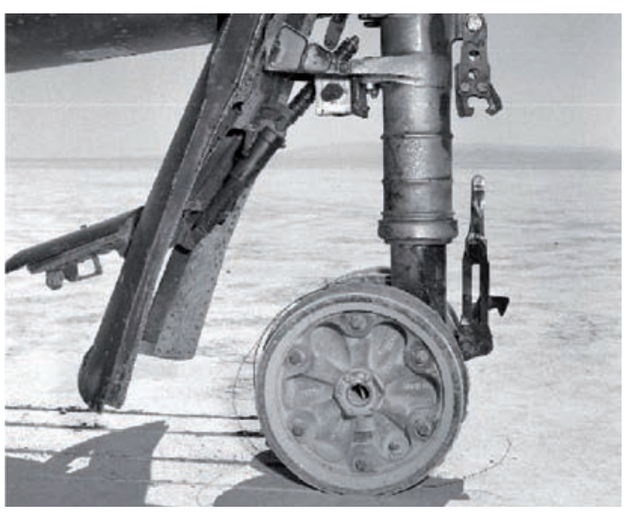
zeigte direkt nach vorn, von den vier anderen lagen sich je zwei in der horizontalen oder vertikalen Ebene der Kugel gegenüber. Der Q-Ball konnte so in den Windstrom gestellt werden, dass die vordere Öffnung genau in Strömungsrichtung zeigte. Dadurch konnte der Anstellwinkel des Rumpfes gegen den Luftstrom ermittelt werden. Ein wichtiger Wert, da in der Schwerelosigkeit des ballistischen Fluges und bei der begrenzten Sicht aus dem Cockpit, den Piloten oft die Orientierung abhanden kam. Da der Q-Ball an der Stelle mit der höchsten Hitzebelastung lag, wurde er von innen gekühlt. Die Lage der X-15 wurde auch durch ein Trägheitsnavigationssystem angezeigt, vermutlich war dies der erste Einsatz in einem Flugzeug, welches sich in der Praxis aber als nicht immer zuverlässig erwies.

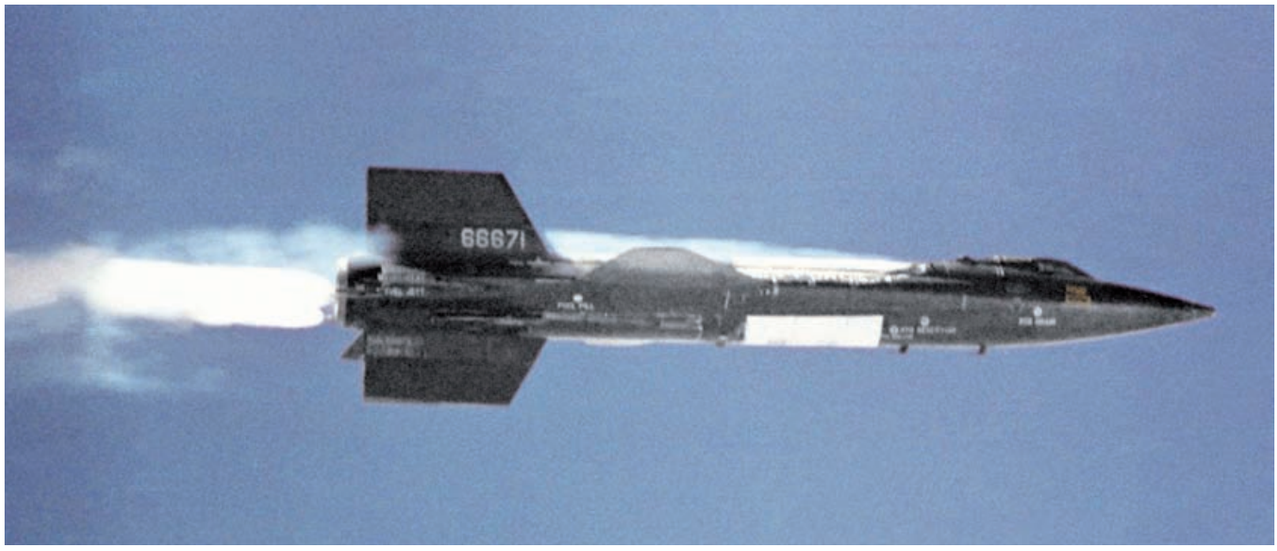
Die Steuerung der X-15 war nach heutiger Auffassung sehr kompliziert ausgelegt. Neben dem bekannten Steuerknüppel gab es noch zwei Joysticks, mit denen die Maschine gesteuert werden konnte. Rechts befand sich der Joystick, mit dem die X-15 bei hohen g-Kräften zusätzlich kontrolliert werden konnte, wenn die Knüppelkräfte zu groß wurden. Links war der Joystick mit dem in der freien ballistischen Bahn in der Hochatmosphäre die Steuerdüsen kontrolliert wurden. Direkt daneben befand sich der Schubhebel.

Der Pilot wurde den ganzen Flug über durch seinen Anzug mit der Atemmaske mit Luft versorgt und gekühlt. Dabei wurden nur 1,5 Prozent der Kühlleistung für den Piloten aufgewendet. Der Rest diente der Kühlung von Bordinstrumenten. Der Luftdruck im Cockpit entsprach dem in 10 km Höhe. Als Antrieb wurde der Raketenmotor XLR99 eingeplant. Der Motor verbrannte Ammoniak und Flüssigsauerstoff. Dabei konnte der Schub von 254 kN (fast 28 900 kp) in Meereshöhe und 310 kN (31 600 kp) im Vakuum bis auf 50 Prozent gedrosselt werden. Gefördert wurden die Treibstoffe durch eine Turbopumpe, welche durch Wasserstoffperoxid angetrieben wurde. Das Triebwerk war im Flug wiederstartbar. Doch wegen Verzögerungen in der Triebwerksentwicklung mussten die Ingenieure bei den ersten Flügen auf das schwächere Triebwerk

Unten links: Die Luftreibung hat die Gummireifen des Bugrades sofort verbrannt, als es versehentlich bei Mach 4 ausgefahren wurde.

Unten: Die X-15 sollte einen Ablativ-Hitzeschutz testen. Die Testpiloten weigerten sich aber, ein rosafarbenes Flugzeug zu fliegen, welches dann mit einem zusätzlichen, weißen Anstrich versehen wurde.





Kurz nach dem Abwurf von der Trägermaschine wird der Zündvorgang des Raketentriebwerks eingeleitet. Der extrem kalte Flüssigsauerstoff hat den vorderen Rumpftank mit Eis beschlagen lassen.

Ab 1964 trugen die X-15-1 und X-15-3 bei manchen Flügen an den Flügelenden Pods mit einem Durchmesser von 20 cm und einer Länge von 147 cm. Hier konnten zusätzliche Versuchsinstrumente untergebracht werden.

XLR-11 ausweichen. Es wurden zwei Triebwerke mit je vier Düsen eingebaut, die zusammen 71 kN leisteten.

North American schloss die Entwurfsarbeiten am Raketenflugzeug im November 1956 ab. Kurz darauf besichtigten Vertreter der U.S. Air Force und der NACA die Attrappe, die erst in der Nacht zuvor fertiggestellt worden war. Die X-15 war das ungewöhnlichste Fluggerät, welches den 49 Kontrolleuren bisher begegnet war. Daher fiel die Inspektion auch sehr genau aus. Bemängelt wurde zum Beispiel das Fehlen einer Kontrolllampe im Cockpit, welche das korrekte Ausfahren des Fahrwerks bestätigte. Harrison Storms Jr. erklärte die Sache. Die X-15 würde mit extrem hoher Geschwindigkeit zur Landung ansetzen, dabei würde sie nur wenig Auftrieb erzeugen. Also würde das Fahrwerk erst kurz über dem Boden ausgefahren werden. Egal, ob es tatsächlich ausfuhr oder blockierte: Es gäbe keine Chance durchzustarten oder die Landung anders anzugehen. Die X-15 würde auf dem Boden heftig aufschlagen. Am besten natürlich mit ausgefahrenen Fahrwerksbeinen. Aber – Lampe hin oder her – der Pilot konnte nichts mehr ändern. Plötzlich sahen alle Inspektoren sorgenvoll zu Crossfield hinüber, der nickte. So wurden die drei Kilogramm Gewicht der Fahrwerksanzeige gespart. Das Fahrwerk bestand aus einem kleinen Bugrad mit Zwillingsbereifung und den beiden Hauptfahrwerken, die in Ski ausliefen. Dies sollte einerseits Gewicht sparen und andererseits als Bremse am Boden dienen.

Mitten im Produktionsprozess brachte die Luftwaffe noch zusätzliche Wünsche an, etwa diverse Sensoren für Druckmessungen an den Tragflächen, die mit Messgeräten im Rumpf verbunden werden mussten. Dies bedeutete einige hundert Kilo mehr Masse. Auch das Triebwerk wurde immer schwerer. Nun ist eine Massezunahme über den Entwurfsprozess bei Flugzeugen normal. Aber bei der X-15 sollte an die Grenze des Machbaren gegangen werden. Jede größere Änderung zog einen Leistungsverlust nach sich. Dann kam die

Richtig Pech hatte am 9. November 1962 John B. McKay. Erst versagte das Triebwerk seiner 66671. Dann ließ sich der Treibstoff nicht vollständig ablassen. Schließlich versagten auch noch die Landeklappen. Bei der harten Landung brach das linke Ski-Fahrwerk weg und die X-15-2 überschlug sich. Der Pilot überlebte schwer verletzt.

Die Erleichterung ist Neil Armstrong nach einem Flug im Jahr 1960 anzusehen. Er tätschelt den Q-Ball, an dessen Entwicklung er im Zusammenhang mit einem automatischen Flugsteuersystem beteiligt war.

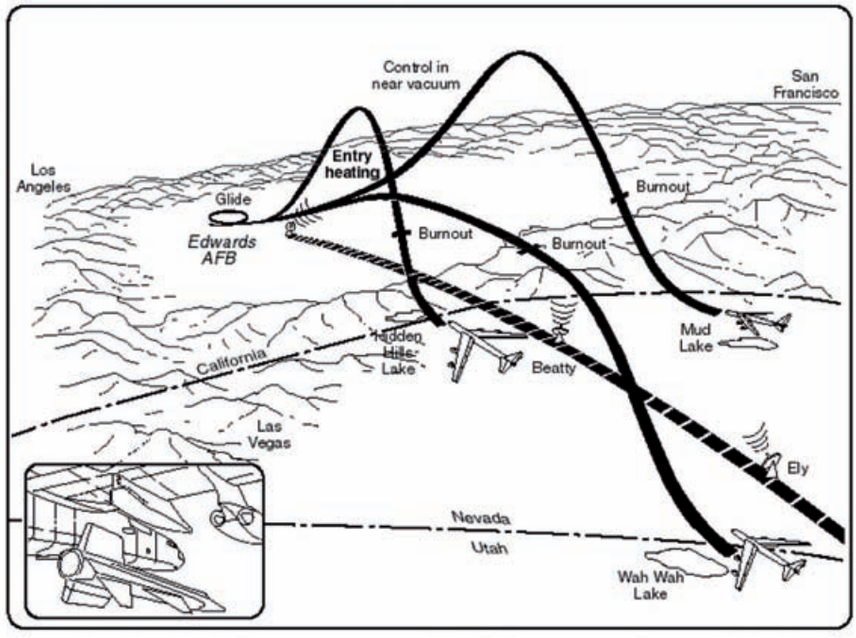
Meldung, dass das ursprünglich vorgesehene Trägerflugzeug B-36 von der Luftwaffe außer Dienst gestellt werden würde und nun die B-52 für den Start genutzt werden sollte. Das war ein Desaster für die Ingenieure. Bei der B-36 wurde die X-15 unter dem Rumpf geschleppt. Die Maschine konnte während des Fluges an der B-36 gewartet und letzte Regulierungen vorgenommen werden. Der Pilot würde erst kurz vor dem Start in das Cockpit klettern. Dies alles ging mit der B-52 nicht. Hier wird die X-15 unter einer Tragfläche geschleppt. Die ganze Startprozedur musste umgestellt werden. Die Aufhängung unter dem Flügel wurde dadurch besonders kompliziert, weil das Cockpit der X-15 soweit vor der Flügelkante liegen musste, dass sich der Pilot notfalls herausschießen konnte. Dadurch ragte die obere Heckflosse aber in den Flügel der B-52, die hier einen Ausschnitt erhalten musste.

Bis an die Grenze des Alls

Gebaut wurden drei Exemplare der X-15: die Seriennummern 66670 (X-15-1), 66671 (X-15-2) und 66672 (X-15-3). Den Erstflug der X-15 führte Scott Crossfield am 8. Juni 1959 noch ohne Antrieb mit der 66670 durch. Zuvor hatte es mehrere gefesselte Flüge unter der B-52 ohne einen Abwurf gegeben. Nach zwei weiteren gefesselten Flügen, diesmal mit vollen Tanks, startete Scott Crossfield am 17. September 1959 zum ersten angetriebenen Flug der X-15.

Nach den Testflügen zur Erprobung des Flugzeugs und seiner Systeme unter der Regie des Herstellers North American, gab es im Prinzip nur zwei unterschiedliche Flugprofile für die Einsatz-Missionen der X-15. Ein Höhenflugprofil, bei dem die X-15 eine so große Höhe wie möglich erreichen sollte. Gewöhnlich lag der Gipfelpunkt zwischen 60 und 100 km. Hier wurde das Triebwerk nicht bis zur vollen möglichen Brenndauer betrieben. Dabei sollten Erfahrungen im Flugbetrieb von Mensch und Maschine im Vakuum und Schwerelosigkeit für zukünftige Raumfahrzeuge gesammelt werden. Die Schwerelosigkeit dauerte etwa drei Minuten. Über Grund wurden bei beiden Missionen etwa 160 km zurückgelegt. Die Zweite Missionsvariante diente der Hochgeschwindigkeitserprobung. Das Triebwerk lief über die volle mögliche Betriebszeit und die Flughöhe blieb unter 30 km. Ziel war es, das Flugzeug der größten Hitzebelastung auszusetzen. Damit wurden Materialien für Raumflugkörper oder militärische Anwendungen getestet.

Für die insgesamt zwölf Piloten, welche die X-15 flogen, begann ein Arbeitstag sehr früh, mit dem Wecken gegen 4.30 Uhr. Nach einem Frühstück und der Einsatzbesprechung dauerte die Anziehprozedur des Druckanzugs etwa zwei Stunden. Dann wurde die unter der Fläche der B-52 hängende X-15 bestiegen. Vor dem Abheben des Trägerflugzeugs hatte der X-15-Pilot eine Checkliste mit 18 Seiten abzuarbeiten. Im Anflug auf den Abwurfpunkt wurden die Systeme von den Ingenieuren an Bord der B-52 und vom Piloten ständig überwacht. Nach Erreichen des Abwurfpunktes in 7600 m Höhe zählte der Pilot von zehn herunter und löste den Abwurf aus. Bei den ersten Flügen wurde der Abwurf von der Trägermaschine



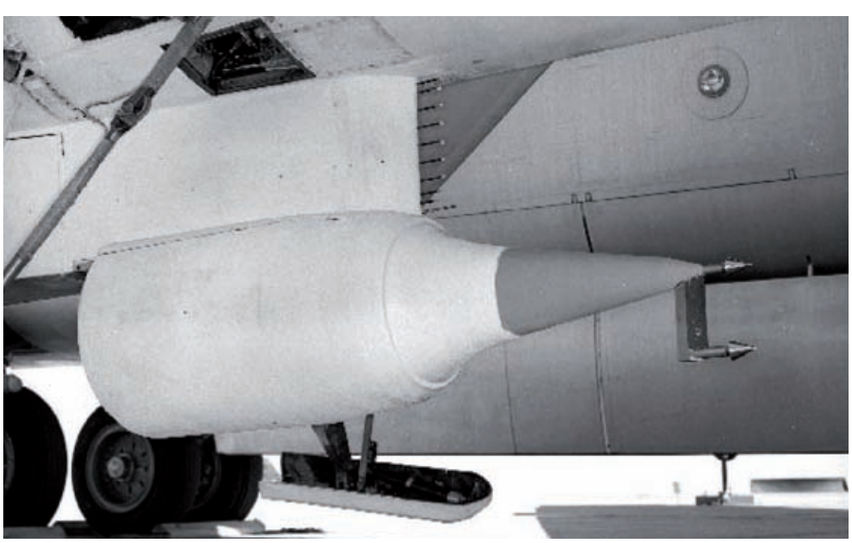
Die beiden Hauptmissionen der X-15:
Der Höhenflug mit langer Schwerelosigkeit. Ganz rechts die normale Mission und ganz links die kurze Flugbahn mit dem schwächeren XLR11-Triebwerk der ersten Flüge. In der Mitte die flache Flugbahn für Hitzetests.

Mit einer Staustrahl-Triebwerks-Attrappe unter der Heckflosse entspricht die X-15A im Jahr 1967 genau dem deutschen Projekt von 1945. Im verlängerten Rumpf sollte in der Mitte der zusätzliche Tank für dieses Triebwerk eingebaut werden.

aus eingeleitet. Etwa zwei Sekunden nach dem Ausklinken zündete der Pilot das Raketentriebwerk. Dabei war die ständige Sorge, nicht dass das Triebwerk explodierte, sondern die Bugnase so schnell wie möglich nach oben zu bekommen. Gelang dies nicht, erreichte die X-15 sehr schnell in der dichten Luft eine Temperatur, welche die Belastungsgrenze der Struktur überstieg. Dann ging es für die Brenndauer von etwa 80 Sekunden mit einem Andruck von 2 g in die Höhe. Bei allen Manövern musste sich der Pilot auf die Bordinstrumente verlassen. Neil Armstrong erinnerte sich, dass die X-15 das einzige Flugzeug seiner Testpilotenkarriere war, von welchem der Pilot im Cockpit nichts zu sehen bekam. Weder die Bugnase, noch die Tragflächen waren durch die engen Fensterschlitze zu sehen. In großer Höhe war der Horizont auch keine klare Linie, sondern verschwand hinter einem breiten nebligen Band. Im Vakuum und bei Schwerelosigkeit kam es daher vor, dass das Flugzeug schon mal quer zur Flugrichtung lag, ohne, dass dies dem Piloten bewusst war.

Nach der Phase der Schwerelosigkeit fasste die X-15 langsam wieder Luft unter den Flügel und „segelte“ mit anfangs über 4000 km/h in Richtung des Salzsees der Edwards Flugbasis. Die Landebahn wurde mit Energieüberschuss angesteuert und die überschüssige Fluggeschwindigkeit durch einen Vollkreis vor dem Aufsetzpunkt abgebaut. Über dem Salzsee löste der Pilot den Abwurf des unteren Teils der unteren Heckflosse aus. Meist wurde die Landebahn 18 angeflogen, die eine komfortable Länge von 7500 m hat. Zum Ausschweben hob der Pilot die Bugnase in etwa 250 Metern bei 460 km/h. bei 400 km/h wurden die Landeklappen gesetzt und dann das Fahrwerk ausgefahren. Mit noch 370 km/h setzte die X-15 mit ihren beiden Ski-Fahrgestellen hinten auf. Die Abbremsung war so heftig, dass oben in der Cockpithaube ein Polster eingebaut war, dass die schnelle Nickbewegung des Kopfes mit dem Helm durch das Abbremsen auffing. Dann krachte die Maschine mit 8 g auf ihr Bugrad und kam nach wenigen hundert Metern zum Stehen.

Die Attrappe des Staustrahltriebwerks unter der Kielflosse der X-15A-2- Beachte die Reihe von Drucksensoren an der Vorderkante der Flosse. Diese Versuche erfolgten wahrscheinlich für die Entwicklung von Marschflugkörpern.



Die Piloten der X-15 in alphabetischer Reihenfolge mit der Zahl ihrer Flüge und Erwerb der Astronautenschwinge bei Flughöhen über 50 Meilen (80 km):

Michael J. Adams	U.S. Air Force	7	Astronaut (1x)
Neil A. Armstrong	NASA	7	-
Scott Crossfield	North American	14	-
Bill Dana	NASA	16	Astronaut (2x)
Joe Engle	U.S. Air Force	16	Astronaut (3x)
William J. Knight	U.S. Air Force	16	Astronaut (1x)
John B. McKay	NASA	29	Astronaut (1x)
Forrest S. Petersen	U.S. Navy	5	-
Robert A. Rushworth	U.S. Air Force	34	Astronaut (1x)
Milton O. Thomson	NASA	14	-
Joseph A. Walker	NASA	25	Astronaut (3x)
Robert M. White	U.S. Air Force	16	Astronaut (1x)

Die drei X-15 führten insgesamt 199 Flüge durch. Die höchste erreichte Geschwindigkeit lag bei 7274 km/h (Mach 6,72) am 3. Oktober 1967 durch William J. Knight, die größte Flughöhe lag bei 107,9 km. Diese Höhe wurde am 22. August 1963 durch Joseph A. Walker erreicht. Im November 1960 war endlich das starke Triebwerk XLR99 einsatzbereit. Scott Crossfield führte wieder den ersten Testflug damit durch. Damit wurden diese Rekordleistungen möglich.

Drei Flugzeuge erlitten Havarien. Am 5. November 1959 musste Scott Crossfield die 66671 sehr hart aufsetzen, weil sich der Resttreibstoff nicht abpumpen ließ. Die Maschine brach sich das Genick, konnte aber wieder repariert werden. Crossfield blieb unverletzt.

Am 9. November 1962 versagte das XLR-99-Triebwerk der 66671 mit John B. McKay an Bord. Der Treibstoff konnte nicht vollständig abgelassen werden, dann versagten auch noch die Landeklappen. Bei der harten Landung brach das linke Ski-Fahrwerk weg und die X-15-2 überschlug sich. Der Pilot überlebte schwer verletzt. Die Maschine konnte wieder aufgerüstet werden.

Am 15. November 1967 konnte Michael J. Adams die 66672, nachdem er die Grenze zum Weltraum überschritten hatte, wohl nach Verlust der Orientierung, nicht mehr unter Kontrolle bringen. Die Maschine oszillierte heftig und brach in 18 km Höhe bei Mach 3,93 auseinander. Die Kräfte hatten zuvor 15 g überschritten, was weder Flugzeug noch Pilot überstehen konnten.

Die 66671 wurde nach ihrer Havarie 1962 mit einem um 74 cm verlängerten Rumpf wieder als X-15A in den Flugbetrieb genommen. Später erhielt sie dann zwei Abwurftanks mit einer zusätzlichen Treibstoffzuladung von über sechs Tonnen. Jetzt wurde sie als X-15A-2 bezeichnet. Zum Schutz vor der wegen der höheren Geschwindigkeit besonders großen Reibungshitze und für Versuche für zukünftige

Raumtransporter wurde die 66671 ab 1967 mit einem ablativen Schutzüberzug versehen. Bei mindestens drei Flügen trug sie unter der unteren Flosse die Attrappe eines Staustrahltriebwerks. Die Luftströmung erhitzte sich um das Triebwerk, sodass die Zelle beschädigt wurde. Deswegen wurde kein Flug mit einem arbeitenden Triebwerk versucht.

Weiterentwicklungen der X-15

Da viele Forschungen mit der X-15 durchgeführt werden sollten, wurde vorgeschlagen, ein zweites Cockpit hinter dem Pilotensitz einzuschieben. Hier sollte der Techniker sitzen, der die Experimente überwacht. Zu einer Ausführung kam es nicht.

Schon früh in der Konzeptionsphase ab 1957 kam der Gedanke auf, die X-15 in ein Raumfahrzeug zu verwandeln. Die X-15B sollte anstelle des Flugkörpers Navaho auf der Startrakete platziert werden und ballistisch in den Weltraum vordringen. Weiter gingen dann die Pläne, die X-15B mit einer zweistufigen Rakete bis fast auf Orbitalgeschwindigkeit zu bringen und dort ihr Triebwerk zünden zu lassen. Nach drei Erdumkreisungen würde die X-15B durch ihr Triebwerk abgebremst, in die Atmosphäre eintreten und wie üblich auf einem Salzsee landen. Die Konstruktion einer speziellen Trägerrakete und das ungelöste Problem, die Maschine vor der Hitze des Wiedereintritts zu schützen, ließen diesen Traum schon bald platzen.

Am weitesten gedieh die 1966er-Version der X-15 mit Deltaflügeln und einige Versionen mit zusätzlichen luftatmenden Triebwerken. Als Startplattform sollte der Überschallbomber XB-70 dienen. Aber der Sinn eines solchen Versuchsflugzeugs konnte nicht vermittelt werden. Das Projekt wurde bald eingestellt.

Den letzten Flug einer X-15 führte Bill Dana am 24. Oktober 1968 mit der 66670 durch. Am 12. Dezember 1968 versuchte Dana nochmals einen Flug mit der X-15. Wegen Versagens des Navigationssystems wurde die Maschine aber nicht ausgeklinkt. Damit endete die Erfolgsgeschichte eines der komplexesten Flugzeuge aller Zeiten. Die X-15 brachte wertvolle Erkenntnisse für das das Raumfahrtprogramm der USA, beginnend mit der Mercury-Kapsel und dem späteren Space Shuttle. Sie stellte Rekorde auf, die bis heute Gültigkeit haben. Über 700 Forschungsarbeiten wurden nach Versuchen mit der X-15 geschrieben. Dies waren hauptsächlich Materialforschung und Steuerungsfragen, aber auch Astronomie und das Sammeln von Mikrometeoriten. Einige waren militärischer Natur, wie der Versuch, den Start einer Interkontinentalrakete aus großer Höhe mittels Sensoren zu erfassen. Die X-15 bleibt eine einmalige Ingenieurleistung und konnte nur von Ausnahmepiloten gemeistert werden.

Mit der X-15 betraten die USA und die Luftfahrt allgemein technisches Neuland und es konnten wichtige Erkenntnisse für die Raumfahrt gewonnen werden.

PPVMEDIEN aviation media

FliegerRevue kompakt 1

Horten Nurflügel-Jets

Hightech im Zweiten Weltkrieg

Die Geschichte der Horten-Flugzeuge ist eine Geschichte herausragender technischer Innovationen und meisterhafter Flugzeugentwicklungen, die ihrer Zeit nach Meinung Vieler um Jahrzehnte voraus war.

Horten Nurflügel-Jets
ISBN 978-3-95512-084-9
19,90 EUR
www.ppvemdien.de/fr-1

JETZT BESTELLEN
PPVMEDIEN GmbH
Postfach 57
85230 Bergkirchen
Telefon +49 8131 56 55 68
E-Mail bestellung@ppvmedien.de
Shop www.ppvmedien.de